



HAL
open science

Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG

Thierry Joliveau

► **To cite this version:**

Thierry Joliveau. Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG. Géographie. Université de Rouen, 2004. tel-04559188

HAL Id: tel-04559188

<https://hal.science/tel-04559188>

Submitted on 25 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Géomatique et gestion environnementale du territoire

Recherches sur un usage géographique des SIG

Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches

Thierry Joliveau

Maître de Conférence.

CRENAM Université Jean Monnet Saint-Etienne/CNRS UMR 5600

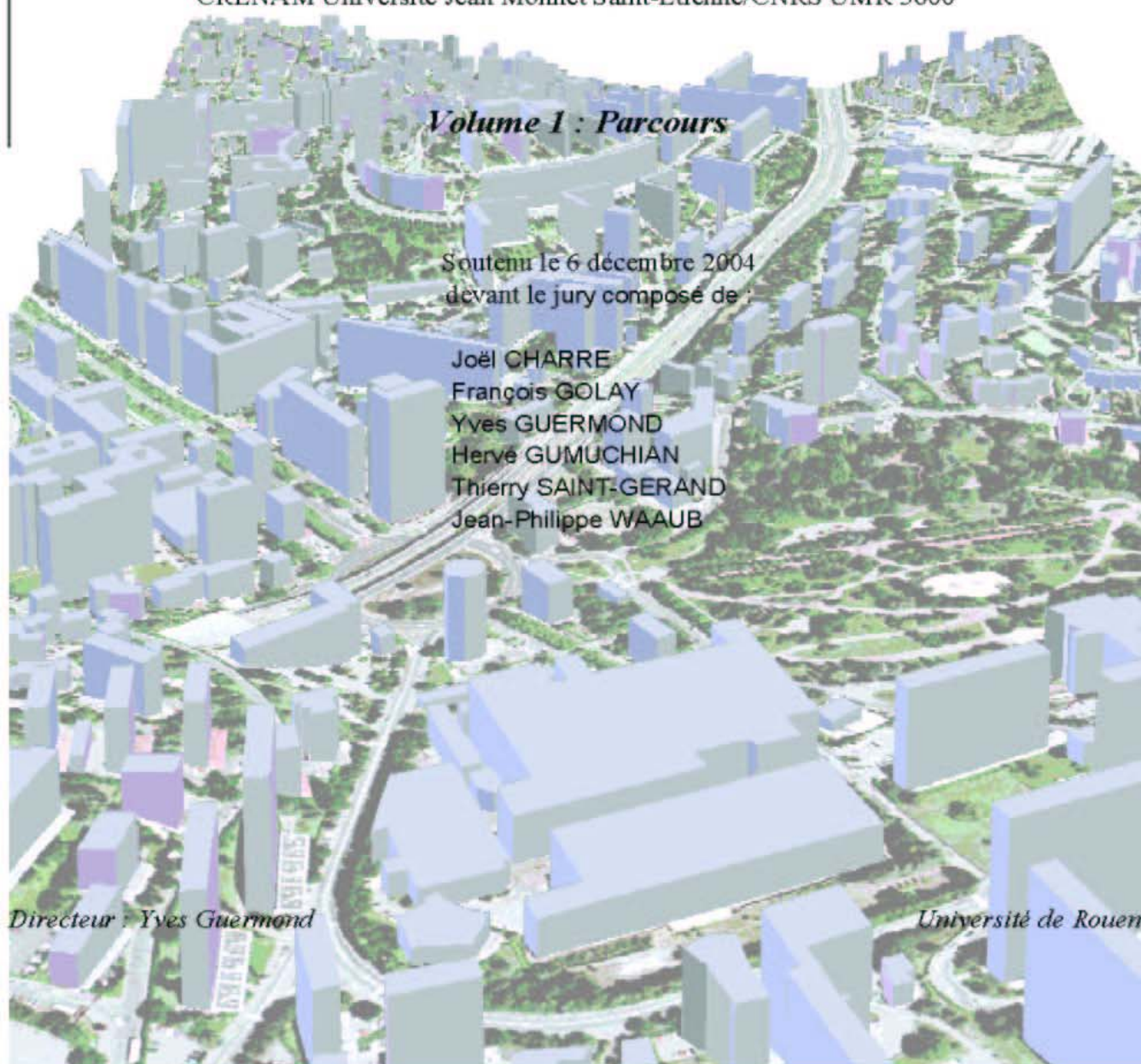
Volume 1 : Parcours

Soutenu le 6 décembre 2004
devant le jury composé de :

Joël CHARRE
François GOLAY
Yves GUERMOND
Hervé GUMUCHIAN
Thierry SAINT-GERAND
Jean-Philippe WAAUB

Directeur : Yves Guermond

Université de Rouen



**Géomatique
et
gestion environnementale du territoire.
Recherches sur un usage géographique des SIG**

Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches

Thierry Joliveau

Maître de Conférences.

CRENAM Université Jean Monnet Saint-Etienne/CNRS UMR 5600

Volume 1 : Parcours

Soutenu le 6 décembre 2004

devant le jury composé de :

Joël CHARRE

François GOLAY

Yves GUERMOND

Hervé GUMUCHIAN

Thierry SAINT-GERAND

Jean-Philippe WAAUB

Direction : Yves Guermond

Université de Rouen

Remerciements

Mes remerciements vont bien entendu à Joël CHARRE, François GOLAY, Hervé GUMUCHIAN, Thierry SAINT-GERAND et Jean-Philippe WAAUB qui ont accepté de faire partie de mon jury d'Habilitation à Diriger des Recherches et qui ont lu ce volumineux document dans des délais très courts.

Merci aussi à Yves GUERMOND qui a bien voulu encadrer un travail que ses conseils et critiques ont contribué à améliorer largement, même si je garde bien entendu la responsabilité des erreurs ou approximations qu'il pourrait contenir.

Un grand merci à Carole BESSENAY qui a dessiné toutes les figures de ce mémoire et à Bernard DUPUIS pour son coup de main final.

Un grand merci aussi à mes patientes relectrices, Jacqueline DUPUIS et Christine BRENEY, pour le travail ennuyeux et fastidieux qu'elles ont fourni. Là encore, c'est moi qu'il faut blâmer pour les inévitables coquilles qui restent.

Merci à mes collègues de l'Université Jean Monnet et du CRENAM qui ont gentiment accepté que je délaisse ces derniers mois un peu de mes tâches administratives.

Merci à tous les chercheurs, ingénieurs et doctorants du CRENAM. Nos discussions se trouvent souvent au départ des idées qui sont exposées dans ce mémoire.

Merci à Simon, Arthur et Elisa qui ont bien voulu comprendre et excuser la trop longue période pendant laquelle j'ai été si peu disponible.

Merci à Christine pour sa présence.

Sommaire

<i>Introduction en forme de bilan</i>	1
1. Itinéraire d'approche	3
2. Jalons	9
3. Feuille de route	19
<i>Parcours 1. Les SIG, de l'outil technique à la construction sociale</i>	23
1. A quoi sert un SIG ? Exemples dans la gestion de l'eau	26
2. De quoi se compose un SIG ?	39
3. Comment met-on en œuvre un SIG ?	60
4. Orientations	71
5. Bibliographie	75
6. Renvois	78
<i>Parcours 2. Construire un SIG pour la gestion paysagère</i>	81
1. Recherche d'une méthode de gestion paysagère	83
2. Construire un système d'information paysager	98
3. Orientations	157
4. Planches cartographiques	159
5. Bibliographie	217
6. Renvois	222
<i>Parcours 3. Les SIG entre organisation et territoire</i>	227
1. Une typologie des SIG en tant que systèmes concrets	229
2. Cohérence spatiale et dimension territoriale	249
3. SIG et système territorial	269
4. Orientations	291
5. Bibliographie	294
6. Renvois	297
<i>Parcours 4. Planification participative et géomatique</i>	301
1. Le contexte général de la planification	305

2. La dimension participative de la planification _____	328
3. Géomatique et planification participative _____	364
4. Orientations _____	407
5. Bibliographie _____	414
6. Renvois _____	426
<i>Parcours 5. Questions de géomatique en géographie. Essai d'analyse de la situation française.</i> _____	429
1. Une perspective historique _____	432
2. La place de la géomatique dans la géographie française: un essai de bilan quantifié _____	456
3. Géomatique et géographie, débats et enjeux _____	468
4. Orientations _____	483
5. Bibliographie _____	484
6. Renvois _____	490
<i>Conclusion en forme d'ouverture</i> _____	493
<i>Table des matières</i> _____	499

Introduction en forme de bilan

1. Itinéraire d'approche	3
Besançon	3
Lyon	4
Lomé	4
Paris	6
Saint-Etienne	7
2. Jalons	9
Diplômes	9
Expérience professionnelle	9
Activité universitaire	9
3. Feuille de route	19

1. Itinéraire d'approche

Il arrive un moment où la tentation de regarder en arrière est trop forte et, même si le risque d'être transformé en statue de sel est minime, on se sent soumis quand même à un danger : celui d'être pétrifié, alourdi d'un coup par l'ensemble de ce que l'on avait cru laisser derrière soi. Ce regard en arrière, on ose rarement le faire de soi-même. Il faut donc qu'il soit rendu nécessaire par ce drôle d'exercice universitaire que l'on appelle un mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Même si le document qui suit est donc largement le fruit d'une contrainte un peu artificielle liée à ce que l'on appelle bizarrement une carrière, où l'on ne sait d'ailleurs pas toujours ce qu'on cherche en creusant, il apparaît somme toute comme plutôt positif. En effet, ces travaux passés qu'on avait oubliés et comme enfouis, on finit par se demander si on ne les traînait pas derrière soi sans le savoir, toujours plus lourds au cours du temps, et si ce travail de mise en ordre et perspective ne devient pas la seule solution pour s'en libérer et du coup, repartir plus loin et plus vite, enfin allégé.

Ce parcours de recherche s'est fait essentiellement à l'intérieur de la géographie universitaire mais en suivant un chemin tortueux et écarté, assez souvent en frontière et même parfois dans des espaces annexes. C'est le trajet d'un horsain de la géographie, pour reprendre l'étiquette que Jacques Bethemont m'avait malicieusement attribué à mon arrivée à l'Université de Saint-Etienne en 1989. La géographie, j'y suis venu de manière graduelle, mais régulière et appliquée, au cours de mes études, au fur et à mesure que se sont dégagés, assez tôt d'ailleurs, un certain nombre de centres d'intérêt intellectuel qui sont restés les miens depuis lors : le territoire et son aménagement, les méthodologies de gestion de l'information et les questions sociales. Ce parcours est rythmé par une succession de lieux, de villes, qui constituent autant d'étapes et de bifurcations dans mon itinéraire.

Besançon

Ce triplet s'est rapidement mis en place dès mes années de licence et maîtrise de Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales, mention Aménagement du territoire, à Besançon et les incessants voyages entre la vénérable Faculté des Lettres de la rue Mégevand en centre ville et la nouvelle et moderne Faculté des Sciences de la Bouloie. Après avoir découvert la sociologie à travers les personnalités si différentes de Pierre Lantz et Jean-Michel Bessette, j'ai eu accès aux mystères de l'Analyse Des Données avec Jean-Jacques Girardot et Jean-Philippe Massonie, j'ai découvert les ordinateurs d'avant la révolution de la micro-informatique, celle des perforatrices et des boîtes à fiches, que nous craignons à tout moment de renverser en les portant jusqu'à la salle où opéraient de hiératiques informaticiens dans leur blouse immaculée. Mais j'y ai aussi pris le goût de l'histoire, découvert le paysage à travers l'originale approche de Jean-Claude Wieber et reçu mes premiers cours d'environnement. Du temps ancien de ce diplôme professionnel date aussi mon intérêt pour l'aménagement du territoire en train de se faire, pour la gestion territoriale dans sa pratique, pour les questions souvent un peu méprisées de la géographie impliquée et pour le travail collectif. Besançon représente pour moi, de manière banale, la découverte de la vie en ville. Pour quelqu'un qui avait passé son enfance et son adolescence dans cette grande conurbation non urbaine qu'est le pays de Montbéliard, l'espace urbain et le spectacle de la ville fut très important. Ce n'est pas complètement par hasard que le mémoire de maîtrise rédigé en collaboration avec

Introduction en forme de bilan

Françoise Greffier porte sur une histoire de la politique urbaine de la municipalité, à travers une analyse quantitative de ses acquisitions foncières, sujet qui croise méthodes d'analyse des données et thématique urbaine.

Lyon

C'est mon installation à Lyon pour des raisons extrascientifiques qui m'a conduit à la géographie. En effet, naïvement à la recherche de ceux qui s'occupaient d'aménagement du territoire dans les universités lyonnaises, c'est la géographie que j'ai finalement rencontrée, à travers Renée Rochefort et le DEA d'Aménagement, qu'elle animait à l'Université Lyon 2. J'y ai trouvé rassemblés deux de mes centres d'intérêt, le territoire et la société, cette fois non plus juxtaposés, mais mis en relation, travaillés à partir de cas concrets par ce qu'André Vant, autre rencontre cruciale de cette période, appelle l'école lyonnaise de géographie sociale, à laquelle il associera d'ailleurs explicitement mes travaux d'alors. Les cours de Renée Rochefort et d'André Vant, mais aussi la fréquentation de la bibliothèque du centre de Recherche et d'Etudes Géographiques et Sociales, dont je fus pendant deux ans le bibliothécaire amateur en échange de mon allocation de recherche, m'ont ouvert à « la géographie existentielle et phénoménologique (...), l'observation patiente, l'étude des comportements, la quête des signes et des symboles » privilégiée par Renée Rochefort. Cependant — peur de laisser de côté des outils de pensée plus théoriques ?— je me suis aussi rapproché du département de sociologie de Lyon II où j'ai suivi parallèlement, à mon DEA et à ma thèse de géographie, les cours de licence et de maîtrise. C'est à l'analyse sociologique que faisait Philippe Fritch de Pierrot mon ami, que je dois d'avoir découvert l'œuvre vertigineuse de Raymond Queneau, écrivain urbain qui ne m'a plus quitté depuis lors. Le travail avec Yves Grafmeyer m'a permis d'approfondir mon approche de la sociologie urbaine. C'est le hasard des rencontres et ma volonté de combiner mes recherches et ma modeste activité militante qui m'ont conduit à choisir un sujet de thèse, original et un peu périlleux en géographie. Je faisais partie de l'Atelier Libre d'Urbanisme de la Région Lyonnaise, structure associative et bénévole, qui regroupait des étudiants prêts à aider de leur « expertise » les associations de quartier et de défense du cadre de vie en lutte contre les multiples projets de voirie et d'urbanisation. Mon mémoire de DEA a su convaincre R. Rochefort qu'un travail de géographie pouvait se mener sur les associations d'habitants. Durant ces quelques années, j'ai laissé complètement de côté mon troisième centre d'intérêt : l'information et les outils qui permettent de la traiter. Ils s'avéraient inopérants pour rendre compte du phénomène que j'étudiais. Ce sont donc les méthodes qualitatives d'analyse de contenu et de la recherche historiographique qui m'ont occupé. A travers la dimension historique, non prévue au départ, qu'a peu à peu pris cette recherche, l'évènement intellectuel de cette époque restera pour moi la découverte de l'organisme fascinant qu'est une vraie grande ville comme Lyon. Je garde de cette époque de thèse, à la fois la saveur incomparable que donne un premier travail de recherche d'ampleur mené à bien, et le regret d'un travail un peu isolé et solitaire.

Lomé

Il faut savoir terminer une thèse, pour détourner l'expression de Maurice Thorez, et cela qu'on ait obtenu satisfaction ou non. Surtout quand le service militaire vous attend. La thèse à peine

soutenue, me voilà le 10 janvier 1984 Volontaire du Service National à Lomé au Togo, en tant qu'“économiste” à la Direction du Plan du Ministère du même nom. Originellement mon séjour devait durer les 16 mois d'un service au titre de la coopération. Séjour bien trop court, quand l'on découvre à la fois l'Afrique, le Togo, la logique (?) de l'action administrative, et les arcanes de la coopération bi et multilatérale. Le poste était complexe : adjoint à un coopérant civil français, Michel Guidi, situé à la Division de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, alors que le PNUD (Programme des Nations-Unies pour le Développement) d'un côté et la GTZ (Coopération allemande) soutenaient les structures de la planification régionale. Confrontation caricaturale entre une conception d'inspiration centralisatrice d'un aménagement du territoire à la française, et une approche d'autonomie des régions à l'allemande. En oubliant que le Ministère du Plan n'est pas la DATAR, et que la Région des Savanes n'est pas la Rhénanie-Palatinat. Et surtout que les cordons de la bourse étaient tenus par le FMI et la Banque mondiale, dont le développement régional était le cadet des soucis en ces temps d'ajustement structurel à tout va. Je garderai de cet épisode la sensation glacée du dépouillement de toutes les attributions d'une politique d'un pays indépendant : les décisions budgétaires au FMI, la politique économique à la Banque mondiale, les interventions régionales aux projets intégrés des structures de coopérations et les actions locales aux ONG étrangères qui se multiplient à l'époque. L'aménagement du territoire et la planification régionale, qui auraient pu être des outils utiles de coordination et d'incitation, se trouvèrent rapidement immobilisés dans l'entrelacs des conflits de personnes, d'idées et de structures. Les moyens et les autorisations de se déplacer étaient rares. Peu intéressé par l'aménagement du territoire en chambre, je me suis donc tourné vers d'autres activités. Il y avait beaucoup à faire et à apprendre avec des gens intéressants. J'ai eu la chance de participer à la rédaction des documents de la Conférence des Bailleurs de Fonds du Togo, sous la direction d'une personnalité exceptionnelle, Abderrahmane Remili, expert du PNUD, et d'acquérir à cette occasion des notions d'économie et de planification du développement. Par ailleurs, l'équipement en micro-informatique fourni par les différentes structures de la coopération au Ministère du Plan était impressionnant, plus puissant et plus complet que ce que l'on pouvait trouver dans une structure française analogue à l'époque. Apple, IBM, Bull, les marques de micro-ordinateurs de toutes origines étaient présentes. Il fallait se former, former les cadres togolais, développer des applications informatiques utiles pour la planification. Une occasion de me remettre à l'informatique et d'approfondir mes connaissances en ce domaine. L'heure du départ sonna, alors que j'apprenais beaucoup et me sentais enfin devenir utile. C'est pourquoi, la situation s'étant un peu dégagée au niveau institutionnel par l'arrêt de la coopération allemande et des Nations Unies dans l'appui à la planification régionale, je décidai d'accepter la proposition du chef de la mission française de coopération de revenir au Ministère du Plan en tant que coopérant civil, chargé des questions d'aménagement du territoire et doté d'un financement propre. Ce deuxième séjour m'a conduit à travailler à la réorganisation des structures de planification régionale, à rédiger des schémas directeurs régionaux et différents documents de planification, à suivre ou accompagner des études (armatures urbaines, déforestation,...) et à contribuer à la rédaction d'un Atlas de développement régional. J'ai pris en charge aussi le développement de la micro-informatique au Ministère du Plan, coordonnant la stratégie et la formation. La dernière partie de mon séjour a été consacrée au développement informatique d'un modèle macro-économique mais surtout de bases de données géographiques pour l'aménagement du territoire. Les outils dont nous disposions à l'époque pour

Introduction en forme de bilan

gérer l'espace restaient bien imparfaits. Mais j'avais pris conscience que les outils de cartographie informatique étaient en train d'apparaître et j'avais pris des contacts avec des laboratoires et des sociétés en France, celle d'Anne Chappuis à Rouen en particulier. A la veille de mon départ, j'avais conçu, et en partie réalisé, un système très immodestement appelé SYNAPSE — SYStème d'iNformation pour l'Aménagement du territoire et la Planification SpatialE — qui visait à structurer rationnellement la gestion des données disponibles au Ministère du Plan. Si le manque de liberté dans les circulations professionnelles m'a empêché de parcourir le pays de manière systématique et si mes fonctions m'ont cantonné dans le milieu international de la capitale, la vie quotidienne dans une ville africaine demeure pour moi une expérience fondamentale, qui a contribué à compléter ma sensibilité aux formes de sociabilité urbaine. Malgré le caractère formateur de cette expérience professionnelle et personnelle, il m'a paru sage de rompre assez rapidement avec les facilités un peu factices de la vie expatriée. Par ailleurs, le travail de mise en forme de ma thèse pour publication aux Presses du CNRS, avait contribué à entretenir l'espoir d'un retour au monde de la recherche et m'avait conduit à répondre à titre exploratoire aux concours de recrutement de maître de conférences de 1988, sans envisager un déplacement en cas de convocation. C'est pourquoi, nous décidâmes, ma femme et moi, d'interrompre mon contrat et de rentrer en France, à l'été 88, après 4 années et demi passées à Lomé.

Paris

D'un point de vue personnel, habiter à Paris représente pour des amoureux de la vie urbaine une expérience unique. Nous essayâmes d'en profiter à plein, parcourant sans relâche la ville en bus, en métro et à pied, portant et tirant la poussette de notre fils Simon dans tous les quartiers. D'un point de vue professionnel, cette année 89 parisienne fut une année de transition. Mon objectif était alors de renforcer et de systématiser des compétences informatiques acquises pour une bonne part sur le tas tout en renouant avec le monde de la recherche, quitté brusquement après ma thèse. J'ai donc suivi un cycle de formation continue de 8 mois sur l'informatique et la communication dans l'entreprise, dont le programme portait sur la conception de système d'information, les bases de données relationnelles et la conduite de projet, suivi d'un stage professionnel dans une entreprise. Cette formation m'a permis de consolider mes connaissances informatiques. Elle m'a donné un échafaudage conceptuel et méthodologique plus solide et une expérience concrète pour aborder d'un point de vue technique la question des systèmes d'information. J'y ai aussi pris conscience qu'il existait d'autres modes de transmission du savoir que les sempiternels cours magistraux et exposés que j'avais connus à l'Université. Les techniques que j'y ai apprises m'ont été utiles ensuite dans ma pratique de formateur et d'enseignant. Ma candidature comme maître de conférences ayant été retenue par l'Université de Saint-Etienne, je complétais ma formation par un stage à l'ORSTOM (actuellement IRD), à Bondy, sur l'intégration de données de télédétection dans une base de données géographiques. Ce stage me fut techniquement très utile car il me fit découvrir la notion et les outils des Systèmes d'Information Géographique, m'initia à la télédétection et surtout me permit d'entrer en contact avec une équipe très active en ce domaine, celle de Françoise Dureau et de Bernard Lortic, ce qui m'a valu d'être intégré par la suite au réseau ADOC (Amélioration Des Outils de Connaissance pour la gestion urbaine des pays en développement) qui sera une des initiatives contribuant à la structuration de la recherche sur les SIG en France.

Saint-Etienne

L'Université de Saint-Etienne était la première université de France à faire l'acquisition d'un logiciel américain alors encore confidentiel, PC-Arcinfo, et cherchait quelqu'un capable de le mettre en œuvre. S'il est permis de divulguer plus de 10 ans après des secrets de recrutement, il fallut certainement tout le grand pouvoir de conviction d'André Vant, pour faire admettre à une commission de spécialistes et à un Jacques Bethemont un peu sceptiques, que je pouvais être l'homme de la situation. Mon parcours universitaire lestait ma candidature du côté de la géographie sociale urbaine et pouvait laisser craindre une réticence à me plonger dans les mécanismes obscurs d'un logiciel réputé pour sa complexité et son manque de convivialité. Il est vrai que je n'avais pas été confronté dans ma vie professionnelle à un logiciel de ce type. Dans les faits, cette inquiétude fut vérifiée. Je ne devins jamais un spécialiste de PC-Arc/Info, ni de son grand frère à l'abord encore plus sévère, Arc/Info. C'était inutile, puisque l'Université avait déjà ce spécialiste, en la personne de Bernard Dupuis, ingénieur d'étude, qui avait été à l'origine du choix pionnier de ce logiciel. En revanche, il me reviendrait de réfléchir à des questions de stratégies, de concepts et de méthodes. Je me suis donc consacré à la mise en place d'une nouvelle activité de recherche sur le thème de la gestion de l'information géographique, articulée aux projets de recherche en cours et pouvant mobiliser les compétences dont disposait l'équipe de recherche du Centre de Recherche sur l'Environnement et l'Aménagement (CRENAM). Le choix des outils pour l'enseignement et la recherche d'outils complémentaires utilisables en analyse spatiale ont aussi été de mon ressort.

La suite du récit sera poursuivie de manière moins circonstanciée mais plus problématisée, dans les parties suivantes. Je ne mentionnerai donc ici que quelques éléments marquants de ce parcours, qui pourront éclairer certains choix scientifiques. Le premier fait significatif est que les outils de gestion de l'information géographique intéressaient en priorité les chercheurs du CRENAM travaillant sur des problématiques de géographie physique ou environnementale, Bernard Etlicher et Jacques Bethemont. Les quelques incursions exploratoires que j'ai menées dans le domaine urbain sont restées sans suite. Les applications SIG ont donc conduit mes pas vers des types d'espaces moins urbains : Pilat, Montagne thiernoise et même Limousin. Je fus amené à m'initier à des problématiques nouvelles, dans le domaine de la gestion de l'eau, des milieux naturels. Un second événement important est l'émergence du thème de la gestion du paysage rural, due à plusieurs causes convergentes : une sollicitation de Jacques Bethemont, la rencontre avec Jacques Claudin de l'Atelier Technique des Espaces Naturels (ATEN) et le convivial et fructueux travail collectif mené dans le réseau SIG-Centre-Est des parcs naturels régionaux. Mais il s'est développé surtout grâce à la complicité toujours renforcée avec Yves Michelin, de l'ENITA (Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Agricoles). Un autre point fort est bien sûr la création et la codirection en 1995 du DESS SIG et Gestion de l'Espace en collaboration avec Eric Favier, de l'ENISE (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne). Si elle a distrait du temps à mon activité de recherche, cette expérience a été très positive. Au-delà de l'excitation intellectuelle à inventer le contenu et l'organisation d'un diplôme pour un métier qui n'existait pas encore et la satisfaction de former des étudiants qui trouvent des emplois intéressants, elle a été le déclencheur d'une prise de distance sur le domaine des SIG et d'un essai de conceptualisation, soumis régulièrement à la critique des étudiants. Enfin, la responsabilité de la direction du CRENAM depuis 1995 est le dernier point significatif de cet itinéraire. Si cette responsabilité n'a pas alourdi trop significativement mon

Introduction en forme de bilan

baluchon de tâches administratives, c'est essentiellement grâce à la compétence et à l'organisation des secrétaires successives du centre de recherches, en particulier Danièle Beruti et Catherine Guillot, et à l'appui technique constant de Jacqueline Dupuis dans de multiples travaux, colloques, enquêtes, création de sites Web... Gérer un centre de recherche m'a donné l'occasion de ne pas pousser, sourd et aveugle au monde environnant, un projet de recherche personnel, mais de privilégier les aventures collectives, beaucoup plus excitantes. Les échanges d'arguments lors des travaux de thèse de Crane Rogers, Sébastien Caquard et Nathalie Molines, et des recherches en commun avec Olivier Barge, les discussions techniques avec les "informaticiens" du CRENAM, Denis Ruelland puis Renaud Mayoud auront été autant d'occasions pour moi de m'ouvrir à de nouvelles idées, sans parler de mon compagnonnage intellectuel et technique en géomatique et cartographie avec Bernard Dupuis. Les quelques noms de personnes jetés çà et là dans ce récit veulent en témoigner : ce sont les rencontres qui restent dans les souvenirs, autant ou même plus que les réalisations et les écrits. On l'aura compris : ma conception de la recherche est collective.

Ce retour sur un parcours montre à la réflexion une certaine cohérence. On l'a dit, gestion du territoire, système d'information et dimension sociale en sont les trois mots-clés. Aucun de ces thèmes n'aura été abandonné, même si conjoncturellement certains — jamais les mêmes sur toute la période — ont par moment dominé. Pendant les premières années au CRENAM, la dimension sociale de ma recherche a été mise en veilleuse. Les méthodes et techniques de gestion d'information avaient la part belle et le territoire se résumait à un espace, abstrait et formel. Depuis quelques années, avec la montée de mon intérêt pour les approches participatives de gestion du territoire, cette dimension sociale a clairement réapparu. La responsabilité de l'organisation du numéro de Géocarrefour sur les territoires de la participation en est une bonne illustration. Il m'a amené à faire un retour, près de 20 ans après, sur ma thèse de 3^{ème} cycle. Je souhaite maintenant montrer qu'il ne s'agit pas de la boucle d'un trajet, mais d'une réflexion en spirale, menant peut-être à un niveau supérieur d'analyse.

2. Jalons

Diplômes

Formation universitaire

1976 Baccalauréat scientifique

1978 DEUG de Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales, Université de BESANCON

1979 DEUG de Sociologie, Université de BESANCON

1980 Maîtrise Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales, Université de BESANCON

1981 DEA de Géographie appliquée à l'aménagement, Université Lyon II

1982 Maîtrise de Sociologie, Université Lyon II

1983 Doctorat de 3^{ème} cycle en Géographie de l'aménagement, Université Lyon II

Autres formations

1986 : - Méthodes de prévision macro-économique (CIFACE). Stage d'une semaine

- Utilisation de logiciels micro-informatiques pour statisticiens et planificateurs (CIFACE).
Stage d'une semaine.

1988 : - Informatique et communication dans l'entreprise (C3E). Cycle de formation continue de 4 mois suivi d'un stage professionnel de quatre mois.

- Intégration de données de télédétection dans une base de données géographiques (ORSTOM-IRD). Stage d'application de deux mois.

Expérience professionnelle

1981-1983 : Allocataire DGRST

1984-1988 : Assistant technique au Ministère de la Coopération. Conseiller du Directeur Général du Plan et du Développement pour les problèmes économiques d'aménagement du territoire au Ministère du Plan à Lomé (TOGO)

1989- : Maître de Conférences en Géographie à l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne

Activité universitaire

Enseignement

Cours annuels à l'Université de Saint-Etienne

- *Géographie urbaine* en 1ère année de DEUG de géographie (1989)
- *Géographie rurale* en licence de géographie (1989)
- *Documents géographiques* en 1ère année de géographie (1989-1991)

Introduction en forme de bilan

- *Statistique* en 2^{ème} année de DEUG de géographie (1991-)
- *Gestion et analyse de données géographiques* en Licence de géographie (1992-2003)
- *Analyse spatiale* en Maîtrise de géographie (1999-)
- *Cours de méthodologie de la recherche* en Maîtrise de géographie (1999-)
- *SIG & Télédétection* en DEA Interface Homme-Nature (1989-1991)
- *SIG et analyse spatiale* en DEA Interface Homme-Nature (1991-)
- *Introduction aux SIG* en DESS SIG et gestion de l'espace (1995-)
- *Analyse spatiale* en DESS SIG et gestion de l'espace (1995-)
- *Les SIG Micro*, Organisation et animation du module en DESS SIG et gestion de l'espace (1995-)
- *Gestion de l'espace*, Organisation et coordination du module en DESS SIG et gestion de l'espace (1995-)
- *Introduction à l'informatique géographique* en 2^{ème} année de licence de Géographie (2004-)
- *Introduction aux SIG* en 3^{ème} année de licence de Géographie (2004-)

Interventions dans d'autres établissements

- *SIG et Gestion de l'environnement*, intervention à l'ENTPE (Vaulx-en-Velin) (1994)
- *Gestion paysagère*, intervention en 3^{ème} année à l'ENITAC (Ecole Nationale des Travaux Agricoles de Clermont-Ferrand), (1995)
- *Introduction aux SIG*, formation à Lyon 3 (1994-1995)
- *Introduction aux SIG*, intervention à l'Université d'été francophone "Développement durable et Systèmes d'Information, Ecole des Mines de Saint-Etienne (juillet 1999)
- *Les outils informatiques de la gestion paysagère*, intervention dans le Master SILAT de l'ENSAM à Montpellier (2000, 2001, 2002, 2003)
- *Informatique et paysage*, intervention dans un module de formation professionnelle, ENGREF (Clermont-Ferrand) (2001, 2002, 2003)
- *Initiation aux SIG*, interventions à l'Université de Saint-Louis du Sénégal (juin 2001, janvier 2002, mai 2003)
- *Quels outils SIG pour quel projet ?*, intervention en formation continue au Centre Royal de Télédétection Spatiale de Rabbat, Maroc (octobre 2001).
- *Représentations spatiales pour la gestion paysagère*, intervention dans l'Ecole-chercheurs "Représentations spatiales et enjeux de développement territorial", INRA, ENGREF, CEMAGREF, La Rochelle, Janvier 2002.

Autres activités d'enseignement

- Mise en place d'un site Web pédagogique personnel mettant à la disposition des étudiants des ressources pédagogiques complémentaires de mes cours : <http://perso.wanadoo.fr/thierry.joliveau/>
- Conception, organisation et animation du site pédagogique du Master SIG et Gestion de l'Espace : <http://www.univ-st-etienne.fr/master-sig/>
- Conception et coordination depuis 1999, en coopération avec B. Etlicher, d'un projet éducatif visant à construire des outils informatiques pour l'apprentissage des documents géographiques.
- Conception de deux logiciels pédagogiques simples développés par R. Mayoud (CRENAM), pour permettre l'analyse et la visualisation aisées de documents géographiques.
- Coordinateur du programme ERASMUS de la section de Géographie de l'Université
- Membre du comité de rédaction de Géocarrefour et de la Revue internationale de Géomatique.

Responsabilités administratives

- Cofondateur et codirecteur du Diplôme d'Université (1991-1994) devenu DESS (1995-2004) puis Master SIG et Gestion de l'espace (2004-) : élaboration de la maquette, portage du projet et animation : sélection des candidats, enseignements, organisation de la pédagogie, contacts avec les industriels et les collectivités locales, recherche de stages, suivi de stages. Le DESS est maintenant reconnu au niveau national (une centaine de candidatures de toute la France pour 10 –15 places).
- Directeur du CRENAM Centre de Recherche sur l'Environnement et l'Aménagement (Université Jean-Monnet et CNRS/UMR 5600) depuis 1995: élaboration de la politique de la recherche, coordination des équipes.
- Membre du Comité Directeur de l'URA 260 puis de l'UMR 5600 : coordination d'axes de recherche, rédaction des rapports scientifiques.
- Membre du Conseil d'administration de l'UFR Lettres, Langues et Sciences Humaines entre 1997 et 2000.

Activité internationale

- Missions au Mexique en 1990 et 1992 (Colegio Mexiquense : études et conférence)
- Animateur stéphanois depuis l'origine du Séminaire de Géographie de l'Eau (Financement ERASMUS puis SOCRATES) qui rassemble depuis 1995 des chercheurs et doctorants venant de plusieurs pays européens lors de séminaires intensifs. Localisation et thème des trois dernières années : 1999, Cagliari, Italie : « Water, stakeholders, Territory ». 2000 : Linköping (Suède) : « Hydrocides ». 2001, Mainz (Allemagne) : « Living at the Rhine ».

- Responsable d'un projet d'accord inter-universitaire (AIU) entre l'Université de Saint-Etienne et l'Université de Saint-Louis du Sénégal portant sur l'appui à la formation à l'informatique géographique (2000-)

Recherche

Rattachement

CRENAM (Centre de Recherche sur l'Environnement et l'Aménagement) UMR 5600 du CNRS Environnement-Ville-Société. Participation au GDR SIGMA-Cassini.

Principaux programmes de recherche

- *Approche écosystémique du bassin de la Loire*. 1992-1995. Agence de l'Eau Loire-Bretagne. En coopération avec le CEMAGREF.
- *Projet SIGURA (SIG en Rhône-Alpes)*. 1995-1999. Contrat de Plan Etat-Rhône-Alpes. En coopération avec l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, l'IGA de Université Joseph Fourier, le CEMAGREF de Grenoble et l'INSA de Lyon.
- *La gestion agricole des paysages en cohérence avec un projet de territoire*. 1997-2001 DATAR-Commissariat à l'Aménagement et au Développement Economique du Massif Central. En coopération avec l'ENITA de Clermont-Ferrand.
- *Enjeux paysagers et logiques d'acteurs en Montagne thiernoise*. 1998-2001. DATAR-Commissariat à l'Aménagement et au Développement Economique du Massif Central. En coopération avec l'ENITA de Clermont-Ferrand.
- *Aide à la décision et à la négociation territoriale sur les principes de la gouvernance (ADNT)*. 2000-2003. Programme de recherche thématique, 4ème Contrat de Plan Etat-Région. Pilotage : Ecole des Mines de Saint-Etienne.
- *SIG et innovation de l'enseignement de la géographie*: 1998-2002. INRP. En coopération avec l'IUFM de Lyon.
- Modèles spatiaux pour le développement territorial (MSDT). (1998-2001). Pilotage : INRA, ENGREF, CEMAGREF.
- *SITGES (Création d'un Système d'information territorial pour la gestion des eaux superficielles)*. (2000-2002). Thématique prioritaire Région Rhône-Alpes. En collaboration avec l'Ecole des Mines de Saint-Etienne et l'IGA de Université Joseph Fourier.
- Méthodes et outils de gestion de l'information pour les démarches territoriales participatives. Un regard France-Québec. 1999-2000. Centre Jacques Cartier.
- Projet Y Lyonnais dans le cadre de la Zone Atelier Bassin du Rhône (2001-). En collaboration avec J-P. Bravard (UMR5600/Lyon II)
- Méthodologie pour le diagnostic de territoire (2001-2004). DATAR. Pilotage : ENGREF.
- Projet Gewed (2002-). Ministère de la Recherche. En collaboration avec la société ESRI-France et l'Ecole Nationale des Sciences de l'Information Géographique (ENSG).

Encadrement de mémoires de maîtrise, DEA ou DESS (sélection des sujets en rapport direct avec la problématique de l'HDR)

- **Jacquiod F.** (2004). SIG 3D pour l'aménagement urbain et les projets routiers. DESS SIG et Gestion de l'Espace.
- **Maarouf M.** (2003). La dynamique de l'aléa inondation, approche historique et quantitative. Le cas de la plaine de Miribel-Jonage., 52 p. DEA Interface Nature-Société. Lyon 2. (Co-encadrement avec J-P. Bravard)
- **Belvèze P.** (2002). Stratégies et outils de production de vues numériques paysagères pour une gestion concertée du territoire. DESS SIG et Gestion de l'Espace.
- **Mallié C.** (2002). Le lac de Chiapala. Gestion de l'eau et réalité sociale. DEA Interface Nature et Société.
- **Randelli C.** (2002). Gestion de l'habitat privé à Saint-Etienne, contribution méthodologique. Maîtrise de Géographie.
- **Lemay J.** (2002). Gérer accès et déplacements dans un espace naturel péri-urbain. Exemple du parc Nature de Miribel-Jonage. Mémoire de maîtrise de géographie.
- **Espach S.** (2002). Evaluation du processus de participation publique dans l'élaboration du programme particulier d'urbanisme du secteur de Maisonneuve. Maîtrise de Géographie.
- **Faure E.** ((2001). La place de la plaine alluviale de la Dore dans les stratégies de développement local. Analyses à l'aide d'un SIG. Maîtrise de Géographie.
- **Vacher A.** (2000). Méthode d'enquête photographique des représentations paysagères. Maîtrise de Géographie.
- **Gillard A.** (2000). La généralisation de l'information urbaine : l'exemple de la base de données urbaines du Système Urbain de Référence du Grand Lyon. Maîtrise de Géographie.
- **Delorme S.** (2000). Une approche par SIG des enjeux écologiques et paysagers dans la Montagne thiernoise. Maîtrise de Géographie.
- **Beaux C.** (1999). Application des Systèmes d'Information Géographique à l'Evaluation du Développement Durable. Mémoire. Ecole Supérieure Européenne d'Ingénierie de l'Espace Rural: Lyon (co-encadement avec J. Comby)
- **Vallat A.** (1998). Essai d'analyse et de cartographie des paysages. Une approche à petite échelle dans le Parc Naturel Régional du Livradois-Forez. DEA Interface Nature et Société.
- **Denis C.** (1998). SIG et maîtrise des territoires sensibles. Une approche par le paysage. DESS SIG & Gestion de l'espace.
- **Sugier E.** (1997). Les SIG : des outils de gestion des paysages ? Exemple de la commune de Viscomtat. Maîtrise de Géographie.
- **Denis C.** (1997). La dynamique de boisement : une approche par les SIG. Maîtrise de Géographie.
- **Lauriac D.** (1997). La gestion paysagère dans les monts de la Madeleine. Mémoire de Maîtrise de Géographie.

- **Barge O.** (1995). Information géographique et patrimoine naturel, échelle régionale, échelle locale. DEA Interface Homme/Nature.
- **Vallat A.** (1995). Gestion paysagère et SIG : application à la vallée de la Déome du PNR du Pilat. Maîtrise de Géographie.
- **Barge O.** (1994). Essai méthodologique d'évaluation environnementale d'un linéaire par cartographie automatique. Application au problème du développement des loisirs d'eau vive en Haut-Allier. Maîtrise de Géographie. (co-encadrement avec J. Bethemont)
- **Meramdjougoma D.** (1995). Gestion des eaux souterraines de la basse vallée de la Drôme à l'aide d'un SIG. Maîtrise de Géographie.
- **Caquard S.** (1995). Une méthode d'analyse hydrologique par sous bassins versants appliquée au Lignon du Velay. DEA Interface Homme/Nature
- **Caquard S.** (1994). Une logique Système d'Information Géographique à une échelle départementale. Maîtrise de Géographie.
- **Vigouroux L.** (1993). L'outil télédétection et sa place dans la gestion environnementale d'un Parc Naturel Régional avec un Système d'Information Géographique. Application : cartographie de l'occupation du sol dans le P.N.R. du Pilat (Loire). Maîtrise de Géographie.

Participation à l'encadrement de thèses

- **Marr Fatou** (en cours). Ecosystème et dynamiques lacustres: multi usages et enjeux de la gestion concertée autour de la région du lac de Guiers (Rive gauche du fleuve Sénégal).
- **Molines N.** (2003). Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale. Thèse de Doctorat de Géographie. UFR de Sciences Humaines et Sociales. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 334 p. + annexes.
- **Caquard S.** (2001). Des cartes multimédias dans le débat public. Pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée à la gestion de l'eau. Thèse de Doctorat de Géographie. UFR de Sciences Humaines et Sociales. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 276 p. + annexes.
- **Bessenay C.** (1995). La gestion des données dans un espace naturel sensible : le Système d'Information Géographique des Hautes-Chaumes foréziennes. Thèse de Doctorat de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean-Monnet: 293 p.

Participation à des jurys de thèses

- **Chételat J.** (2004). Eléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- **Zuliani G.** (2002). Un'analisi del servizio offerto agli utenti dal verde urbano: metodu e applicazioni. Dottorato di Ricerca "Uomo e Ambiente". Dipartimento di Geografia "G. Morandini". Padova, Padova: 128 p.
- **Berrouachedi A.** (1998) : Réflexions sur l'ajustement d'un système de gestion à travers la réalisation d'un système d'information à composante informatique. INSA

Principales publications

La liste complète des publications et travaux de recherche se trouve au début du volume 2.

Ouvrages, édition d'actes de colloque et de numéros de revues scientifiques

Michelin Y., **Joliveau T.**, et al. (2002). Guide méthodologique pour une gestion des paysages dans un projet de territoire, Chambre d'agriculture de Haute-Vienne-ENITA-CRENAM. 60 p.

Joliveau T., Amzert M. éd. (2002). Les territoires de la participation. Numéro spécial de Géocarrefour.

Graillot D., Laurini, R. Dumolard P. et **Joliveau T.** éd. (1998). "Systèmes d'information environnementaux et d'aide à la décision", Revue internationale de Géomatique vol. 8 (n°3/1998)

Claudin J., Bernard-Brunet J. et **Joliveau T.**, éd. (1997). La cartographie pour la gestion des espaces naturels, Actes des rencontres internationales de Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995, Cemagref éditions

Joliveau T. et Bethemont J., éd. (1997). Sur la gestion des espaces hydrauliques. Contributions au "Séminaire européen de Géographie de l'Eau". Questions d'espace n°2. Saint-Etienne, CRENAM/Projet Erasmus/2110/07.

Joliveau T. éd. (1996). SIG et Gestion de l'environnement, Numéro de la Revue de Géographie de Lyon. 71/2

Joliveau T. (1987). Associations d'habitants et urbanisation, l'exemple lyonnais (1880-1983). Paris, CNRS, mémoires et documents de géographie. 235 p.

Chapitres d'ouvrages et articles dans des revues scientifiques à comité de lecture

Michelin Y. et **Joliveau T.** (2004). Le paysage au service de démarches participatives et prospectives de développement local. Enseignements d'expériences de recherche-action conduites dans le Massif central. Revue Auvergne. A paraître dans le numéro d'automne 2004.

Joliveau T. (2002). La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique. Géocarrefour. 76.3/01: 273-279.

Joliveau T. et Amzert M. (2002). Les territoires de la participation, problème local, question universelle ? Géocarrefour. Vol.76.3/01: 171-174.

Joliveau T. et Michelin Y. (2001). Modèles d'analyse et de représentation pour la prospective paysagère concertée : deux exemples en zone rurale. pp. 239-266, in Représentations spatiales et développement territorial. S. Lardon, P. Maurel and V. Piveteau. Paris, Hermès.

Joliveau T. et Michelin Y. (1998). Approche méthodologique de la gestion paysagère concertée d'un espace avec un système d'information géographique : l'exemple de la commune de Viscomtat (63). Actes du Colloque : Gestion des territoires ruraux : connaissances et méthodes pour la gestion publique, 27 & 28 avril 1998, Clermont-Ferrand. Cachan, Cemagref. 1: 85-102.

Joliveau, T. et Etlicher B. (1998). "Les S.I.G. pour une gestion environnementale des territoires, éléments de méthode à partir de deux expériences." Communication à SIGURA'97, Recherche et Développement en SIG. Méthodes et outils pour le territoire et l'environnement, Saint-Etienne, Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne. Revue internationale de géomatique Volume 8 n°3/1998: 92-104.

Introduction en forme de bilan

- Joliveau T.** (1996). "Système d'information géographique et gestion environnementale, de nouveaux outils pour des pratiques nouvelles ?" *Revue de Géographie de Lyon* 71(2/96): 99-100.
- Joliveau T.** (1996). "Gérer l'environnement avec des S.I.G. Mais qu'est-ce qu'un S.I.G. ?" *Revue de Géographie de Lyon* 71(2/96): 101-110.
- Joliveau T.** et Barge O. (1997). Quels découpages territoriaux pour la gestion de l'environnement, in "Les découpages du territoire." Dixièmes entretiens Jacques Cartier, Lyon., 8, 9 et 10 décembre 1997, INSEE Méthodes N°76-77-78. 415 p. 369-388.
- Joliveau T.** (1995). De la gestion à l'analyse des villes : un panorama des systèmes d'information géographique urbains. Outils de connaissance pour la gestion urbaine des pays en développement. C. Weber et F. Dureau. Paris, *Anthropos*: 30-39.
- Joliveau T.** (1994). "La gestion paysagère de l'espace rural : questions, concepts, méthodes et outils." *Revue de Géographie de Lyon* 69(4/94): 325-334.
- Joliveau T.** et Degorce J.-N. (1992). "Problèmes et méthodes de gestion de l'information pour un diagnostic du bassin de la Loire." *Revue de Géographie de Lyon* 67 (4): 345-354
- Joliveau T.** et Sanlaville M. (1985). L'évolution du Centre commercial de la Part-Dieu. *Revue de Géographie de Lyon*. Lyon. Volume 60: 97-108.

Communications scientifiques dans les colloques avec actes publiés

- Joliveau T.** (2003). Les SIG et la recherche française en géographie. Bilan et questions. Colloque international : Géomatique et applications, apports des SIG au monde de la recherche, Orléans, 13-14 mars 2003, à paraître. 15 p.
- Joliveau T.** et Michelin Y. (2003). L'information paysagère pour l'organisation d'un forum territorial in "Nature et paysage, articulations et ruptures". Actes de la rencontre au CAUE du Rhône, Lyon, 5-6 Juin 2002, CAUE Rhône.
- Joliveau T.** (2003). Analyse des paysages dans un contexte d'aménagement. L'intérêt des outils géomatiques. *Géoévénement 2003*, Paris, 4-6 mars 2003. Communication sur invitation
- Joliveau T.**, Belvèze P. et Dupuis B. (2002). La constitution d'un système d'information paysager. Gérer les paysages de montagne dans une perspective de développement durable, Florac, 5-6 novembre 2002.
- Joliveau T.** (2002). Développement durable et planification territoriale. Problèmes, méthodes et outils de la participation. Conférence Atelier : Comment décider dans une perspective de développement durable ? Le cas des Agendas 21 locaux, Montréal, 16-18 octobre 2002. Actes à paraître.
- Joliveau T.** et Michelin Y. (2000). Approche paysagère et Système d'Information Géographique pour la prospective concertée d'un territoire rural. Communication au séminaire Modèles spatiaux pour le développement territorial, Clermont-Ferrand.
- Joliveau T.** (1997). Introduction à l'édition des actes du séminaire international : "SIG et gestion de l'environnement : nouveaux outils, nouvelles pratiques ?". La cartographie pour la gestion des espaces naturels, rencontres internationales de Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995. J. CLaudin, J. Bernard-Brunet and T. Joliveau, Cemagref éditions: pp. 363-364.
- Joliveau T.** (1997). Introduction aux actes du séminaire. Sur la gestion des espaces hydrauliques. Contributions au "Séminaire européen de Géographie de l'Eau". T. Joliveau and J. Bethemont. Saint-Etienne, CRENAM/Projet Erasmus/2110/07: 1-2.
- Joliveau T.** et Barge O. (1997). Quels découpages territoriaux pour la gestion de l'environnement. "Les découpages du territoire." Dixièmes entretiens Jacques Cartier, Lyon., INSEE.

- Joliveau T.** et Dupuis B. (1995). Outils informatiques et gestion des paysages : un état des lieux. Paysages. Concepts, outils, gestions. Saint-Etienne, Fédération des Parcs Naturels Régionaux, ATEN, Réseau PNR SIG Centre-est, CRENAM: pp. 3-12.
- Michelin, Y., **Joliveau T.**, Coquillard P., Gueugnot J., et al. (1995). Réflexion méthodologique pour la valorisation d'une carte écologique par l'emploi d'un SIG : l'exemple de la mise en place de mesures agri-environnementales dans le Massif du Sancy. Rencontres internationales, la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne, Cemagref éditions.
- Joliveau T.** (1995). Systèmes d'Information Géographique et géographie de l'eau, quelques éléments de réflexion. Gestione delle risorse idriche e dinamiche territoriali, contributi al seminario Europeo di Geographica dell 'Acqua', Monselice, Centro Internazionale di Idrologia "Dino Tonini" di Villa Duodo, 11-18 settembre 1994, Dipartimento di Geografia - Università di Padova. 17/95. 43-48
- Joliveau T.**, Petit C. et Chatain G. (1995). Gestion environnementale et information sur les milieux naturels dans les Parcs Naturels Régionaux français. Rencontres internationales, la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne, Cemagref éditions.
- Joliveau T.**, Bessenay C., Dupuis B. et Santacatterrina N. (1994). Déprise agricole et gestion des paysages, l'apport des SIG. EGIS/MARI'94, Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems, Paris, 29 mars-1 avril 1994, Foundation EGIS.
- Degorce J.-N. et **Joliveau T.** (1993). A Geographical Information System for a diagnosis of the Loire River Basin. EGIS'93, Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems, Gênes, Italie, EGIS Foundation. 565-576.
- Joliveau T.** (1991). Bases de données, observatoires et systèmes d'information urbain. Lettre d'information du Réseau ADOC n°5.

3. Feuille de route

Ce travail vise au départ à répondre à une question qui paraît toute simple, et qui m'a souvent été posée par des géographes (Jacques Bethemont, par exemple) : que peut-on demander aux SIG et quel est leur bon usage, leur champ d'application ? Quelles sont les limites de ces systèmes ? A quelles demandes répondent-ils ? En définitive, que peuvent en faire les géographes ? A la question qu'est-ce qu'un SIG ?, il existe des réponses simples :

« Un SIG combine une base de données localisées (géo-codées) et structurées de façon à faciliter des extractions à la demande de renseignements souhaités, des logiciels pour leur traitement et leur analyse spatiale et, enfin, des moyens de représentation (impression, visualisation...). La fonction basique des SIG est de stocker de l'information en offrant des restitutions cartographiques ou iconiques. Plus largement, ils favorisent, accélèrent et diversifient les travaux d'analyse spatiale et de modélisation. Ils permettent d'automatiser des tâches fastidieuses et complexes, irréalisables manuellement, de relier des couches d'information en mettant en rapport des phénomènes spatiaux différenciés, de tester des hypothèses par la simulation et de contribuer à la rigueur scientifique des analyses géographiques. Ils constituent ainsi des outils d'aide à la décision, notamment en matière d'aménagement. Il n'est donc pas étonnant que les SIG prolifèrent dans les entreprises ou les organismes et qu'ils s'introduisent peu à peu dans divers domaines de la vie courante (bornes interactives, guidage routier, annuaires informatisés de plans...). » (Bavoux 2002).

Cette définition-explication, une des meilleures de celles proposées dans les manuels généraux de géographie, qui ont tendance le plus souvent à évacuer les SIG en quelques lignes en les présentant comme de nouveaux outils techniques utiles aux géographes, ne répond guère cependant aux questions mentionnées plus haut. S'ils permettent réellement la structuration et l'interrogation des données localisées, l'analyse et la modélisation des phénomènes dans l'espace, ils se placent de fait au centre de l'activité traditionnelle des géographes. Ne transforment-ils pas nécessairement les méthodes géographiques ? Comment expliquer alors que les géographes soient relativement peu nombreux à être concernés par de tels systèmes ? Si les SIG deviennent des outils d'aide à la décision dans l'aménagement (mais aussi dans l'environnement), leur usage a-t-il un impact sur les méthodes et procédés d'évaluation et d'expertise ? Le travail du géographe, qui a souvent argué de la capacité de son savoir à guider et conseiller les décisions concernant le territoire, la gestion des milieux naturels ou la prise en compte des risques en est-il changé, et en quoi ?

Cette question de l'usage des SIG en géographie est habituellement refermée à peine ouverte. Dans une assemblée de géographes, dès qu'il est question de SIG, on aboutit rapidement à l'énoncé suivant : « *Mais - je pense que tout le monde sera d'accord avec moi- le SIG n'est qu'un outil* », sous-entendu : « *le SIG n'est pas la vraie question* », qui sera – au choix – la finalité de la recherche, le projet d'aménagement, les besoins de la population, les objectifs des élus, etc.. Certes le SIG n'est la plupart du temps qu'un moyen d'arriver à une fin qui le dépasse. Mais le terme d'outil est toujours ambigu, car il condense de manière abusive deux notions : la notion d'**outil technique** (ensemble de logiciels et matériels techniques plus ou moins complexes d'apprentissage) et la notion d'**outil intellectuel** (ensemble de modèles, méthodes, information) permettant de répondre à une question conceptuelle ou à un choix de décision. Présenter les SIG comme un outil de la discipline géographique n'est pas faux mais c'est oublier qu'un SIG est toujours aussi un mode de représentation d'un problème et une méthode d'analyse. On risque alors d'écarter la question du rapport du géographe à l'information géographique. La diffusion rapide de ces outils

Introduction en forme de bilan

dans les organismes de la gestion territoriale ou environnementale devrait aussi interroger le géographe. A travers ces systèmes d'information, c'est une représentation de la réalité qui est encodée, qui se construit progressivement comme la référence des décisions quotidiennes ou des efforts de planification. C'est donc la mise en place d'un cadre, pérenne ou éphémère, d'analyse ou de description spatiale d'un phénomène. Les géographes peuvent-ils se désintéresser de ce processus qui voit une société (re)construire en permanence un système d'interprétation spatiale de ses activités ? Enfin, le fait que ces technologies d'information spatiale servent de support à de multiples usages quotidiens individuels (déplacement, localisation, information locale, représentation de l'environnement proche et lointain, ...) peut conduire à soupçonner une transformation du rapport des individus contemporains à l'espace et à ses représentations. Le géographe peut-il rester à l'écart de ce type de questionnement ?

Plusieurs années de recherche et d'enseignement dans le domaine des SIG m'ont conduit à la conclusion qu'il n'existe pas de réponse simple à la question simple posée plus haut. La diversité de la discipline géographique, la multiplicité des applications des SIG, la complexité et l'évolution très rapide des technologies mises en œuvre obligent à multiplier les angles d'analyse et à distinguer plusieurs niveaux de réponse. Cependant, on ne peut refuser de répondre en arguant du fait que la diversité (réelle) des applications dans lesquelles les géographes utilisent les SIG interdirait toute réponse unique. Si malgré sa diversité, il existe une unité disciplinaire de la géographie, il doit être possible d'aborder la question d'ensemble des relations qu'elle entretient avec ces "outils". La structure de ce mémoire essaie donc de répondre à une double exigence : rendre compte d'une démarche de recherche qui a abordé des thématiques variées et ne pas enfermer les SIG dans un cadre conceptuel trop étiqué, pour ne pas risquer de passer à côté de leur diversité et de la multiplicité de leurs utilisations.

Mon intégration à l'équipe stéphanoise s'est traduite sous l'impulsion de Jacques Bethemont par l'application de mon triptyque thématique original (information, gestion du territoire, société) à des situations où faits naturels et faits sociaux s'interpénètrent. Les rencontres de recherche qui ont suivi, que ce soit avec Bernard Etlicher, Yves Michelin, Didier Graillot ou Jean-Paul Bravard n'ont fait que me pousser dans cette direction. Même si je pense maintenant que la notion d'*interface*, chère à Bethemont, est plus une étiquette habile permettant de cacher un problème théorique qu'un réel concept, la question de la gestion environnementale du territoire est devenue la thématique d'ensemble dans laquelle s'intègrent la plupart de mes recherches. Celles-ci se déclinent sous différentes appellations : gestion écosystémique d'un bassin versant, gestion paysagère d'un territoire rural ou système d'information historique urbain, mais c'est toujours pour répondre à différentes questions de gestion environnementale du territoire que j'ai mis en œuvre des SIG.

Le plan retenu pour ce mémoire est celui de cinq parcours de recherche correspondant chacun à un fil directeur thématique spécifique. Ces fils sont bien sûr amenés à se recouper ou à même à se chevaucher parfois. Tout en veillant à éviter les répétitions, j'ai tenté de profiter des occasions de double éclairage. Le premier parcours s'interroge sur la nature des SIG et montre la coexistence et la légitimité de différents paradigmes proposés qui sont liés aux objectifs et au contexte qu'on se donne dans leur utilisation ou leur étude : 1. le SIG comme construction technique plus ou moins générale (boîte à outil, système informatique intégré ou même science de l'information géographique) ; 2. Le SIG comme système d'information d'une organisation ; 3. Le SIG comme construction politique, sociale et culturelle. Cette approche laisse donc ouverte la question de la définition tout en proposant un cadre général, qui sera réutilisé dans la suite. Dans les autres parcours, on privilégiera selon les cas l'une ou l'autre de ces conceptions. Le second parcours

adopte ainsi le point de vue de la "construction technique" pour analyser l'utilisation des SIG dans la gestion du paysage. Le troisième parcours analyse le rôle des SIG dans les systèmes d'information sur le territoire en confrontant la conception « Système d'information » à la fois à l'organisation et au territoire. Le quatrième parcours évalue l'intérêt des SIG dans le domaine de la planification participative du territoire. Il met donc en avant la dimension politique, sociale et culturelle des SIG. Le cinquième confronte la géomatique comme science de l'information géographique à une discipline plus ancienne : la géographie. Une étude historique de l'informatique en géographie et un premier bilan quantifié conduisent à interroger à la fois le paradigme scientifique de la géomatique et sa place dans la pratique géographique.

Les différents thèmes abordés successivement constituent autant d'éclairages complémentaires d'un paysage cohérent, même s'il est diversifié. Il est évident que la réflexion de chacun des parcours pourrait être prolongée. Nous les terminons d'ailleurs sur l'indication des pistes pour continuer la recherche. Que le lecteur spécialiste d'un domaine spécifique nous pardonne donc un exposé qui risque d'être à son goût trop rapide ou inachevé. Notre démarche est fondée sur l'idée que dans ce champ très technique et diversifié que sont les SIG et la géomatique, il est nécessaire de retisser et lier ensemble les fils des approches techniques et spécialisées qui ont chacune leur propre dynamique. Nous assumons donc le risque d'un manque de profondeur parfois pour préserver la possibilité d'une vue globale, qui nous semble indispensable.

Par ailleurs, l'ampleur de la question conduit aussi à la modestie. Il existe dans le monde des milliers de chercheurs travaillant dans le domaine des SIG et parmi eux des centaines de géographes. Les travaux dans ce domaine sont pléthore. Même si elle se veut informée de cette littérature, même si elle s'est exercée dans un cadre collectif, à l'intérieur du CRENAM et à l'occasion de coopérations avec de nombreux chercheurs dans différents projets de recherche, cette réflexion est d'abord personnelle. C'est son intérêt et sa limite. Seule une réponse élaborée collectivement, croisant les approches de plusieurs sensibilités géographiques est à même d'être à la hauteur de la question posée. Ce travail doit donc être considéré comme une première contribution, limitée et imparfaite, à un problème complexe et, surtout, une invitation à poursuivre la réflexion selon des modes plus collectifs et partagés que ne peut l'être un mémoire de ce type.

Parcours 1. Les SIG, de l'outil technique à la construction sociale

1. A quoi sert un SIG ? Exemples dans la gestion de l'eau	26
1.1. Un SIG à objectif cartographique	26
1.2. Une base de données géographiques pour un service départemental	28
1.3. Un SIG pour une approche écosystémique dans le cadre d'un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)	32
1.4. Un SIG historique sur l'aménagement de l'espace alluvial d'une grande ville	35
1.5. Permanence et changement	37
2. De quoi se compose un SIG ?	39
2.1. Le SIG comme objet technique, entre boîte à outils et science de l'information géographique	40
Le SIG boîte à outils informatiques	40
Le SIG, environnement informatique	42
Le SIG base de données géoréférencées	42
Le SIG méthode intégrée de gestion d'information spatiale	46
Le SIG Science de l'Information Géographique	48
2.2. Le SIG comme système d'information d'une organisation	48
2.3. Le SIG comme construction sociale, culturelle et politique	53
3. Comment met-on en œuvre un SIG ?	60
3.1. Quel paradigme ?	60
3.2. Données → information → connaissance	64
3.3. Une vue procédurale	67
3.4. Retour sur une question de vocabulaire	70
4. Orientations	71
4.1. Faire le point	71
4.2. Directions	73
5. Bibliographie	75
6. Renvois	78
6.1. Table des figures	78
6.2. Table des encadrés et des tableaux	79
6.3. Liste des sigles et abréviations	79

Les définitions les plus couramment acceptées des SIG utilisent le mot système comme s'il ne posait pas de problème.

N. Chrisman

Ce parcours dont l'objet est essentiellement conceptuel et théorique ne vise pas à produire une nième définition des SIG. Elles sont pléthoriques et au cours du temps un certain consensus est apparu. Mais dans ce domaine le cheminement compte autant que le point d'arrivée. Il nous a donc paru intéressant d'inviter le lecteur à reprendre avec nous un bout du chemin intellectuel que nous avons suivi dans notre activité de recherche et d'enseignement à propos des SIG, même si nous l'accompagnons de quelques raccourcis et itinéraires inédits. Ce cheminement, que l'on n'a plus la naïveté de croire original, mais qui a au moins le mérite d'être personnel, s'est avéré partagé au même moment par d'autres auteurs ou même avoir été déjà emprunté auparavant par des chercheurs américains dont la bibliographie était, dans les années 90, très difficile d'accès. Certaines pistes, que l'on avait cru riches de découvertes intéressantes, ont été en fait abandonnées. La meilleure manière d'entrer dans le monde des SIG est non d'adopter d'emblée une définition globale tombée d'on ne sait où, mais de suivre l'évolution graduelle des réflexions qui ont conduit la communauté des chercheurs à proposer les conceptions actuelles. Dans cette réflexion sur la nature des Systèmes d'Information Géographique nous avons donc l'espoir d'intéresser aussi bien le lecteur non-spécialiste que le lecteur informé. Le premier y découvrira la richesse et la variété des SIG et le second pourra confronter sa perception personnelle à la nôtre. Jouons d'emblée cartes sur tables : notre point de vue sur les SIG est un point de vue de géographe, non d'informaticien, de gestionnaire ou d'organisateur. Pourtant, il nous semble qu'aucun discours géographique sur les SIG n'est possible sans effectuer d'abord cette traversée d'un univers étrange dont la dimension est à dominante technique et organisationnelle.

Si l'on aborde la question par le vocabulaire, on constate qu'il existe deux termes différents employés souvent de manière différenciée : l'acronyme SIG d'un côté qui peut renvoyer soit à Système d'Information Géographique soit à Science de l'Information Géographique et le terme de géomatique, définie par Bergeron (1992) comme « une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion ». Il nous semble plus utile de décomposer les concepts que de discuter les mots. Pour nous, la géomatique est l'activité générale, qu'on peut appeler aussi bien science de l'information géographique, et le SIG est le produit principal de cette activité, produit dont il reste à analyser la nature. C'est alors qu'il sera possible, et nous y revenons en fin de parcours, de préciser le vocabulaire.

Nous organisons notre réflexion en trois étapes correspondant aux trois perspectives différentes et complémentaires selon lesquelles on peut appréhender un SIG selon Nyerges (1993) :

- Une perspective fonctionnelle : à quoi sert un SIG ? Qu'est-ce que cela fait ? La réflexion porte sur les buts et les objectifs.
- Une perspective structurelle : de quoi se compose un SIG ? Quelle est son architecture ? On se focalise alors sur les éléments et les composants.
- Une perspective procédurale : comment fonctionne un SIG ? Comment s'organisent les opérations dans le temps ? Ce sont les tâches à réaliser qui sont au cœur de l'analyse.

Nous abordons la perspective fonctionnelle par un très rapide survol de quatre projets de SIG d'envergure différente que nous avons coordonnés ces dernières années et qui concernent une seule grande thématique : la gestion de l'eau et des rivières, mais à des échelles et avec des

finalités différentes. Il nous semble que cela permet de mieux comprendre la diversité des objectifs de ce que l'on regroupe sous le terme générique de SIG, même à l'intérieur d'un domaine d'application donné. Ces exemples nous serviront également, le cas échéant, à illustrer ensuite les exposés plus théoriques à propos des structures et des procédures des SIG. Le plan choisi répond aussi à la volonté d'intéresser des géographes non spécialistes des SIG. La vision un peu limitée et caricaturale qu'ont beaucoup de géographes de ces systèmes est liée à une méconnaissance de leur pratique. Pour garder avec nous le lecteur non spécialiste, il nous a semblé nécessaire de préserver une gradation dans la conceptualisation et d'aller d'une approche "naïve" des SIG, factuelle et empirique, vers des questions plus conceptuelles et théoriques.

1. A quoi sert un SIG ? Exemples dans la gestion de l'eau

Poser la question des fonctions des SIG n'est pas aisé. Les utilisations possibles des SIG sont tellement nombreuses qu'il est difficile de les décrire autrement que par une liste interminable de types de tâches (inventaire, évaluation, gestion, planification, ...), de thématiques (gestion municipale, aménagement, gestion de réseau, défense, ...), de types d'organisations susceptibles de les utiliser (administration, collectivités, sociétés privées, groupes de citoyens...)¹. Les quatre projets de SIG sont autant de réponses différentes à cette question.

1.1. Un SIG à objectif cartographique

Ce petit projet exploratoire, réponse à une commande de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, visait à tester l'intérêt d'un logiciel SIG (PC-ARC/INFO en l'occurrence) pour gérer l'information des Schémas de Mise en Valeur Aquatique (SMVA, anciennement Schémas de Vocation Piscicole) des rivières de la région Rhône-Alpes (Joliveau, Dupuis et al. 1993). Ce type de document était alors habituellement produit à l'aide d'outils infographiques ou de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO). Nous devions tester l'intérêt de logiciels SIG pour cette tâche. Or la sémiologie graphique des documents d'un SMVA est fort complexe et ne pouvait être bouleversée, afin de garder une homogénéité entre les documents produits à des périodes différentes. L'information du SMVA se dispose sur trois pages et combine pour chacune des pages une représentation à deux échelles de la rivière : une carte principale en mode surfacique au 1 : 50 000, complétée de trois cartons simplifiés en mode linéaire au 1 : 100 000 (cf. Figure 1-1). La première phase du projet a consisté à réfléchir à une structuration de l'information permettant la description d'un ensemble très important et diversifié d'entités. En effet, comme toujours dans le domaine de l'eau et de l'environnement en général, les objets à gérer sont complexes et l'échelle choisie (1:25 000) a conduit à expliciter un nombre de relations spatiales beaucoup plus élevé que dans le cas du Lignon. La délimitation d'une zone de frayère située à proximité de la berge de la rivière nécessite par exemple de faire partager une limite commune aux deux objets. Certains objets peuvent avoir deux représentations graphiques différentes : une frayère est représentée par une ligne (une berge) en lit mineur ou un polygone (en lit majeur). La rive est par exemple un objet conceptuellement complexe du point de vue informationnel. C'est un *objet à part entière*, une berge par exemple, dont on veut qualifier l'instabilité ou qu'on veut distinguer par la présence d'une digue. Ce peut être un *objet de délimitation* quand elle sert de limite à une zone d'inondation ou au zonage d'un Arrêté de biotope ou d'une ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique). C'est aussi un *objet de repérage*, quand elle sert à positionner par un système de Points Kilométriques (PK) des objets ponctuels ou linéaires (présence d'une espèce piscicole, délimitation d'un tronçon

¹ La première partie du Parcours 3 est consacrée à une analyse détaillée de l'utilisation des SIG par différentes organisations à travers le cas de l'agglomération stéphanoise.

ouvert à la navigation motonautique...). Enfin la rive est un *objet graphique de support* quand on lui rapporte une information zonale trop petite pour être représentée à l'échelle choisie. Se posait aussi la question d'une structuration topologique, c'est-à-dire du codage dans la base de données, non seulement du descriptif spatial des entités, mais aussi de leurs relations de contiguïté ou de connections. Une structuration topologique facilite les interrogations sur le voisinage d'un objet comme par exemple : la zone de frayère est-elle bordée par une route ou par une zone boisée ?

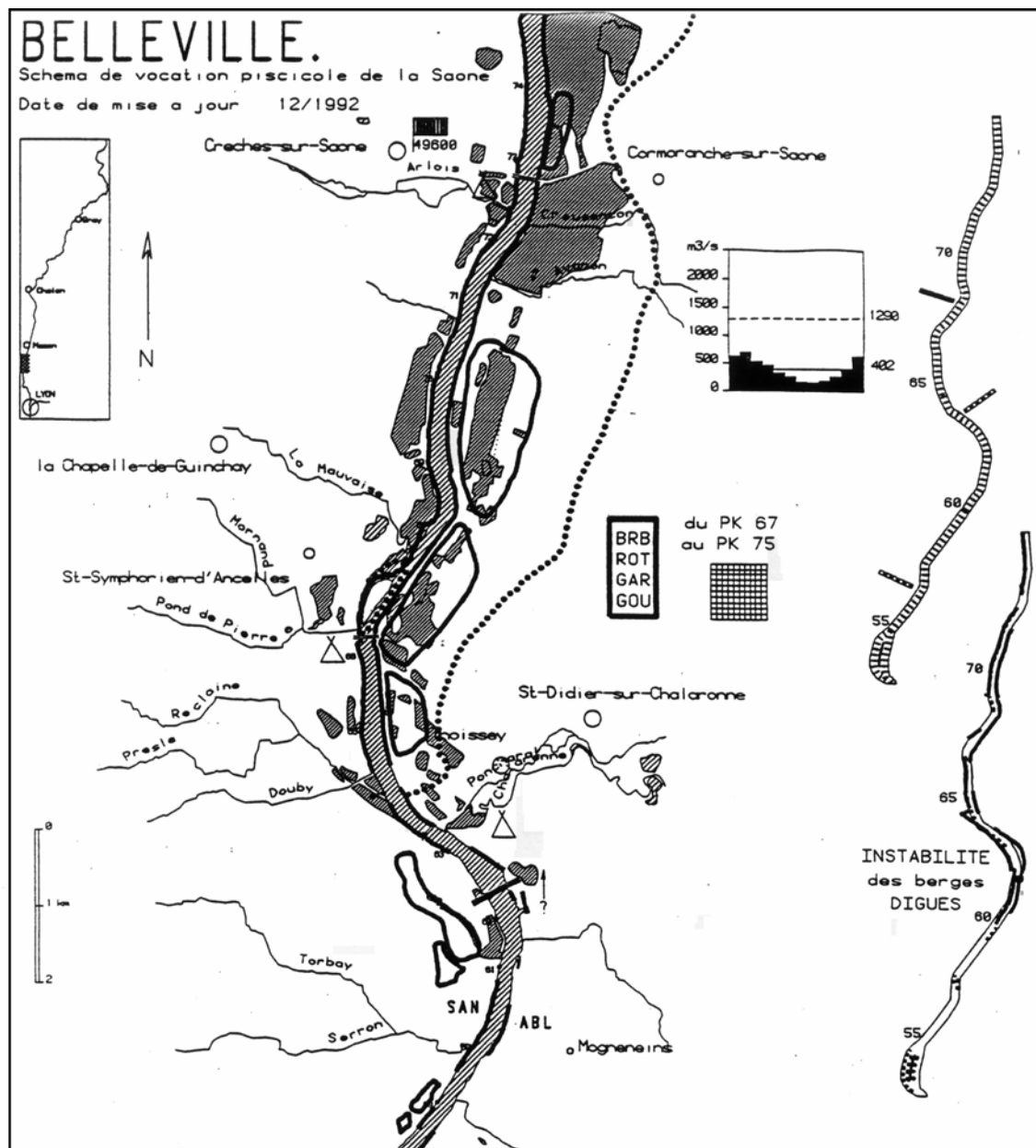


Figure 1-1. Schéma de Mise en Valeur Aquatique : Planche Connaissance du Milieu (extrait)

Il fallait aussi respecter les contraintes graphiques très précises d'un document visant à répondre à de multiples objectifs :

- un objectif de localisation : où se trouvent précisément les prélèvements, les barrages et les pêcheurs ?

- un objectif de typologie : de quel type est ce prélèvement, cette zone-refuge, ce rejet ?
- un objectif de quantification : combien prélève-t-on ou rejette-t-on ?
- un objectif de dénomination : comment appelle-t-on ce rejet, cette espèce de poisson présente ?
- un objectif de repérage : à quel PK se trouve ce rejet ? Dans quelle commune se situe cette station d'épuration ?

Le document devait être utile à une démarche aussi bien analytique que synthétique. Sa symbolique est extrêmement complexe et des figurés de tous types cohabitent : des zones qui se chevauchent, des objets ponctuels qui se bousculent dans les zones urbanisées et des objets linéaires qui concernent les mêmes tronçons. Certains objets sont graphiques, d'autres sont constitués de longues listes de noms. Deux figurés peuvent correspondre aux mêmes objets : les zones d'extraction de granulat sont représentées à la fois par un polygone délimitant l'extension spatiale de la zone et un symbole proportionnel au volume de matériau extrait.

Les questions posées à cette occasion, autant sur les modes de structuration de l'information que sur la production de cartes complexes aux figurés figés par l'habitude des utilisateurs, illustrent bien ce qui différencie une approche en termes de systèmes d'information d'une approche cartographique. La puissance d'interrogation que permet le système d'information se paye d'une lourdeur dans l'organisation d'une information complexe, qui est très supérieure à celle nécessitée par le traitement purement graphique de l'information mis en œuvre jusqu'alors. La nécessité de gérer des modes de représentation très différents, selon que l'on visualise l'information à la base (1 : 25 000) ou de manière synthétisée (1 : 100 000) conduit à envisager soit deux bases de données différentes, mais en complexifiant les mises à jour de l'information par une duplication de celle-ci, soit un système de généralisation de l'information à la volée, qui demande de fortes capacités de traitement. L'aspect paradoxal de ce projet est que le mode de représentation très complexe du document déterminait *in fine* la structure de la base de données à produire, alors qu'une solution rationnelle aurait été au contraire de réfléchir d'abord en termes de systèmes d'information et ensuite en sémiologie de visualisation. N'était-il pas possible de remplacer les cartes papiers des SMVA par une base de données, que l'utilisateur pourrait interroger au moyen de requêtes ? Une telle approche dépassait le mandat de l'étude. Il n'est pas sûr, indépendamment des contraintes logistiques liées à la faiblesse de l'équipement informatique et à l'inertie des habitudes des utilisateurs, que ce mode d'interrogation aurait à l'époque remplacé avantageusement les cartes papiers. Celles-ci offrent une vision synoptique souvent difficile à égaler avec des outils numériques. Il aurait donc fallu vraisemblablement faire coexister une base de données géographiques numérique, aisée à mettre à jour en continu, et une production, plus ou moins automatisée, de documents cartographiques sur papier indispensables aux utilisateurs. Cet exemple illustre bien la parenté et la différence qui existe entre Système d'Information Géographique et cartographie.

1.2. Une base de données géographiques pour un service départemental

Le projet de SIG sur le Lignon (Joliveau et al. 1994) est un projet à visée pédagogique, mené en 91-92 avec des étudiants de licence. L'objectif était de construire un Système d'Information Géographique pour la gestion de l'eau dans le bassin versant d'un affluent de la Loire à l'est du Puy-en-Velay. Le commanditaire (et partenaire) de ce travail, le SATESE (Service d'Assistance aux Techniciens des Stations d'Épuration), futur Service Départemental de l'Eau, était intéressé à expérimenter à moindre frais une solution SIG pour gérer ses données¹. Le caractère

¹ Ce système constitué dans un but pédagogique aura une double postérité à la fois dans le domaine de l'administration et de la recherche. En effet, un des étudiants ayant participé à cette expérience, S. Caquard sera employé au SDE pour mettre en place un SIG sur l'ensemble du département, qui est toujours en fonctionnement. Le système aura servi aussi

démonstratif et pédagogique du système, à l'attention des administrateurs de l'eau du département et des étudiants en géographie, en faisait un cas simple mais parlant. La finalité du système étant de servir au Service Départemental de l'Eau. La première nécessité étant de constituer une représentation informatique des objets que gère ce service, et de les traduire sous forme de base de données. Le système informatique devait pouvoir prendre en compte les données et les traitements que subissent ces données dans le cadre du processus de gestion. Nous nous sommes inspirés dans cette démarche des méthodes classiques de conception informatiques telles que Merise. Le cœur du système était la base de données qui devait être organisée et structurée pour rendre possibles les traitements nécessaires. Les outils logiciels utilisés étaient secondaires. Le système d'information a été conçu à partir d'une observation du système existant : repérage par entretiens et analyse des documents des flux d'information dans le service, liste des fichiers manuels existants. Dans la pratique, comme il s'agissait d'une maquette, la démarche a été accélérée, mais l'analyse du système s'est faite d'abord intellectuellement par la mise au point d'un Modèle Conceptuel des Données (MCD), rassemblant toutes les entités du système. Le modèle est relativement complexe (voir Figure 1-2). En effet les objets intervenant dans la gestion de l'eau sont extrêmement nombreux : stations d'alimentation en eau potable, cours d'eau, forages, pompes, stations de relevage, camping, mesures de qualité des eaux, ouvrages d'assainissement, etc.¹. Par ailleurs les relations entre ces différentes entités doivent aussi faire l'objet d'une description : un camping est relié à un cours d'eau en tant que source d'effluent (sauf s'il est relié à un réseau d'assainissement, autre objet à décrire) mais aussi comme consommateur de loisir, par l'intermédiaire d'une plage, dont la qualité de l'eau mesurée en amont influe sur la fréquentation.

On mesure dans ce simple exemple l'infinie complexité du réel dont un Système d'Information doit rendre compte pour permettre une gestion satisfaisante. La description informatique des objets du système et des relations logiques qu'ils entretiennent est prise en charge par un Système de Gestion de Base de Données (SGBD), qui prend la forme le plus souvent d'un logiciel intégré possédant des fonctions de saisie, requête et présentation des données.

Ce Modèle Conceptuel est incomplet. Il ne rend compte ni de la localisation des objets, ni des relations spatiales qu'ils peuvent avoir entre eux. On sait par exemple qu'un camping est associé à une plage sur la rivière, mais on ne sait pas à quelle distance du camping celle-ci se situe. On connaît par une relation logique d'appartenance la situation de telle station d'épuration dans telle commune et les hameaux des autres villages qui y sont connectés par l'intermédiaire d'un réseau d'assainissement. Mais on ne sait pas si les effluents de cette station risquent de polluer une plage 500 mètres en aval. Il existe maintenant des méthodes de formalisation de modèles conceptuels permettant de décrire cette dimension spatiale, qui échappe aux outils classiques de gestion de données que sont les SGBD (Systèmes de Gestion de Bases de Données). Dans le cas du Lignon, et d'une manière générale dans les projets SIG où la dimension spatiale des objets à intégrer est dominante, ce sont les logiciels SIG qui prennent en charge la gestion des données, qu'elles soient spatialisées ou non.

Plusieurs logiciels furent utilisés. PC-ARC/INFO servit à saisir et à structurer les caractéristiques spatiales des objets intégrés dans le système : la localisation de l'objet sur la surface terrestre (dans un système de référence), la forme de l'objet et les relations qu'il entretient avec d'autres objets. Ce type de descriptif spatial est dit *vecteur*, c'est-à-dire qu'il

de germe à la réalisation par Sébastien d'un Atlas du Lignon du Velay (Caquard ss. date), sur lequel il s'est appuyé pour conduire ensuite ses travaux de thèse (Caquard 2001). En 2003, un autre étudiant géographe, Alexandre Proriot, a été embauché au Conseil Général de la Loire pour restructurer et élargir le système afin qu'il réponde à des objectifs plus ambitieux.

¹ Dans un projet réel, le domaine Gestion de l'Eau aurait été scindé en plusieurs sous-domaines (évaluation de la qualité, AEP, Assainissement, ...) avant d'être informatisé.

transcrit numériquement les contours des objets d'objet au moyen de paires de coordonnées, dans un système donné. Classiquement, les objets sont décrits sous forme de points, de lignes et de polygones. Tous les objets de même type, c'est-à-dire pouvant être décrits par les mêmes caractéristiques attributaires, sont rassemblés sous la forme canonique de couches d'information. On a donc obtenu une série de collections de stations d'épuration, de communes, de plages ... traduites le plus souvent chacune par un fichier spécifique. Ce type de structuration de l'information est proche de celle utilisée dans le domaine de la cartographie automatique, ce qui explique que logiciels SIG et logiciels cartographiques ne se distinguent pas toujours nettement dans l'esprit de nombreux utilisateurs. Points, lignes et surfaces sont en effet les trois modes d'implantation classiques des figurés en cartographie. Ce qu'un logiciel SIG apporte, c'est essentiellement la capacité de naviguer dans la base de données et de l'interroger à la fois dans sa dimension spatiale (carte) et dans sa dimension attributaire (tables). On peut donc établir des requêtes attributaires, fondées sur des relations logiques et des requêtes spatiales ou sur une combinaison des deux pour sélectionner les objets possédant une caractéristique particulière : « *Quels sont les campings dont la plage est située en aval d'un tronçon de cours d'eau où il existe un effluent d'une station d'épuration à performance médiocre ?* » est une requête complexe auquel un logiciel SIG permet d'apporter une réponse. La complexité des requêtes spatiales dépend du type de relations spatiales que le système peut gérer (distance, connexité, contiguïté, ...). Pour la production de cartes, le logiciel Mapinfo a été utilisé.

Le système intégrait un autre type de données, le relief, qui relève d'un mode de codage particulier. En effet, il s'agit d'un phénomène spatialement continu, qui doit certes être discrétisé pour être codé numériquement, mais selon des modes qui permettent de conserver ses caractéristiques originales. On pourrait certes le stocker sous forme de points, de lignes (courbes de niveau), de surfaces topographiques, mais aucune analyse ne serait possible. C'est pourquoi, nous avons utilisé Idrisi, logiciel capable de gérer le mode raster, qui intègre facilement ces données spatialement continues¹.

Des démonstrations des capacités d'analyse du SIG ont été réalisées : calcul de zones drainées par les captages, accessibilité aux cours d'eau, délimitations des parcelles adaptées à l'épandage des boues des stations d'épuration, analyse des facteurs potentiels de pollution sur un bassin versant en cas d'orage.

Le SIG Lignon était donc essentiellement une maquette de base de données structurée pour la gestion de l'eau. La constitution de la maquette s'est faite par saisie d'information après report des informations sur une carte à 1:50 000. Le système développé ensuite au Service Départemental de l'Eau s'appuyait sur les cartes topographiques IGN à 1:25 000. Il s'agissait d'un système orienté vers le métier du SATESE, permettant de stocker, visualiser et interroger l'information nécessaire au service.

¹ Nous ne disposons pas à l'époque d'ARC/INFO qui offre d'autres structures de données pour gérer les données à variation spatiale continue : structures dites TIN par exemple (Triangle Irregular Network).

1.3. Un SIG pour une approche écosystémique dans le cadre d'un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Ce troisième système a été créé pour répondre à une problématique d'une toute autre ampleur, développée dans un travail de recherche de longue haleine mené par une équipe composée de chercheurs du CRENAM et du CEMAGREF à la demande du Ministère de l'Environnement. L'objectif du projet de recherche était d'effectuer un diagnostic du bassin versant de la Loire dans son intégralité, du Mont Gerbier-de-Jonc à Saint-Nazaire (Bethemont, Degorce et al. 1993), (Joliveau et Degorce 1992) (Vol. 2 DOC 1), (Degorce et Joliveau 1993) (Vol. 2 DOC 2)¹. Ce diagnostic portait sur de nombreux points :

- découpage en unités de gestion écologique définies par leurs spécificité et vocation,
- analyse des conditions d'écoulement,
- définition d'unités paysagères,
- évaluation des pressions subies par le milieu,
- reconnaissance et évaluation des paramètres socio-économiques d'une gestion écologique (zones économiquement fragiles et zones de concentration des activités).

L'équipe devait aussi proposer des orientations et des objectifs d'aménagement et de gestion globaux et à long terme. Rappelons que la situation du bassin de la Loire était à l'époque conflictuelle, liée en particulier à la remise en cause par les associations des aménagements prévus sur le bassin (barrage du Serre de la Fare en particulier). Enfin, et plus directement en rapport avec ce qui nous occupe ici, l'équipe de recherche devait aussi proposer un ou plusieurs systèmes de suivi cartographique et concevoir un SIG à l'échelle du bassin intégrant des indicateurs pertinents pour un suivi écologique. Ce SIG devait être mis à la disposition de l'Observatoire Loire, structure mise en place à l'époque par le Ministère de l'Environnement.

Le SIG était donc non seulement un moyen du projet nécessité par le caractère spatialisé des données à gérer et des analyses à conduire. Il était aussi une de ses finalités. Ce double objectif n'a pas simplifié la tâche à réaliser. En effet, il fallait faire avancer de front une réflexion générale sur les fonctions d'un SIG pour la gestion globale d'un grand bassin fluvial et répondre aux besoins de réflexion fluctuants et pressants de l'équipe de recherche. On devait au jour le jour progresser dans une réflexion plutôt conceptuelle et théorique et improviser une stratégie de gestion de données, en fonction des balbutiantes politiques de production de données systématiques des services spécialisés (Institut Géographique National, Agence de l'Eau, ...). Par ailleurs, un Système d'information construit dans un but de recherche a de remarquables spécificités. Ses finalités ne préexistent pas, ne sont pas lisibles dans un état de l'existant, manuel ou semi manuel, qu'il faut calquer numériquement. Les finalités s'inventent dans le même temps que le projet de recherche avance.

Nous ne reviendrons pas dans le détail sur la conception du système, qui est bien présentée dans les documents référencés. Celui-ci s'est construit avec à l'esprit les deux objectifs du projet : aider l'équipe de recherche à formuler un diagnostic, réfléchir à un système pouvant aider à observer et piloter les grandes évolutions du bassin. La construction du modèle des interactions ((Joliveau et Degorce 1992 p. 347) avait pour objectif de servir de guide organisant la recherche de l'information par grands systèmes de composantes, mais aussi de pointer les lacunes en

¹ Les références de la forme : Vol. 2 DOC # signalent que le texte est consultable dans le deuxième volume de ce mémoire, *Traces*, qui regroupe nos principales publications.

données ou en connaissances des processus du système. La constitution d'un Système d'information sur un espace aussi vaste (117 000 km², 33 départements, plus de 5000 communes) posait d'emblée de fortes contraintes. Il était bien évidemment impossible de produire les données par collecte sur le terrain. Certaines données, sur l'occupation du sol en particulier, auraient été accessibles par télédétection, mais dépassaient le budget et les délais de l'étude. Il fallait donc mobiliser des sources de données assez facilement accessibles, essentiellement celles issues de bases de données officielles. Aux contraintes classiques d'homogénéité et de coût des données s'ajoutait la nécessité de prévoir toujours leur mise à jour et de mettre au point un système d'information "livrable" à un organisme de gestion.

Dans le contexte de l'époque, la mise au point de la stratégie d'acquisition des données que nécessite tout SIG n'allait pas de soi. Les organismes de gestion étaient en train de constituer leurs bases de données et donc de décrire de manière précise et sans ambiguïté leurs objets de gestion. A l'époque, il n'existait pas encore de données d'occupation du sol à petite échelle, telle que Corine Landcover. N'étaient en fait intégralement disponibles et aisément accessibles que les données du recensement, qui furent utilisées pour caractériser les usages (agriculture, industrie, services à la population). Des données issues d'autres sources (Recensements agricoles, inventaires des Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF), ...) complétèrent ce volet. Les caractéristiques physiques de l'espace furent décrites à partir des données de l'Agence de l'Eau (cours d'eau, limites de bassins versants). Encore faut-il noter qu'il n'existait pas à l'époque de fichier numérique des cours d'eau présentant un détail assez fin. Nous avons dû reconstituer le réseau par traitement informatique d'un fichier graphique de l'Agence de l'Eau. Le relief a été reconstruit à partir d'une digitalisation des courbes de niveau sur une carte à 1:500 000. Les composantes naturelles ont été obtenues par digitalisation (saisie numérique) de cartes thématiques sur papier dressées à l'échelle 1:000 000 : géologie, pédologie, vulnérabilité des aquifères, climat ... Au début du projet, nous ne disposions pas des limites communales pour représenter les données socio-démographiques. Nous avons donc acquis à l'IGN les données des points centroïdes des communes (barycentre du polygone communal). Dans un deuxième temps, les données surfaciques ont été importées dans le système. Ensuite, les entités permanentes du système ont été intégrées : communes, départements et régions, cours d'eau et bassins versants structurés hiérarchiquement. Ces données ont dans un premier temps essentiellement servi à produire des cartes analytiques dans des formats comparables.

Le contexte du projet était particulier. Réellement pluridisciplinaire (biologistes, hydrologues, géographes), il avait l'objectif de répondre à une problématique scientifique complexe (analyse écosystémique), portant sur un espace très vaste. La réflexion des scientifiques était par ailleurs confrontée aux objectifs opérationnels des gestionnaires du Ministère de l'Environnement et de l'Agence de l'Eau. Même si cela peut paraître à première vue un peu simpliste, la simple disponibilité d'un jeu de cartes d'échelle et de présentation homogène, sans travail de modélisation spatiale spécifique, a très largement facilité l'avancement du projet de recherche. Il faut noter qu'il ne s'agissait pas de la rédaction d'un atlas illustratif mais de la constitution discutée et partagée d'un document de travail commun. En effet chaque thème a fait l'objet d'une négociation interne, quant à la validité de tel ou tel paramètre dans l'analyse d'ensemble. Le détail des opérations de constitution de la base de données se trouve dans (Bethemont, Degorce et al. 1993 vol II, pp.1-18).

Le premier intérêt du SIG dans un tel contexte est de rendre compatibles et combinables des données associées à des objets très divers. C'était une exigence cruciale en ce cas où l'analyse nécessitait de mesurer l'extension de phénomènes d'ordres très différents (milieu naturel, démographie, agriculture, actions sur la ressource eau, utilisation du sol, ...). Il fallait visualiser

par bassins versants hydrographiques des informations sur le système socio-économique ou la pression sur la ressource, ou par départements certaines caractéristiques physiques liées à la ressource ou aux aquifères. Cette transformation du mode de visualisation habituelle des phénomènes est un des grands intérêts d'une base de données géographiques. Elle positionne le système d'information comme un outil de dialogue entre des gestionnaires de processus différents. On peut ainsi compter le nombre de points qui se trouvent dans une surface ou caractériser chacun de ces points par le type de surface où il se trouve. C'est utile pour compter des équipements par communes. On peut aussi scinder des lignes à l'aide de zones et calculer par bassin versant ou par d'autres unités la densité de drainage hydrographique. Il est également possible de combiner des zones entre elles, pour produire des calculs d'extension d'un phénomène (zone géologique ou aquifère) en fonction d'unités de gestion comme les bassins versants. Il est inutile de lister les principales combinaisons d'information rendues possibles par les logiciels de gestion d'information géographique. Elles sont maintenant bien connues. Dans le projet Loire, ces fonctions de combinaison spatiale ont servi essentiellement à deux fins : d'abord, produire des indicateurs dans un nouveau découpage de référence ; ensuite, homogénéiser la visualisation de phénomènes différents au moyen de cartes visuellement comparables.

Il est important de mentionner un point : contrairement à ce que l'on pouvait croire, le SIG a peu servi à produire des cartes de synthèse par combinaison automatique d'information diverses. Dans de nombreux cas, une fois mesurées les différences de précision liées à l'hétérogénéité des cartes saisies et les différences de portée des limites en fonction des différentes thématiques, l'équipe a préféré délimiter les combinaisons à la main plutôt que de le faire par superposition numérique. Toutefois, même dans ce cas, la base de données a eu son utilité. Car la réflexion sur les regroupements et limites a été facilitée par la première homogénéisation des échelles et de la sémiologie permises par le SIG. La question théorique posée à ce propos est moins d'ailleurs le mode de combinaison choisi, par intersection et combinaison informatique ou par tracé réfléchi d'expert, que la validité théorique de ces combinaisons : existe-t-il des écorégions, combinant en un complexe indiscutable différentes caractéristiques de substrat, de morphologie ou de climat ? Comment pondérer ou hiérarchiser les différents paramètres ? Vieille question de la géographie, que l'utilisation d'un SIG n'a pas permis de trancher dans le cas du bassin de la Loire. Elle a plus modestement contribué à éclaircir le débat entre chercheurs, qui recoupait d'ailleurs aussi un débat entre disciplines.

La principale originalité du système a été la production d'un "micro SIG", constitué par la l'application d'un système de mailles de 10 km x 10 km à l'ensemble des données. Une fois traduites dans cette grille, les données du Recensement de la population et du Recensement agricole reliées aux centroïdes communaux, les cartes digitalisées des composantes physiques, les limites des bassins versants et les données d'altitude, peuvent être combinées à volonté tout en gardant à l'esprit qu'il s'agissait d'une simplification, utile à des fins exploratoires. Alors que le SIG principal avait été constitué au moyen du logiciel ARC/INFO, le « micro SIG » a été porté sur un logiciel raster facile d'accès, Idrisi, ce qui a permis de produire des cartes de synthèse sur la fragilité démographique par combinaison de différents critères. Un traitement statistique plus sophistiqué à base de classification hiérarchique et d'Analyse Factorielle des Correspondances a permis de produire aussi une carte par mailles des grandes structures d'occupation du sol et des masses paysagères.

Ce SIG constitué à des fins de recherche n'a pas eu de postérité directe. Son utilité dans l'esprit de l'équipe aurait été essentiellement stratégique. Il aurait pu contribuer aux réflexions de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne sur le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement des Eaux), document de planification exigé par la récente loi sur l'Eau et en cours d'élaboration. Or

les données collectées par l'équipe de recherche sont quasiment restées dans leur intégralité à l'extérieur du SIG de l'Agence, conçu à l'époque exclusivement comme un système de gestion opérationnel et dont l'échelle de définition et de saisie de l'information, ainsi que les types de traitement étaient très différents du nôtre. Dans les faits, l'Agence n'avait pas besoin d'un système d'information, mais de cartes synthétiques présentant certains phénomènes. On nous demandera alors de produire successivement un Atlas du bassin de la Loire, un Atlas du bassin Bretagne-Vendée, puis un Atlas Loire-Bretagne-Vendée, mais l'intégration d'une partie de ces données dans le système d'information de l'Agence n'était pas à l'ordre du jour. Ceci illustre bien la différence entre un système de réflexion et de planification stratégique et un système de gestion quotidienne et routinière, sur laquelle nous aurons à revenir.

1.4. Un SIG historique sur l'aménagement de l'espace alluvial d'une grande ville

Le dernier projet de recherche que nous présenterons, débuté en 2002 est toujours en cours. Le site Atelier "Y Lyonnais", dont nous en assurons la responsabilité en collaboration avec J-P. Bravard, est un des sites supports de la ZABR (Zone Atelier Bassin du Rhône), structure de recherche labellisée par le Programme Environnement Vie et Société du CNRS (ZABR 2003). Elle regroupe une vingtaine d'équipes de recherche du bassin du Rhône relevant de disciplines diverses (biologie, hydrologie, sociologie, géographie) mais qui concernent toutes la gestion de l'eau. Dans le dispositif de la ZABR, un site atelier est un site d'observation ou d'expérimentation pouvant servir de support à des recherches portant sur des thèmes pluridisciplinaires et croisant les regards de scientifiques, de gestionnaires et d'acteurs sociaux. Le site du Y lyonnais, appelé ainsi de par la forme et l'orientation du Rhône et de la Saône qui confluent à Lyon, a vocation à porter des recherches à dimension géo-historique sur l'aménagement du fleuve et de l'espace alluvial. Les thématiques de recherche envisagées sont multiples : analyse de la croissance urbaine dans le corridor fluvial, artificialisation des milieux naturels liés au fleuve, vulnérabilisation des activités humaines dans les plaines alluviales, dynamique de patrimonialisation des cours d'eau. Par ailleurs le site sert aussi d'espace de référence pour des recherches sur des thématiques transversales : généalogie des politiques de gestion du fleuve, veille sociale rhodanienne, atelier "prospective du Rhône". Le site combine deux aires d'observation, qui correspondent à des approches thématiques et à des échelles d'observation différentes. Un premier niveau d'analyse concerne le corridor fluvial qui correspond globalement à l'espace alluvial de la Saône et du Rhône et qui forme le Y lyonnais proprement dit, de la confluence de l'Ain et du Rhône, Trévoux au Nord sur la Saône et Givors au Sud sur le Rhône. Le deuxième niveau d'analyse est à plus petite échelle et concerne l'aire métropolitaine. Il correspond à la Communauté Urbaine du Grand Lyon actuel, augmentée des communes proches de Lyon riveraines de la Saône et du Rhône.

Une des productions attendue du site est un Système d'Information Géographique historique permettant une analyse sur la longue durée des relations complexes entre une société urbaine et un environnement fluvial. Ce SIG historique, en plus de son rôle de support à un travail scientifique pluridisciplinaire, doit aussi être valorisé dans des activités de communication grand public et des activités pédagogiques. Il se nourrit et contribue en retour aux travaux et réflexions méthodologiques de deux thèses en cours (celle de Claire Combe sur l'approche historique du risque inondation dans l'agglomération lyonnaise et celle d'Emmanuelle Delahaye sur les villes situées à l'aval de Lyon). La constitution d'un SIG historique est un travail de longue haleine, prévu pour durer plusieurs années. Nous ne revenons ici que sur la première étape, qui est en voie d'achèvement.

Le SIG intégrera *in fine* trois bases de données géographiques emboîtées

a) Une zone correspondant au centre de Lyon-Villeurbanne qui ne sera pas couverte de manière exhaustive. Seules les localisations les plus intéressantes seront abordées. L'objectif est de reproduire la logique de la cinématique des crues de 1840 et 1856 et de représenter les systèmes de protection successifs mis en œuvre aux XIX^e et XX^e siècles. Les documents de référence sont à une échelle généralement entre le 1:5 000 et le 1:10 000. Les principaux objets du système sont les digues, les berges, les quais, les rues, le bâti par îlots, les données paléoenvironnementales, les levés archéologiques et les attributs de chaque grande crue historique: surface inondée, sens d'écoulement, hauteurs d'eau, bâtiments détruits (ce qui donne une idée approximative des vitesses), brèches et origine des débordements.

b) Le corridor fluvial Y lyonnais: à cette échelle, l'objectif est de comprendre les interactions société-environnement liées à la dynamique fluviale. L'échelle des documents de référence doit varier entre le 1:20 000 et le 1:50 000. Les principaux objets sont les digues de chenalisation et de protection contre les crues, l'occupation du sol, l'extension des crues inondantes, les documents réglementaires, ...

c) L'aire métropolitaine. L'objectif est de replacer le corridor fluvial dans la dynamique urbaine à long terme. L'échelle d'utilisation ne pourra être plus précise que le 1:50 000. Les principaux objets sont le réseau de communication (rues, routes, voies ferrées, ...), les utilisations « pérennes » du sol, les données démographiques.

La dimension historique du système pose trois problèmes spécifiques : l'inventaire des données, le géoréférencement des cartes anciennes et la saisie de l'information. L'inventaire des documents disponibles : photographies aériennes, cartes et plans anciens dans les différents fonds disponibles en bibliothèque, archives diverses locales, à l'IGN ou au Centre Historique de l'Armée de Terre (Vincennes) a été réalisé. Plus de 300 cartes topographiques utilisables ont ainsi été répertoriées par Claire Combe à l'IGN et intégrées dans la base de données. Compte tenu des redondances de date et d'échelle, une quinzaine de cartes anciennes scannées directement par l'IGN à partir des originaux ont été acquises, ainsi qu'une soixantaine de photocopies de cartes en noir et blanc. Elles permettent de disposer d'images du territoire à trois dates : 1830-1840, 1890-1900, 1940-1950 et de les comparer avec les cartes contemporaines.

Il existe deux grands modes d'intégration des cartes papiers dans un SIG, et les documents historiques n'échappent pas à ces cas de figure. Soit on interprète la carte thématique et on reporte les limites thématiques sur une carte contemporaine. Soit on scanne les cartes anciennes, et on les rectifie par rapport à un support numérique géoréférencé (le plus souvent une carte topographique). Les solutions dépendent de deux facteurs : le niveau de déformation des supports (les documents anciens sont souvent en mauvais état et très déformés), et l'échelle des documents qui est variable au cours du temps (1:80 000, 1:50 000, 1 :25 000). Le risque d'erreur est souvent d'autant plus grand que l'échelle est petite. Les modes d'intégration pourront donc varier selon les cas (corridor ou aire métropolitaine). Notre objectif était cependant de constituer une série d'images géoréférencées des cartes historiques, pour les mettre à la disposition du grand public et des éducateurs. B. Dupuis, ingénieur au CRENAM, a effectué une série de tests permettant d'évaluer la pertinence de différentes méthodes (transformation affines, déformations polynomiales globales et locales) sur les différents types de cartes afin d'estimer la précision possible attendue. La méthode finalement adoptée a été le changement de projection, en demandant à l'IGN les paramètres de la projection de Bonne utilisée par les cartographes du XIX^e, puis à une déformation élastique par points d'amer. Le géoréférencement des cartes topographiques est maintenant terminé. Pour les visualiser, on utilise un système de double-visualiseur développé à notre demande successivement par D. Ruelland et R. Mayoud, ingénieurs informatique au CRENAM pour un projet pédagogique (Joliveau, Dupuis et al. 2001). Ce système qui permet de lier la navigation entre deux cartes

visualisables simultanément à l'écran au même niveau de zoom est un moyen aisé de comparer visuellement deux cartes anciennes¹. Il est moins sensible à des décalages liés aux imprécisions de géoréférencement que la visualisation classique multicouche des SIG. Cet outil sera mis à la disposition des chercheurs pour la constitution des bases de données aux différentes dates et sera diffusé avec les cartes à destination du public scolaire.

L'interprétation des cartes anciennes commande un certain nombre de précautions. En effet, il est souvent difficile d'estimer la validité planimétrique et thématique des cartes topographiques anciennes. Certaines sont des minutes de terrain entachées d'une erreur de localisation parfois considérable. Les cartes éditées ont souvent fait l'objet de corrections successives sur les plaques originales, qui empêchent de dater exactement l'état de l'occupation du sol. A l'échelle du corridor fluvial, il faut donc recouper l'information avec d'autres sources, textes ou plans non numérisés. A l'échelle de l'aire métropolitaine, l'objectif est de reconstituer l'occupation du sol à moyenne échelle aux différentes périodes de manière à pouvoir analyser les formes de la croissance urbaines au cours du temps. Après examen de plusieurs méthodes employées par des équipes américaines, une méthodologie de saisie d'une grille régulière de points en fonction d'une taxonomie générique mais adaptée aux différentes dates est en cours pour l'ensemble de l'aire métropolitaine.

Le SIG a plusieurs fonctions dans ce projet. Il sert de cadre fédérateur pour intégrer des données multithématiques et multidates liées à des projets de recherche différents. C'est un outil de visualisation et d'exploration des cartes anciennes. Ce sera aussi un outil de quantification de la consommation de sol et de modélisation spatiale de la croissance urbaine, au moyen d'automates cellulaires. C'est enfin un outil de communication cartographique des évolutions temporelles. Les problèmes méthodologiques qu'il pose sont liés à trois caractéristiques. Sa forte dimension temporelle nécessite des outils spécifiques de modélisation adaptés à ces données spatio-temporelles. La nécessaire articulation des trois bases de données prévues pose des problèmes de cohérence et de compatibilité. Enfin, le caractère collaboratif, pluridisciplinaire et ouvert de son utilisation pose des problèmes, inédits pour nous, de description des données (métadonnées), de partage d'information entre fournisseurs différents, et de diffusion de données auprès de partenaires variés : autres chercheurs, gestionnaires, scolaires et grand public.

1.5. Permanence et changement

Les exemples présentés ci-dessus ne constituent qu'un échantillon des applications SIG sur lesquelles il nous a été donné de travailler depuis dix ans et il n'est bien sûr pas question de résumer à travers elles l'immense diversité de l'univers des SIG. Parmi les nombreux autres types de SIG en gestion de l'eau, on peut par exemple mentionner ceux dont l'objectif principal est de modéliser le comportement hydrologique d'un bassin versant pour simuler une crue ou une diffusion de polluants. Par ailleurs ces quatre systèmes sont des SIG d'enseignement ou de recherche, sur lesquels ne pesaient pas les mêmes contraintes que les systèmes développés par une collectivité locale pour administrer son territoire ou un aéroport pour gérer son réseau technique, exemples classiques d'utilisation de SIG. Si nous les avons tous choisis dans le même domaine, celui de la gestion de l'eau et des rivières, c'est pour tenter de nous approcher empiriquement de la question de la définition des SIG, à partir de cas concrets exposés de manière suffisamment détaillée. Même superficiel, le portrait des SIG qui transparaît de cette

¹ Nous nous sommes rendu compte rétrospectivement qu'une technique analogue de double visualisation de cartes anciennes a été mise en œuvre pour la consultation sur le Web de la très belle collection de cartes anciennes de la David Rumsey Collection : <http://www.davidrumsey.com/index.html>

description, est suffisamment net pour permettre une approche plus théorique de cet objet complexe. Peut-on dégager les permanences et évolutions perceptibles dans le domaine des SIG à partir de l'expérience accumulée lors de la mise au point de ces quatre systèmes ?

Les quatre systèmes présentés sont construits au moyen d'outils informatiques du même type: ordinateurs, logiciels spécialisés ainsi qu'appareillages divers de saisie, d'impression ou de transmission de données. Or, du SIG Lignon au Y Lyonnais, il s'est écoulé 10 ans et les caractéristiques techniques des appareillages ont évolué de manière stupéfiante. Pour fixer les idées, nous disposons aujourd'hui d'une capacité en mémoire centrale dix fois supérieure à la capacité de stockage des disques fixes d'il y a dix ans. Or nous utilisons maintenant des ordinateurs d'un modèle courant tandis que les systèmes d'alors étaient des modèles haut de gamme très coûteux ou des stations de travail spécialisées. Ceci permet de mesurer la progression dans les vitesses et les volumes de données traitées. Les logiciels actuels gèrent sans difficulté des fichiers composés de dizaines ou centaines de milliers d'entités, nombre dont nous ne rêvions même pas il y a dix ans. Cette augmentation de la puissance des ordinateurs est bien connue, mais il ne faut pas l'oublier quand on essaie de comprendre les évolutions dans le domaine du traitement des données. Parallèlement, les logiciels sont devenus plus agréables à utiliser, même si l'augmentation du nombre de fonctions qu'ils proposent rend leur apprentissage plus complexe pour un néophyte. Dans le même temps que se produisait cette montée en puissance technique, il faut noter que le cadre conceptuel des SIG évoluait, mais de manière plus lente. Les manuels de SIG du début des années 90 sont loin d'être obsolètes. Certaines évolutions sont notables mais leur diffusion se fait de manière graduelle. Les structures des données évoluent doucement du modèle classique associant couches géographiques et tables attributaires vers un modèle intégré de type base de données ; les outils pour stocker, interroger et visualiser des données en trois dimensions se sont généralisés. Les modes de programmation informatique sous forme de composants ont transformé les outils de développement. La diffusion des outils GPS a changé les modes de collecte de données sur le terrain. Enfin, le travail continu de production de données géographique numériques par les agences cartographiques, les collectivités locales, les associations et les laboratoires a pour conséquence que de plus en plus de données sont disponibles. Une partie importante de l'énergie dépensée dans le SIG Lignon à la saisie de données à partir de documents papier se traduirait par une procédure d'acquisition ou d'échange par convention. L'arrivée d'Internet a, quant à elle, fait exploser le volume de littérature spécialisée disponible sur un domaine aussi technique, et bouleversé les stratégies de diffusion des données, qui laissent au réseau une part importante.

Un autre point commun à tous nos systèmes est la place qu'y tiennent les cartes. Dans trois des quatre projets étudiés, un des produits du système est un atlas. Le cas des Schémas de Mise en Valeur Aquatique illustre une tentative pour informatiser un atlas papier. L'Atlas du Lignon de S. Caquard est au contraire un sous-produit du SIG qui n'était pas prévu au départ. Mais le service en charge de la gestion de l'eau a éprouvé le besoin de valoriser la base de données constituée sous forme d'un document diffusible. Dans le bassin de la Loire, le SIG Loire est pensé d'emblée à la fois comme un système autonome d'analyse et comme le moyen de produire un atlas, avec un certain succès auprès des gestionnaires, puisque l'Agence Loire-Bretagne a commandé ensuite différents atlas sur le même modèle. Dans les consciences, la parenté entre cartographie et SIG reste forte. La carte est bien le produit le plus habituel des SIG. La société ESRI édite ainsi chaque année depuis plus de 20 ans un volume compilant les plus belles cartes produites par les acheteurs de leurs logiciels. Et dans l'interface utilisateur même de certains produits comme Arcview, il est possible de feuilleter informatiquement les mises en page (i.e. les cartes) produites à partir de la base de données, qui restent présentes en permanence dans le système d'information comme un objet central. C'est à l'envi que les

spécialistes répètent qu'un SIG n'est pas fondamentalement un outil de cartographie ; la carte ou le plan reste pour beaucoup la finalité du SIG.

Le SIG participe au départ de l'hybridation de deux figures : la base de données et l'atlas. De la base de données, il possède la dimension informatique bien sûr, mais aussi la structuration qui permet l'intégration, après formalisation, de données hétérogènes ainsi que leur combinaison à partir d'un langage de requêtes. De l'atlas, le SIG possède bien sûr la prédominance de la visualisation de l'information à l'aide de cartes, mais aussi le découpage en couches thématiques comme autant de chapitres d'un atlas. Il en possède aussi la complexité. Car un atlas, c'est autre chose qu'une collection de cartes. C'est un ensemble complexe d'information à dominante cartographique, visant à rendre compte de manière la plus complète possible d'un espace ou d'un phénomène. Et un SIG relève bien de ces finalités. Mais, d'un point de vue technique et conceptuel, les SIG sont bien plus que des atlas informatiques. Ils sont au centre d'un système d'information spatialisé, dont ils constituent ensemble le principe organisateur et le moyen distributeur.

Le quatrième projet, qui débute d'ailleurs plusieurs années après la fin des trois autres, est significatif. Il n'envisage pas d'atlas papier. Les cartes sont intégrées dans une base de données géographique thématique et leur consultation se fait sur écran au moyen d'un dispositif de visualisation conçu spécialement et que ne permettrait pas la consultation sur papier. D'une manière plus générale, un SIG est constitué pour résoudre un problème spatial et la carte n'est pas toujours la solution idoine. Un calcul systématique de surface, un graphique synthétisant les objets disposant de caractéristiques spécifiques, une liste d'entités situées à une certaine distance d'un objet déterminé sont autant de résultats que l'on peut demander à un SIG et qui ne passent pas par une carte. Mais celle-ci reste la manière la plus directe de visualiser spatialement un phénomène. Encore faudra-t-il revenir sur cette question de la carte, car son statut change avec les SIG. De son double statut traditionnel de minute de repérage rapide d'un phénomène brut située en début du processus d'analyse et de produit graphique léché en quadrichromie en fin de processus, la carte est partout dans les SIG et dans tous ses états. Mais elle est devenue une collection d'avatars d'un flux continu d'information spatialisée.

Deux caractéristiques générales nous semblent s'appliquer aux applications que nous venons de présenter. Les quatre SIG ont été construits pour apporter une réponse à un *problème* ou à un ensemble de problèmes à *dimension spatialisée*. Un SIG est envisagé comme une solution à un problème d'ordre spatial. La deuxième caractéristique est que ces quatre SIG doivent être aussi envisagés comme des *projets*, c'est-à-dire, pour reprendre la définition de l'AFNOR, « un ensemble d'activités qui sont prises en charge, dans un délai donné et dans les limites de ressources imparties, par des personnes qui y sont affectées dans le but d'atteindre des objectifs définis » cité par Lecœur et Quinio (2003). Même si la durée, l'envergure ou l'enjeu de chacun de ces projets étaient très différents, ils partagent tous des contraintes du même type : coût, délai, organisation, mobilisation des équipes.

2. De quoi se compose un SIG ?

Une perspective structurelle nécessite d'analyser les différents composants d'un SIG et la manière dont ils sont organisés. La structure d'un SIG dépend bien évidemment de la définition que l'on adopte. Or la plupart des auteurs sont d'accord sur la très grande diversité des conceptions qu'on peut en avoir. Cheylan, Miellat et al (1993) parlent à ce propos des multiples facettes ou de la série d'enveloppes dont est constitué un SIG. Pour Pickles (1995), la recherche d'une définition est quasiment impossible, tant elle varie en fonction des auteurs. Burrough et Rachael (1998) regroupent les définitions, et donc les conceptions des SIG, en trois grands types : les SIG comme boîte à outils, les SIG comme bases de données et les SIG comme

structures organisationnelles. Il nous semble que les deux premières sont proches et qu'il est possible de les regrouper dans une conception du SIG comme construction technique, qui relève d'un ensemble plus ou moins intégré de méthodes de gestion d'information géographique, d'une discipline, voire d'une science de l'information géographique. La seconde conception est celle qui considère en effet un SIG essentiellement comme le système d'information d'une organisation. La troisième conception est plus générale ; au-delà de la dimension organisationnelle, elle envisage un SIG comme une construction sociale, politique et culturelle. Ces trois conceptions sont apparues successivement. Chacune a sa cohérence, liée aux objectifs et au projet de celui qui l'emploie.

2.1. Le SIG comme objet technique, entre boîte à outils et science de l'information géographique

Même s'ils l'envisagent comme une construction essentiellement technique, les différents acteurs d'un projet commun peuvent avoir des perceptions différentes du système selon la place qu'ils occupent dans le projet. Par ailleurs, les vues se sont progressivement enrichies, globalisées et complexifiées.

Le SIG boîte à outils informatiques

La littérature scientifique et technique a beau mettre en garde contre cet abus, un néophyte assimile souvent un SIG à un logiciel. On continue d'ailleurs à parler couramment du *SIG* Mapinfo, du *SIG* Arcview ou du *SIG* ARC/INFO, et on constate la fascination toujours renouvelée sur les stands des salons professionnels pour les versions n.00x des logiciels. Les livres d'initiation aux SIG qui sont destinés aux géographes ou aux thématiciens sont la plupart du temps organisés autour de l'utilisation d'un logiciel commercial (Minvielle et Souiah 2003). Chez les informaticiens professionnels et en particulier universitaires, on distingue plutôt une méfiance vis-à-vis des logiciels commerciaux. Dans les livres spécialisés, les logiciels commerciaux sont soit ignorés, soit relégués en annexe comme moyen possible d'une application pratique (Scholl, Voisard et al. 1996). Cette opposition s'explique bien entendu par le rapport à l'informatique des non-informaticiens, sur lequel on reviendra dans le parcours 5, mais traduit un rapport aux SIG dirigé par les outils. Un utilisateur de SIG non informaticien a accès à une application informatique, c'est-à-dire un programme plus ou moins complexe développé spécifiquement pour effectuer un nombre de tâches limitées et récurrentes. Il ne voit du SIG qu'une série de fonctions préprogrammées correspondant à ses besoins spécifiques. Un spécialiste SIG non informaticien utilise un logiciel SIG – il serait plus rigoureux de dire un progiciel – assemblage plus ou moins complexe et intégré de fonctions de gestion de données géographiques — outil généraliste et global, qui fournit de multiples fonctions pour manipuler les données géographiques. Cette liste peut être relativement limitée, comme dans les premières versions des logiciels Mapinfo et Arcview ou très variée dans la boîte à outils complexe qu'est le logiciel ARC/INFO (de Blomac, Gal et al. 1994). S'il dispose de compétences en programmation, l'utilisateur non informaticien peut écrire des programmes simples lui permettant d'automatiser certaines tâches ou de réaliser des traitements non prévus. Il peut aussi écrire dans un langage souvent propriétaire des applications plus ou moins ambitieuses à destination de l'utilisateur dont on parlait plus haut. Un informaticien professionnel a une relation plus ambivalente à ces logiciels. En effet, ils incorporent souvent des éléments (structures de données ou algorithmes) qui peuvent lui apparaître comme non optimaux pour ses besoins. Il préférera alors développer ses propres fonctions à côté du logiciel tout en gardant des passerelles d'échange de données. C'est le cas en modélisation. Par exemple, les structures de données de Mapinfo ne sont pas bien adaptées au développement d'un modèle hydrologique par compartiment. Un informaticien peut préférer reconstruire une structure de données

correspondant à un langage de programmation généraliste comme le C++. Pour un chercheur informaticien universitaire, l'objectif est le plus souvent de proposer d'autres structures de données ou d'autres algorithmes, ceux qui sont implémentées dans les logiciels commerciaux correspondant à des concepts dépassés. Tous ces utilisateurs, à des niveaux de généralité ou d'abstraction différents, voient le SIG comme un outil technique de manipulation de données géographiques.

Le contexte du développement informatique a beaucoup évolué depuis l'émergence des premiers logiciels SIG en France. Les outils et méthodes de programmation se sont profondément renouvelés (approches objet, logique de l'Internet, logiciels libres) et il est difficile pour un non spécialiste de rester à niveau dans ce domaine sans une formation conceptuelle complète en informatique. Les normes du codage sont aussi d'un niveau plus élevé et tendent progressivement à écarter les non-spécialistes du développement informatique professionnel. Inversement la disponibilité de composants logiciels qui proposent en standard des primitives de gestion et d'analyse de données spatiales et que l'on peut intégrer dans des langages classiques permet à un utilisateur maîtrisant les bases de la programmation de développer ses propres outils. Les logiciels des quelques grands éditeurs commerciaux qui dominent le marché des SIG constituent ainsi des plates-formes, à partir desquelles il est possible de construire de nouveaux outils ad hoc de développement, à un niveau de conception plus élevé. Il n'est plus question – sauf cas exceptionnel – de développer l'ensemble des fonctions de bas niveau gérant le stockage et l'affichage des objets. Mais, il est possible de créer des outils à la fois plus spécialisés et plus abstraits. Les applications ou les méthodologies nouvelles peuvent alors donner naissance à des programmes spécifiques capables de lire des données des logiciels SIG courants, ou même s'intégrer directement comme nouvelles fonctions. Internet facilite la diffusion de ces composants logiciels, le plus souvent aptes à prendre en charge des traitements spécialisés. Nous ne sommes pas très loin dans certains cas de la banque de fonctionnalités qu'appelaient de leurs vœux Saint-Gérard et Berger il y a quelques années (1994). Le rapport au logiciel des thématiques des SIG s'est donc réorganisé sur un continuum qui va de simple utilisateur de logiciels à développeur d'applications très spécifiques. Mais un logiciel SIG n'est plus un système fermé et limité. C'est devenu le centre d'un système auquel s'ajoutent en permanence de nouveaux modules. On peut souvent compléter un logiciel de base au moyen des milliers de fonctions ou programmes complémentaires tout faits et souvent gratuits développés par d'autres utilisateurs. On peut développer soi-même ces fonctions complémentaires ou les concevoir en liaison avec un informaticien. Les développements informatiques des SIG se font donc essentiellement dans des équipes où cohabitent thématiques et informaticiens.

La notion de logiciel s'est donc bien étendue et diversifiée par rapport aux débuts de la diffusion des logiciels SIG. Entre développer soi-même ses outils logiciels, greffer des outils complémentaires sur un logiciel existant ou trouver des outils sur Internet, de multiples stratégies sont possibles. Les logiciels des SIG les plus puissants constituent par eux-mêmes un univers à part entière aux limites indéfinies, dont il est difficile, voire impossible, d'avoir une connaissance exhaustive. Ils englobent l'utilisateur autant que celui-ci les manipule. Les utilisateurs des différents logiciels du marché (comme on dit) se regroupent dans des clubs ou autour de listes de diffusion sur Internet, grâce auxquels ils échangent des trucs, des programmes, des conseils. Pour donner un exemple, le réseau SIG Centre-Est, à l'animation duquel nous avons participé durant les années 90, s'était constitué pour aider les utilisateurs pionniers de PC-ARC/INFO dans les parcs naturels régionaux et nationaux à prendre en main le logiciel. Avec le temps, les objectifs du réseau se sont étendus à des objectifs plus larges et méthodologiques, et les questions techniques sont passées au second plan, mais le point de départ du réseau était bien le logiciel (Joliveau 1997; Joliveau 1999).

La question reste ouverte des concepts informatiques des SIG, modèles de données internes ou algorithmes de traitement, que le géographe doit connaître. Un niveau minimal est indispensable pour que le thématique ne soit pas un simple utilisateur de logiciel, enfermé dans le schéma conceptuel de celui-ci, mais ils ne peuvent être simplement translatés de l'informatique, car ils risquent d'être inopérants pour un non informaticien ou rapidement obsolètes, les informaticiens étant de très gros consommateurs de concepts nouveaux, parfois liés à des effets de mode ou à des innovations marketing.

Le SIG, environnement informatique

A tout prendre, si l'on conçoit un SIG comme un outillage, il faut intégrer l'ensemble des outils. Le choix d'un logiciel n'a de sens que dans le cadre d'une configuration informatique donnée, qui intègre toute la dimension matérielle des ordinateurs et des réseaux qui les relient. Le choix d'un logiciel est donc largement conditionné par celui du matériel qui le supporte. Pendant des années les logiciels SIG n'ont été disponibles que sur des ordinateurs de type mini-ordinateur ou mainframe, qui nécessitaient l'appui d'informaticiens spécialisés pour être utilisés et programmés. La diffusion des SIG et leur généralisation auprès de thématiques non-informaticiens n'ont pu se faire qu'avec l'apparition des micro-ordinateurs et de systèmes d'exploitations plus simples. Encore récemment, les logiciels les plus puissants, capables de traiter de gros volumes de données et d'atteindre de grandes vitesses de traitement ne trouvaient leur pleine capacité que sur des stations de travail, dont les systèmes d'exploitation nécessitent des capacités informatique spécifiques. Si le SIG est mis en œuvre dans un contexte de travail collectif, il nécessite, même sur des micro-ordinateurs, des compétences d'administrateur du réseau reliant les différentes unités centrales. Celles-ci vont au-delà des compétences habituelles d'un utilisateur géographe.

La diffusion des technologies liées à Internet a aussi transformé la dimension matérielle des SIG. Les données peuvent être acquises et transmises à distance, publiées sous format numérique. On voit même apparaître des services de traitement de données accessibles en ligne. Dans le même temps que le logiciel est pour ainsi dire démembré, les ressources matérielles nécessaires sont changées : on peut envisager de confier des traitements exceptionnellement longs ou complexes à des prestataires. Enfin, la gamme de matériel sur lesquels fonctionnent maintenant les logiciels SIG s'est considérablement accrue. Ils fonctionnent sur tous les types de machines, des ordinateurs les plus puissants à l'assistant personnel (PDA) que l'on peut glisser dans sa poche.

Par ailleurs, il serait trompeur de réduire l'appareillage d'un SIG aux ordinateurs et aux périphériques de communication. Il nécessite aussi des périphériques spécifiques, que ce soit pour la saisie (table à digitaliser, scanners grands formats ou caméras spécialisées), la visualisation (écrans grand format) ou l'impression (imprimantes, traceurs A0). Mais d'autres appareils sont de plus en plus couramment intégrés dans le périmètre d'un SIG. Par exemple, des outils de collecte de données numériques sur le terrain comme les stations GPS ou les carnets électroniques des géomètres sont maintenant interfacés avec les SIG et il est même possible de coupler sur un PDA, un récepteur GPS (Global Positioning System) et un logiciel SIG. Plus qu'un logiciel, un SIG doit donc s'envisager à un certain niveau de perception comme un environnement informatique intégrant des ensembles de matériel et logiciel hétérogènes, pour gérer des données géographiques.

Le SIG base de données géoréférencées

Au-delà de leur thématique, les quatre systèmes présentés en ouverture de ce chapitre ont un autre point commun : ils sont structurés autour d'une base de données, qui constitue le coeur du

système. Décrire un SIG, comme on l'a fait à quatre reprises, revient à reconstituer la création d'une base de données. La définition des SIG qui fera longtemps référence en France met les données au centre du système : « les SIG sont des ensembles de données repérées dans l'espace, structurés de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision » (Didier 1990). Il n'est pas utile d'insister sur ce point, les quatre exemples sont parlants. Alors que les logiciels ou les outils informatiques sont globalement interchangeables, les données qui ont été rassemblées, organisées, structurées, et validées en vue d'un usage spécifique constituent la véritable richesse du système. Leur précision, leur adéquation au problème posé déterminent la qualité des résultats.

Comme on l'a vu dans le cas du bassin de la Loire, ce qui caractérise fondamentalement une base de données géographique, et ce qui a frappé les premiers utilisateurs des SIG, c'est leur capacité à intégrer des données de source et de nature différentes dans un cadre conceptuel et logiciel commun. Les données géographiques peuvent être saisies par digitalisation de cartes papier ou scannage de plans. Elles peuvent être captées à distance de la surface terrestre par télédétection spatiale ou aérienne. Elles peuvent être mesurées sur le terrain grâce à des systèmes GPS ou des levés topographiques. Elles peuvent enfin être directement importées à partir d'autres bases de données numériques. Une fois structurées et organisées, elles deviennent superposables, compatibles et combinables. Au cœur de la construction du SIG se trouve une activité de modélisation des données, qui passe par le repérage des entités que le système doit prendre en compte et des relations qu'elles entretiennent, et surtout de leur formalisation dans un schéma sans ambiguïté. Mais cette modélisation renvoie à deux questions indissociables : celle de la mesure et de l'observation de la réalité, celle de la représentation de celle-ci.

Les données sont le produit d'une mesure, d'une observation de la réalité. Cette dimension est souvent passée sous silence dans la littérature francophone. Les travaux de Chrisman (1997) permettent de bien saisir les contraintes de la mesure ou de l'observation des objets géographiques. Un phénomène quelconque se manifeste sous trois modes :

- ce qui est présent (la "substance" ou la nature du phénomène) ;
- où cela se trouve (la localisation, la spatialité du phénomène) ;
- quand cela se passe (le moment, la temporalité du phénomène) ;

Rendre compte d'un phénomène géographique nécessite donc toujours trois descripteurs :

- un descripteur chorologique qui prend en charge la variation dans l'espace : dimension spatiale,
- un descripteur chronologique qui prend en charge la variation dans le temps : dimension temporelle,
- un descripteur thématique qui prend en charge la variation en "nature" du phénomène : dimension attributaire (dite aussi par les informaticiens sémantiques).

La variation dans le temps d'un phénomène est théoriquement continue (avec des effets de seuil). Le plus souvent on la perçoit et on en rend compte de manière discrète (jour par jour, année par année, siècle par siècle). La variation dans l'espace d'un phénomène peut être discrète ou continue. Des phénomènes comme un découpage administratif ou la propriété foncière sont spatialement discrets. Des phénomènes comme la température, la pression, l'altitude, la profondeur ou l'acidité d'un sol, ou tout ce qui correspond à des gradients (distance, pente,...) varient de manière continue dans l'espace, avec des effets de seuil, plus ou moins marqués. La mesure de la variation dans la nature du phénomène est plus complexe que la dichotomie discrète ou continue. On s'appuie classiquement sur la typologie des échelles de mesure

(Stevens 1946) reprise par tous les manuels de statistique en sciences sociales et en géographie. Un phénomène peut être mesuré selon trois échelles différentes, qui autorisent ou non certaines opérations : échelle nominale (différences entre catégories), échelle ordinale (ordre sur des rangs) ou échelle cardinale (calcul sur des quantités)¹. On peut transformer une mesure d'une échelle cardinale en échelle ordinale puis nominale, mais l'inverse n'est pas possible.

Pour décrire un phénomène géographique, il faut donc prendre en compte ses trois composantes. Mais, comme l'a montré (Sinton 1978), cité par Chrisman, on ne peut pas décrire la variation d'un phénomène simultanément dans le temps, dans l'espace et en nature. On procède toujours à trois opérations simultanées :

- on fixe la variation d'une composante (la variation de cette composante est nulle pour l'opération) ;
- on contrôle la variation d'une seconde composante (la variation est contrainte dans certaines limites et selon un certain pas) ;
- on mesure la variation d'une troisième composante.

Le contrôle de la seconde composante passe par une discrétisation (un découpage en unités insécables). Cette discrétisation fonde la résolution de l'information collectée. Par exemple, si on s'intéresse à la température atmosphérique, on peut :

- fixer l'espace (dans telle station météorologique), contrôler le temps (toutes les heures du 12 décembre 1999), mesurer la température ;
- fixer l'espace (dans telle station météorologique), contrôler la température (0°, 5°, 10°), mesurer le temps (12 décembre 1999 : 5h04, 8h43, 13h.45) ;
- fixer le temps (12 décembre 1999 : 6h.00), contrôler l'espace (toutes les stations météorologiques de Rhône-Alpes), mesurer la température ;
- fixer le temps (12 décembre 1999 : 6h.00), contrôler la température (0-5°, 5-10°, 10-15°), mesurer l'espace (0-5° : Bron, Andreyzieux, 5-10 ° : Villefranche, Bourg...) ;
- fixer la température (5°), contrôler le temps (toutes les heures du 12 décembre 1999, mesurer l'espace (0h.00 : Montélimar, 1h.00 : Montélimar, Valence,...) ;
- fixer la température (5°), contrôler l'espace (toutes les stations météorologiques de Rhône-Alpes), mesurer le temps ;

Les modèles de données d'un SIG sont donc très fortement contraints en amont par l'activité de mesure ou d'observation et donc par les cadres de mesures adoptés (ou disponibles ...). Nous renvoyons à Chrisman, *op.cit.*, pour une liste de ces cadres de mesures possibles, selon que l'on contrôle par l'espace (télédétection) ou par les attributs (cartographie thématique). Mais à un autre niveau, la définition même d'un phénomène est en soi un problème. Le découpage de nature du phénomène se fait en fonction de catégories liées au regard porté sur celui-ci (partage entre disciplines scientifiques ou métiers techniques, choix épistémologique, approches traditionnelles métier, ...). Un phénomène simple comme l'altitude se traduit au moyen d'une variable quantitative : la hauteur par rapport à un repère défini. Le phénomène relief en revanche est complexe, et on doit le traduire par deux variables au moins : altitude et forme. Or cette variable forme est elle-même complexe et nécessite de mobiliser d'autres variables : pente,

¹ Le caractère universel de cette échelle fait l'objet de vives critiques de la part des statisticiens. Ils récusent aussi le fait qu'elle permettrait rigoureusement de légitimer ou d'interdire l'emploi d'une méthode ou d'une autre. Voir par exemple (Velleman et Wilkinson 1993).

orientation, directions, ... Le phénomène relief est donc rendu par une imbrication serrée et continue de paramètres, parmi lesquels on en isole certains qui joueront le rôle de descripteurs. Même les phénomènes qualitatifs, qui semblent à première vue aisés à découper en catégories, posent des problèmes de définition. Un phénomène comme la couverture forestière d'une région peut être décomposé à l'aide de paramètres quantitatifs (densité, hauteur des arbres) ou qualitatifs (systèmes de catégories emboîtées : conifères/ feuillus, type d'essences : sapins, épicéas, hêtres, bouleaux, chênes). Mais de telles typologies comporteront des catégories non homogènes comme zones mixtes feuillus/conifères, bouleaux/chênes. Tout découpage en typologies et en objets est toujours plus ou moins arbitraire et simplificateur.

Une base de données est donc toujours la simplification d'un système observable et un SIG *in fine* une représentation du monde, pour reprendre l'expression de Joël Charre (Charre 1994). L'organisation de la réalité en objets regroupés en classes et dotés de propriétés et de relations avec d'autres objets est le produit d'un travail spécifique de conception et d'abstraction, qui, tout comme les cadres de mesures adoptés (ou disponibles), détermine la base de données. C'est pourquoi les spécialistes de l'informatique des SIG s'intéressent depuis plusieurs années à la question des *ontologies*. Même si la question de la réelle nouveauté de cette notion est discutée, et cette discussion passablement complexe, il est utile d'en présenter le principe. Les questions d'ontologie correspondent à une approche très générale commune à de nombreuses disciplines connexes de l'informatique. Elles se traduisent par l'adoption d'approches interdisciplinaires, combinant philosophie et linguistique pour analyser une réalité donnée avec un haut niveau de généralité et dans un vocabulaire précis et formalisé (Guarino 1998). L'Ontologie au sens philosophique s'occupe de la nature et de l'organisation de la réalité ou, dans une approche plus épistémologique, de ce qui s'offre *a priori* à la perception, à la connaissance ou au langage humains (Winter 2001). Dans une approche d'ingénierie de la connaissance, une ontologie correspond à la spécification explicite d'une conceptualisation (Gruber). Elle met en évidence, à travers un vocabulaire formel et explicite, ce qui constitue un domaine commun et partagé : classes, relations, fonctions, objets, hiérarchies, catégories avec leurs explications et leurs définitions explicites. Ces approches peuvent paraître (et sont de fait) très abstraites. Mais elles répondent, et c'est ce qui les distingue d'une démarche philosophique, à des objectifs concrets de développement de systèmes informatiques. La construction d'une ontologie permettra à des agents humains et des agents informatiques (programmes, logiciels,...) "œuvrant" dans un même domaine de dialoguer. Dans les SIG, les approches d'ontologie ont conduit à de multiples recherches sur la nature des objets de la géographie, et des réflexions sur les différentes ontologies sur lesquelles peuvent s'appuyer les SIG. Ces ontologies peuvent être liées aux différentes conceptions de l'espace des différentes disciplines. Elles peuvent par exemple conduire à distinguer géographie naïve et géographie savante (Egenhofer et Mark 1995). Dans un contexte moins général, la capacité de deux bases de données à interagir est fondée sur une cohérence au moins partielle au niveau des ontologies qui ont contribué à les produire. Pour prendre un exemple simple, si l'on veut que les quatre SIG décrits plus haut puissent dialoguer, pour peu qu'ils décrivent le même espace, il est évident que leurs ontologies devraient être compatibles, au moins en partie. Les définitions et les propriétés descriptives des objets cours d'eau doivent être suffisamment communes entre les différents systèmes pour que des échanges d'information et des combinaisons soient possibles.

Autant qu'à une modélisation, une base de données répond donc toujours à une conceptualisation de la réalité. Elle renvoie aussi aux catégories de pensée des utilisateurs auxquels elle est destinée. La construction d'une ontologie ne peut en effet se faire qu'en analysant la représentation que se fait un acteur ou un système d'acteurs de la réalité dont il veut rendre compte. Une base de données ne se réfère donc pas directement à des objets réels, mais à l'interprétation de ceux-ci par l'utilisateur final de la base de données. C'est pourquoi les

informaticiens ne prétendent pas rendre compte de la "réalité", mais de «l'univers du discours», qui peut désigner des choses réelles, des objets abstraits ou des événements, pourvu qu'ils fassent partie de l'interprétation des utilisateurs (Tardieu, Rochfeld et al. 1989). Ce point est très important car il remet en cause le réalisme souvent naïf associé aux données informatiques. Notre SIG sur le bassin de la Loire ne représentait pas le bassin de la Loire réel, dans ses dimensions biophysiques ou sociales, il représentait la traduction informatique de l'interprétation que l'équipe de chercheurs s'était donnée pour répondre à la question posée par l'Agence de l'Eau.

Le SIG méthode intégrée de gestion d'information spatiale

Un SIG est cependant plus qu'une simple base de données. C'est clairement une construction technique ad hoc, mise en place pour répondre à une question, apporter une solution à un problème. Cette construction rassemble une base de données et des outils logiciels adaptés pour la gérer. On retrouve là la conception qu'ont les géographes non spécialistes informés, comme l'illustre la citation de J.-J. Bavoux, citée en préambule. La définition du FICCDC-SWG - Federal Coordinating Committee on Digital Cartography - Standards Working Group cité par Denègre et Salgé (1996) définit en 1988 un SIG comme un «*Système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.*». Cette notion, qui limite le SIG à ses aspects techniques, est celle que l'on retrouve chez R. Laurini à l'époque: «*les SIG sont des systèmes de gestion pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.*» (Laurini et Milleret-Rafford 1993). C'est aussi celle du comité scientifique du colloque de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection à Strasbourg en 1990 cité par Quodverte (1994): «*Un S.I.G. est un système informatique permettant à partir de diverses sources de rassembler, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer, de présenter et de transmettre des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.*». Un livre américain d'introduction aux SIG, très diffusé à la même époque, plaçait au même niveau les outils informatiques et l'information qu'ils manipulent: "*les SIG sont des systèmes fondés sur l'utilisation d'ordinateurs pour stocker et manipuler l'information géographique*" (Aronoff 1991). Plus tardivement, Carrière, Molé et al. (1999) choisissent encore volontairement cette définition très fonctionnelle. L'informaticien ou le technicien insistent sur les caractéristiques techniques du système, le responsable du projet SIG met l'accent sur le couple ordinateur-information. Après analyse coût-bénéfice, le constat que les données sont le poste budgétaire le plus important du projet conduit l'économiste à centrer son intérêt sur l'information géographique et même à l'envisager comme le support d'un secteur d'activité à part entière.

Le modèle le plus pertinent est celui présenté dans la Figure 1-3. Le système technique du SIG est organisé autour d'une base de données géographiques, combinant des données spatialisées et des données thématiques. Autour de cette Géobase, s'organisent différents modules logiciels, qui peuvent correspondre à plusieurs logiciels, ou à un assemblage de différents programmes qui permettent d'alimenter et d'interroger la base de données et d'en extraire des données ou documents souhaités. Au-dessus de ces modules, un langage de développement permet d'automatiser les traitements et de réaliser des applications ou de développer de nouveaux modules fonctionnels. Ce modèle proposé par Eastman dès la fin des années 80 (Eastman 1995) décrit toujours de manière satisfaisante l'organisation et les fonctions des systèmes actuels. Par ailleurs, il rend bien compte de systèmes de tailles très différentes : le SIG d'une réserve naturelle gérée par une association ne disposant que d'un permanent et d'un ordinateur personnel, comme le SIG d'une grosse communauté d'agglomération rassemblant plusieurs dizaines d'utilisateurs sur station de travail.

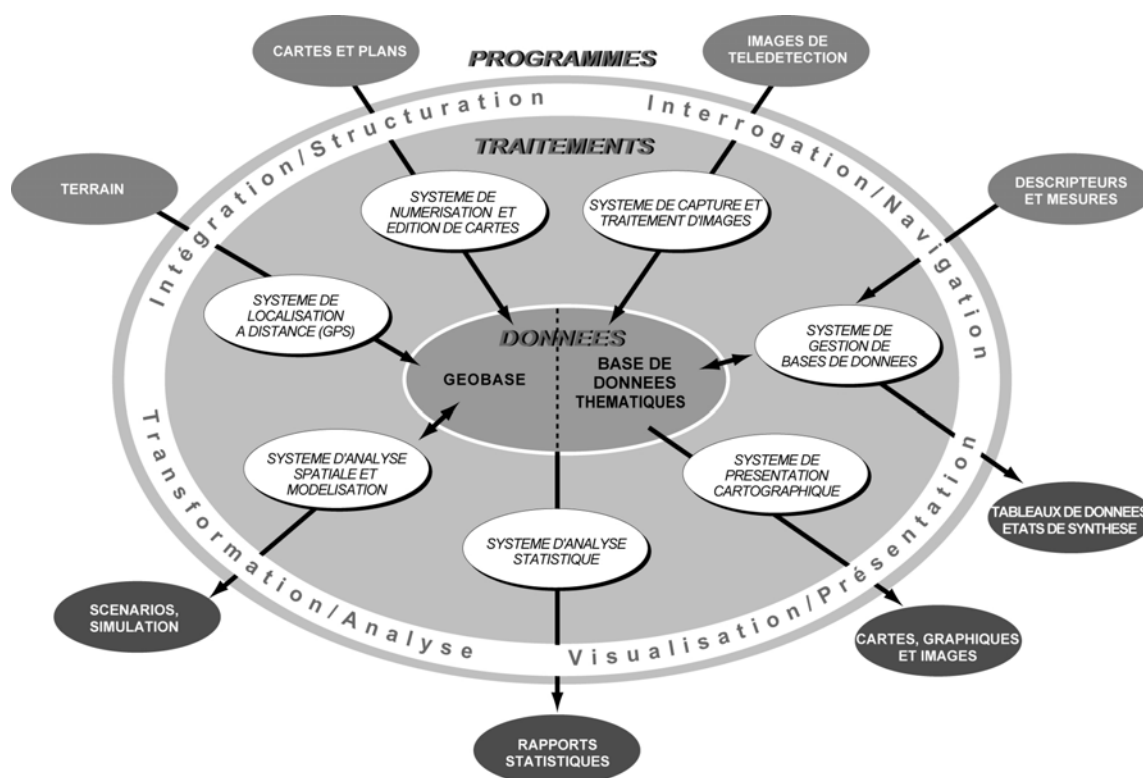


Figure 1-3. Le système technique d'un SIG. D'après Eastman et Thériault, *op. cit.*, modifié

La variété des fonctions des SIG, la complexité de leur mise en œuvre et la nécessité de solutions méthodologiques à portée générale ont conduit assez naturellement certains auteurs à adopter une perspective élargie. Thériault définit ainsi un SIG comme « un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiale utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique » (Thériault 1995). En 1996, nous proposons d'envisager un SIG « comme l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitué pour rendre compte de phénomènes localisés dans un espace spécifique, et faciliter les décisions à prendre sur cet espace » (Joliveau 1996) ((Vol. 2 DOC 8). Dans les deux cas, c'est la composante procédures et méthodes qui devient primordiale. Un SIG n'est plus une simple construction technique, ce n'est plus seulement un système organisé pour gérer de l'information. Cela devient quelque chose de plus général, une construction méthodologique

finalisée et porteuse de sens, constituée pour rendre compte d'un *phénomène* ou d'un *processus* spatialisé. On peut même considérer que l'objectif d'un SIG est moins de décrire un phénomène que de répondre à un problème spatialisé dont la nature peut être variée : scientifique, technique, politique, stratégique, opérationnelle, pédagogique. La nature du problème et le contexte dans lequel il se pose déterminent la forme concrète du SIG ainsi que sa structure. Dans cette conception, les données ne sont plus la finalité ou la composante centrale du SIG. Elles deviennent une ressource parmi d'autres. Le SIG devient l'outil central de prise en compte des phénomènes spatialisés nécessités par le problème.

Cette conception a comme conséquence d'aspirer à l'intérieur du SIG toutes les activités conceptuelles et analytiques liées à la prise en compte des phénomènes spatialisés. C'est bien sûr dans le domaine de la recherche et des activités scientifiques que cette vue est énoncée de la manière la plus claire. L'approche de la formation par la recherche à ARC/INFO de F. Pirot et T. Saint-Gérard est une excellente illustration de cette vue méthodologique (2003). L'objectif d'une formation à un logiciel comme ARC/INFO est d'apprendre à « raisonner spatialement », à « élaborer des méthodologies prenant en compte la composante spatiale comme un objet d'étude en soi ». Le contenu porte sur la modélisation spatiale, la structuration de l'information spatiale et thématique, et l'utilisation de modèles conceptuels. L'objectif est de « démystifier ARC/INFO en vue de se l'approprier pour être autonome ». Si ce logiciel est perçu comme inaccessible, c'est essentiellement pour ceux qui « ne pensent pas en terme de phénoménologie, topologie pour la structuration de l'information spatiale et thématique, en terme de modélisation spatiale propre à une discipline, qui ignorent les deux premiers niveaux de modélisation sur les quatre existants nécessaires à la création du modèle conceptuel de données logique puis physique, et qui ne sont pas des spécialistes de l'analyse spatiale ». On perçoit bien à travers cette citation que les SIG sont conçus comme une méthodologie générale de l'analyse spatiale, valable, moyennant adaptation, à la plupart des contextes.

Le SIG Science de l'Information Géographique

L'aboutissement de cette conception méthodologique culmine dans une approche intégrant toutes les dimensions déjà présentées dans le projet de constitution d'une véritable science de l'information géographique, appelée GIS (*Geographical Information Science*) (Longley, Goodchild et al. 2001), *Geocomputation* (Longley, Brooks et al. 1998) ou, en français, *géomatique*. On peut parler de *géomatique scientifique* si on entend différencier la discipline du secteur économique et de l'activité professionnelle. Il n'est en effet plus question d'un ensemble de méthodes plus ou moins intégré, mais de la création d'une nouvelle discipline, présumée se fonder sur un paradigme émergent différent de celui des sciences classiques, dont fait partie la géographie (Longley, Goodchild et al.). Les géomaticiens anglo-saxons en sont venus à parler à un niveau général de GI (Geographical Information) en distinguant ce qui relève des outils (GISystems), ce qui relève de la discipline scientifique qui aborde les questions fondamentales et théoriques liées à la création, la structuration et l'utilisation de l'information géographique numérique (GIScience) et ce qui relève des études portant sur les usages de l'information géographique (GIStudies). Nous revenons sur cette question dans le Parcours 5, en étudiant en particulier les relations entre cette science de l'information spatiale et la géographie.

2.2. Le SIG comme système d'information d'une organisation

La dimension technique d'un SIG, même dans ses composantes méthodologiques les plus générales, n'épuise pas la réalité des SIG. Au début des années 90 la conception d'un SIG limitée à un système technique articulant un environnement informatique, un corpus méthodologique et une base de données géographiques pour répondre à un problème spécifique est apparue un peu courte. Dans le cadre des travaux du réseau ADOC, qui regroupait les

chercheurs et praticiens intéressés par les SIG, nous avons par exemple été conduits à étudier la manière dont pouvaient se greffer des observatoires urbains, systèmes plutôt légers et synthétiques de suivi des évolutions à moyenne et petite échelle, sur les Bases de Données Urbaines (BDU) existant dans les grandes villes de France, qui constituaient les principales et plus anciennes applications SIG de France. Pour ce faire, il nous fallait élargir le cadre d'analyse. Parler de *bases de données* nous est apparu rapidement comme un abus de langage pour désigner des systèmes qui n'étaient pas ou plus de simples collections de données, et se présentaient plutôt comme « des ensembles complexes et organisés rassemblant certes des données mais aussi des procédures formalisées d'actualisation, des règles de décision, des outils informatiques ainsi que... des individus réels travaillant dans des structures institutionnelles concrètes, ensembles qui sont finalisés selon des objectifs clairement définis » (Joliveau 1991).

La dimension organisationnelle d'un système d'information géographique nous avait semblé déterminante pour comprendre son fonctionnement et son devenir. Suite aux travaux pionniers de Pornon, il est progressivement devenu habituel en France au cours des années 90 d'aborder les aspects organisationnels et institutionnels des SIG et de nouveaux travaux se sont focalisés sur ces aspects. A l'époque le thème était émergent. Dans notre étude sur les BDU, il nous était apparu que c'était le terme de système qui devait être pris au sérieux. Les BDU observées, à Saint-Etienne et à Lyon, avaient une finalité très explicite. Les données collectées, les modes d'organisation de l'information, les outils choisis pour la collecte, le stockage et la restitution de cette information devaient être choisis en fonction des exigences précises d'un domaine d'application et n'étaient donc pas toujours pertinents pour d'autres domaines. Nous avons été conduits à remarquer que si BDU et observatoires urbains pouvaient partager un jeu de données commun, celui-ci était en fin de compte très limité. Le système d'information de l'observatoire urbain différait quasiment sur tous les points des applications de celui de la BDU: objectif général, échelles d'interrogation, types d'objets stockés, types de traitements, périodicités de mise à jour, outils informatiques et même les compétences nécessaires aux agents impliqués. BDU et observatoire urbains apparaissaient comme des systèmes aux rationalités différentes, avec chacun son type d'utilisateur, son type de client (services techniques ou élus), son mode d'interrogation, ses données spécifiques et ses manières de les organiser. La greffe d'un observatoire sur une BDU ou le développement conjoint de l'un et de l'autre devaient fatalement conduire à de multiples problèmes, d'ordre technique, organisationnel, ou institutionnel. C'étaient même les logiques organisationnelles qui semblaient les plus prégnantes. Outils et données ne posaient pas de problème technique insurmontable. En revanche, on risquait des luttes d'influence entre les différents services car les deux systèmes ne dépendaient habituellement pas du même décideur (services municipaux d'une part et agence d'urbanisme de l'autre, par exemple). Il semblait difficile de faire partager un même système à des entités dont les logiques d'intervention, les cultures techniques, les rattachements administratifs, les territoires de référence et les échelles de perception ne concordaient quasiment jamais (Joliveau 1995) (Vol. 2 DOC 5).

Cette extension du concept de SIG s'est trouvée confirmée par notre participation à la création et à l'animation d'un autre réseau, le réseau SIG Centre-Est, devenu ensuite SIGEN (SIG pour les Espaces Naturels), qui a servi de référence pratique pour mettre au point et tester une approche plus conceptuelle des SIG. Ce réseau regroupait des responsables des SIG des parcs naturels régionaux et nationaux du quart Centre-Est de la France (Joliveau et Barge 1998). Financé par l'Atelier Technique des Espaces Naturels (ATEN) et activement animé par Jacques Claudin, ce réseau nous a permis d'être confronté à de multiples problématiques concrètes de mise en place de SIG pour la gestion des espaces naturels et nous a donné de multiples occasions pour tester des idées et des concepts, en particulier lors de l'organisation de la Conférence internationale sur la cartographie pour la gestion des espaces naturels (Joliveau

1997) (Vol. 2 DOC 6). Une réflexion menée en 1994-1995 à partir d'une enquête sur les systèmes d'information environnementaux en Rhône-Alpes dans le cadre du Programme Pluri-annuel en Sciences humaines de la Région Rhône-Alpes nous a conduit à envisager un SIG comme « un système d'information intégrant des données et des logiciels pour les traiter, l'ensemble étant géré en fonction d'un objectif précis par une structure organisationnelle bien définie » (Joliveau, Bessenay et al. 1995).

Envisager un SIG comme un système d'information permettait de développer une réflexion générale et conceptuelle, qui nous semblait riche d'une meilleure compréhension des SIG et permettait aux multiples initiateurs de projets SIG de cette époque de mieux penser leur action. Cheylan (1991) avait déjà remarqué qu'un SIG était un « outil organisationnel et social, produit d'une structure sociale et/ou d'un projet » (p. 80), mais développait peu cet aspect. Du même constat, Rouet (1991b) tirait essentiellement des enseignements méthodologiques : les SIG relevaient des méthodes de conception classique de système d'information, idée d'ailleurs discutée par d'autres (Pornon 1993). En 1994 parut en France un livre écrit par l'équipe chargée de la vente d'un des principaux logiciels SIG qui définissait les SIG en ces termes: "*un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker et mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées.*" (de Blomac, Gal et al. 1994). Il s'agissait en fait de l'adaptation de la définition que Dueker et Kjerne donnaient dès 1989 « *A system of hardware, software, data, people, organizations and institutional arrangements for collecting, storing, analyzing and disseminating information about areas of the earth* » (Un système de matériel, logiciel, données, personnel, organisations et agencements institutionnel, pour collecter, stocker, analyser et diffuser de l'information sur la surface terrestre") (Dueker et Kjerne 1989)¹. Cette dernière est encore plus générale, qui au-delà des hommes, intègre les organisations et les institutions. Bien que datant de 1989, elle ne s'est diffusée dans la communauté francophone que plus tard². Il est alors devenu clair qu'il fallait envisager les SIG, non comme des systèmes techniques voués à gérer de l'information géographique mais comme de véritables systèmes d'information ayant certaines particularités. En 1996, dans un article paru dans un numéro de la Revue de Géographie de Lyon, nous essayions de montrer les conséquences d'une approche qui envisageait les SIG comme des systèmes d'information à part entière (Joliveau 1996) (VOL. 2 DOC 8).

Il existe plusieurs définitions pragmatiques d'un Système d'information³ (Figure 1-4). Celle de Reix (2002) privilégie une approche par ressources : « Le système d'information de l'entreprise est un ensemble organisé de ressources (matériels, logiciels, personnels, données, procédures, etc.) permettant d'acquérir, de traiter, de stocker et de communiquer des informations » (Figure 1-4 a). La question de l'organisation de ces ressources est alors posée. Jean-Michel Volle met au centre le processus de traitement de l'information : « on définit usuellement un système d'information comme l'ensemble des informations formalisables circulant dans l'entreprise et caractérisées par des liens de dépendance, ainsi que des procédures et des moyens nécessaires

¹ Nous n'avons pas pu consulter le texte original de cette définition de référence, abondamment citée dans les papiers et sur le Web, et qui est la référence de base, issue semble-t-il d'une consultation collective d'experts anglo-saxons au moyen de la méthode Delphi (cf. le glossaire en ligne de N. Chrisman à l'adresse <http://faculty.washington.edu/chrisman/~explor/glossary.htm>).

² Pour être complet, Yvon Bédard dans sa maîtrise de 1982 donnait déjà comme définition « un ensemble organisé globalement comprenant des éléments (données, équipements, procédures, ressources humaines) qui se coordonnent, à partir d'une référence spatiale commune, pour concourir à un résultat » (cité par (Pornon 1997). Cette définition est restée peu connue en France au cours des années 80.

³ Il existe une conception plus théorique, même si elle a généré des applications très pratiques. Nous nous y référons dans le troisième parcours.

pour les définir, les rechercher, les formaliser, les conserver, les distribuer"¹. La Figure 1-4 b pourrait illustrer la définition de Volle, qui met l'accent sur la composante *Données*.

Mais il nous semble plus juste de rassembler les composantes Logiciel et Matériel, qui sont d'ordre technique et de ramener la composante Information à une composante du système. Les ressources humaines peuvent être vues comme essentiellement un ensemble de compétences à la disposition du projet. On obtient alors une représentation des SIG assez proche de ce que nous proposons en 1996. Un SIG peut alors se voir comme un système organisé de ressources pour traiter l'information géographique d'une organisation, chacune de ces ressources formant un sous-système disposant d'une logique et d'une cohérence spécifique (Figure 1-4 c).

Penser le SIG comme un Système d'Information, c'est donc articuler trois composantes : une composante *outils techniques* (matériel et logiciel), une composante *compétences humaines* fournies par le personnel et l'organisation, une composante *information* intégrant les données et les métadonnées. Toutes ces composantes sont animées par une quatrième composante, celle des *procédures et méthodes* qui lie et coordonne outils, compétences et données.

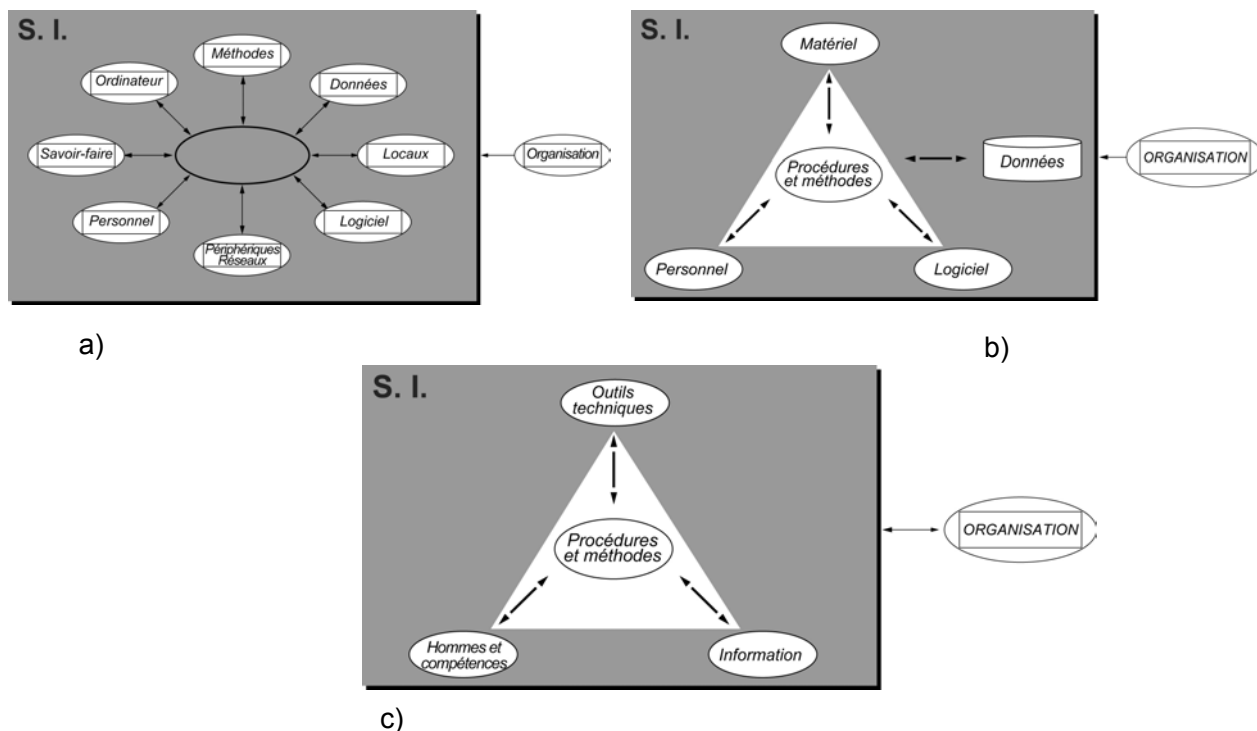


Figure 1-4. Le système d'information a) comme ensemble de ressources (Reix). b) comme ensemble de composantes (Volle). c) (Joliveau)

La composante *Outils techniques* intègre tous les dispositifs techniques nécessités par les besoins du système d'information : il s'agit bien entendu de matériel comme les ordinateurs mais aussi des infrastructures réseaux et périphériques d'entrée ou de sortie (digitaliseurs, traceurs et imprimantes), d'appareillages de mesure sur le terrain (GPS, tachéomètres) ou à distance (station photogrammétrique). Les outils logiciels ne doivent pas être réduits aux seuls logiciels spécialisés de traitement de l'information géographique. Les outils non spécialisés (systèmes d'exploitation et gestion de réseau) font la liaison avec le matériel. Par ailleurs, comme on l'a dit, il est extrêmement rare qu'un SIG ne comprenne qu'un seul outil logiciel. Le

¹ (Volle 2003 <http://www.volle.com/ouvrages/e-conomie/si.htm>).

plus souvent l'équipement logiciel est un ensemble très complexe de logiciels complémentaires (logiciel de saisie de données, SGBD, logiciels de télédétection, plusieurs logiciels de gestion d'information géographiques, outils de dessin, ...). Ces outils peuvent être automatiques ou nécessiter l'intervention d'un opérateur dans l'exécution d'une tâche. Les outils de programmation qui permettent cette automatisation des tâches doivent aussi être pris en compte. La composante *Hommes et compétences* regroupe l'ensemble des savoirs nécessaires au fonctionnement du SIG, de quelque nature qu'ils soient, mais aussi les structures organisationnelles qui les rendent disponibles et actifs. La composante *Information* comprend l'ensemble des descriptifs de la réalité stockés à un moment spécifique dans le système. Il peut s'agir de données brutes, ou élaborées par des traitements plus ou moins sophistiqués ou acquises à l'extérieur, et des métadonnées décrivant ces données. Enfin la composante *Procédures et méthodes* regroupe toutes les règles, méthodes, pratiques qui relient et coordonnent toutes les composantes pour atteindre les objectifs fixés.

Cette discussion n'est pas si formelle qu'elle peut le paraître. En effet chacune de ces composantes est d'une nature très différente et obéit à une logique spécifique de développement qu'il faut prendre en compte. Mais ces composantes sont aussi des ressources en large partie substituables, qu'il convient de gérer de manière intégrée. Des compétences en programmation peuvent dans certaines limites remplacer un outil, ou un outil suppléer en partie le manque d'un savoir-faire humain ; l'acquisition de données peut dispenser d'un logiciel complexe ou réciproquement. Bien qu'autonomes dans la nature de leur fonctionnement, ces composantes sont en interaction permanente. Chacune est un vecteur d'innovation (nouvelles compétences, nouveaux outils techniques et nouvelles données disponibles). Elles constituent aussi des contraintes les unes pour les autres. L'intégration de nouvelles données peut nécessiter une évolution de matériel, de logiciel ou l'apprentissage de nouvelles compétences. Le choix d'un logiciel peut dépendre du matériel existant. Dans le cas de création d'un système, il peut déterminer une configuration informatique particulière. Un choix logiciel peut aussi contraindre à restructurer l'ensemble de la base de données. Une des conséquences directes est l'accent que l'on est conduit à porter sur la dimension organisationnelle d'un SIG. Ce sont les capacités à faire fonctionner en synergie les composantes hétérogènes du système et à les mobiliser pour répondre aux objectifs qui lui sont dévolus qui sont déterminantes dans la réussite des opérations. Il est clair que la plupart des difficultés et des échecs des SIG trouvent leur source dans des manquements organisationnels, plus que dans des erreurs techniques.

Cette conception du SIG comme un système d'information combinant des ressources y compris humaines est devenue dominante dans la littérature au cours des années 90. Il est intéressant néanmoins de constater qu'elle a donné lieu à des interprétations différentes. On le constatera en comparant trois représentations contemporaines des SIG, qui toutes construisent une relation différente entre les compétences (humaines), les outils (technologiques) et l'information (données) (Figure 1-5). La représentation ESRI place une association des composantes outil et information entre la composante humaine et le mode réel. Pour Burrough et Rachael (1998), c'est la composante humaine qui au moyen des outils fait le lien entre la réalité et la base de données. Enfin pour (Chou 1997), c'est la composante information qui relie les composantes Outils et Personnel. Ces différentes manières d'envisager le couplage des ressources du système d'information sont autant de vues ou de schémas mentaux différents des SIG.

Cette approche par le système d'information est bien adaptée à la description d'un « système pérenne, qui soutient l'activité générale d'un organisme et d'une structure (...) » comme nous l'écrivions en 96. Les concepts de système d'information renvoient d'ailleurs toujours à une entreprise ou une organisation de référence. Mais, comme nos quatre SIG présentés plus haut en sont une bonne illustration, il existe de nombreux cas dans lesquels un SIG est constitué non pas

en fonction de l'information produite par une organisation mais pour répondre à une question ayant une dimension spatiale. De plus, l'analyse des cas concrets montre que les SIG développés dans des organisations ne s'intègrent pas aisément au système d'information traditionnel. Ils sont toujours marqués par une spécificité technique, organisationnelle ou informationnelle qui les différencie des systèmes d'information classiques.

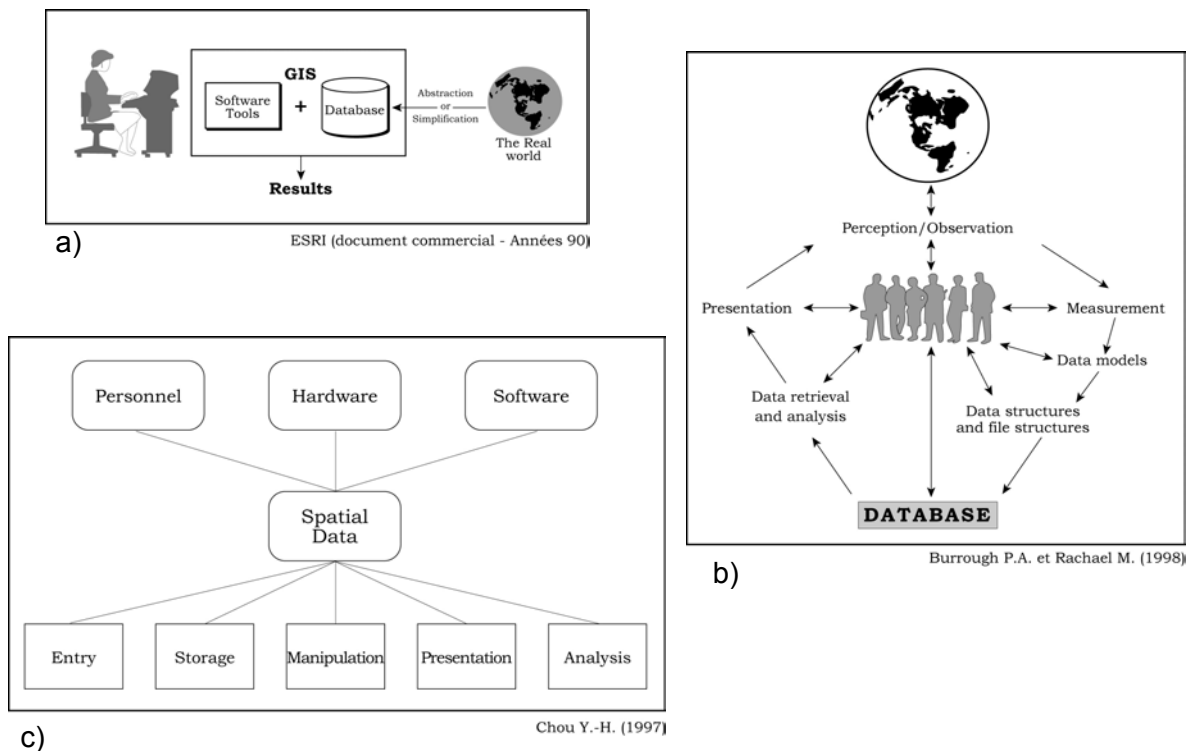


Figure 1-5. Le SIG comme système d'information a) vu par la société ESRI (document commercial – Années 90); b) vu par Burrough P. A. et Rachael M. (1998); c) vu par Chou Y.-H. (1997)

2.3. Le SIG comme construction sociale, culturelle et politique

Au début, les SIG étaient envisagés essentiellement à travers leurs caractéristiques techniques et méthodologiques. Ce n'est que dans un second temps que d'autres dimensions ont été explorées, à travers ce que certains auteurs anglo-saxons appellent comme on l'a vu les *GIS studies*. Comme on le rapporte dans le Parcours 5, la géomatique subit au milieu des années quatre-vingt-dix de violentes attaques de la part de certains géographes, inquiets de l'hégémonie que commençaient à prendre les SIG dans la géographie américaine et britannique (Pickles 1995). Une des premières définitions intégrant une dimension extra-technique et extra-organisationnelle est celle de (Chrisman 1997).

Pour Chrisman, rien n'est moins donné, moins objectif que l'information géographique. Celle-ci est toujours *construite* à l'intérieur de relations institutionnelles, sociales et culturelles. De tout temps, la création de l'information géographique a été autant déterminée par les règles économiques et sociales de la société que par les moyens de production et les techniques de collecte ou d'élaboration disponibles. Bien sûr, les aspects techniques de la cartographie sont importants, qu'il s'agisse d'outils de levés (boussoles, sextants, trigonomètres, niveaux, théodolites,...), de méthodes de mesure ou de rendu (projection, triangulation, courbes de niveau,...) ou de procédés de diffusion des cartes (imprimerie, gravure, lithographie,...). Ainsi,

selon Cuenin (1974), le fait que la gravure sur cuivre, d'abord au burin puis à l'eau-forte, était la seule technique utilisée du XVI^e au XIX^e, peut expliquer que la carte topographique ne soit pas diffusée, contrairement aux cartes géographiques qui étaient imprimées. « Seuls les officiers du plus haut grade disposaient de cartes originales ou de copies manuscrites ». Mais la causalité technique est toujours un peu courte. La non diffusion et le caractère secret des cartes topographiques est demeuré, et demeure, dans certains pays bien après l'invention de procédés d'impression en masse. Le développement de la cartographie est indissociablement et successivement lié aux besoins des navigateurs et des premières compagnies du capitalisme naissant, à la maîtrise du territoire par les États des monarchies absolues, aux expéditions de conquête coloniale puis à l'administration des empires coloniaux. Escolar (1997) met bien en valeur les différences de culture cartographique au XVII^e et XVIII^e siècles dans des pays culturellement et politiquement aussi différents que les Pays-Bas, l'Angleterre ou la France. Les différences nationales très fortes dans l'organisation et le financement de la production et la diffusion des données géographiques de base sont là pour prouver que le contexte économique, social et culturel dans lesquels les SIG se développent les déterminent. Mais cette relation fonctionne dans les deux sens. Le bouleversement technique lié au développement de l'information géographique numérique depuis trente ans s'inscrit dans des contextes socio-économique, culturel et politique qui modèlent nécessairement les formes qu'il prend.

Les SIG sont d'abord relevables d'une analyse économique. De ce point de vue, on peut distinguer *l'information géographique* elle-même qui est un bien public, tarifé ou non selon qu'elle est vendue ou pas, et *les produits d'information* de plus ou moins grande diffusion (cartes, atlas, ...) qui sont des biens privés (Didier 1990). La production de l'information géographique de base et la diffusion de produits cartographiques, numériques ou papiers, sont des actes pleinement économiques, relevant de la puissance publique ou d'opérateurs privés et auxquels sont associés des coûts ou des bénéfices. On pense souvent dans cet ordre d'idées à la mise en œuvre des grandes bases de données géographiques nationales comme celles que constitue en France l'Institut Géographique National (IGN). Mais on oublie l'apparition de produits cartographiques numériques complètement nouveaux, comme les données servant à la navigation automobile assistée, ou l'apparition de services comme les outils de localisation en ligne ou le géoréférencement à distance... Il existe maintenant une économie globale de l'activité géomatique, qui contribue à modérer le développement et l'usage des techniques, à privilégier telle méthode, telle source de données plutôt qu'une autre. La géomatique est devenue une industrie productrice non seulement de données, mais d'instruments (ordinateurs, stations GPS, tachéomètres,...), de logiciels, de service, d'expertise et d'ingénierie. Les contraintes économiques forment certainement le premier cadre structurant d'un SIG. La diffusion des SIG dans les années 90 s'explique autant par la convivialité et la simplicité des logiciels qui apparaissent à l'époque que par le prix devenu abordable des ordinateurs et des programmes. Cette dimension économique a été envisagée très tôt en France à l'initiative du CNIG (Conseil National de l'Information Géographique) et les ouvrages de Didier (1990, op. cit.; Didier et Bouveyron 1993) consacrées à une approche économique globale de l'information géographique ont été parmi les premiers livres publiés sur les SIG. Au niveau micro-économique, la plupart des manuels anglo-saxons consacrent un chapitre, souvent court il est vrai, aux méthodes d'analyse des coûts des projets géomatiques. C'est un peu moins le cas en France, où les approches méthodologiques et techniques dominent les manuels. Par ailleurs on peut se demander si les chercheurs en sciences sociales n'ont pas tendance à sous-estimer l'aspect économique de l'informatique géographique, en insistant sur les approches politiques, sociales ou culturelles, que nous allons aborder maintenant.

Les SIG relèvent clairement aussi d'une analyse politique. L'information géographique est depuis toujours un moyen important du pouvoir politique. C'est vrai au niveau mondial. Pour

paraphraser un ouvrage connu, l'information géographique, ça sert d'abord à faire la guerre. Une bonne part des technologies de la géomatique sont en effet issues du domaine militaire : télédétection, GPS, visualisation en 3D. Dans tous les pays occidentaux, l'armée est un donneur d'ordre très puissant, un client important en bases de données et un pilote de la recherche fondamentale. En France, le groupe industriel d'électronique et de défense Thales est ainsi un acteur important de la géomatique industrielle. Celle-ci est d'ailleurs un enjeu géopolitique de première grandeur. On le constate quand les pays européens programment de lancer Galileo, leur propre système GPS afin de devenir indépendants du système américain. Mais cela se traduit à tous les niveaux : dans les politiques de soutien à la recherche, les normes de format de données, les politiques de tarification des données publiques. Cette dimension politique fonctionne aussi à toutes les échelles. Le caractère trans-sectoriel de l'information spatialisée en fait un outil stratégique de leadership sur un territoire ou dans une organisation. Parmi les systématiques réticences et difficultés des opérateurs de la géomatique à ne pas partager leurs données, les raisons diverses (confidentialité, droits intellectuels, réutilisation abusive, distorsion de concurrence) sont toutes légitimes prises une par une, mais cachent mal dans de nombreux cas la volonté de défendre des prérogatives ou d'étendre un champ d'action. Les SIG se sont positionnés très tôt dans le domaine de l'aide à la décision et donc dans la sphère du politique, avec souvent des assertions relativement naïves sur le caractère de cette décision. Le rôle confié aux SIG a été très tôt d'explicitier, de rationaliser et d'optimiser les décisions, avec une théorie de la décision sous-jacente fondée sur la rationalité de l'acteur et sur l'idée que meilleure est l'information, meilleure sera la décision. La diffusion des SIG dans différents organismes et leur utilisation aux Etats-Unis par des groupes mettant en cause des projets officiels (Chrisman, *op.cit.* p. 269), (Monmonier 1994) ont conduit à raffiner le modèle de la décision et surtout à proposer des méthodologies permettant de faire collaborer différents partenaires à une décision commune et d'associer le public ou les parties prenantes de la décision à l'élaboration. C'est toute la réflexion sur les Public Participation GIS (SIG pour la participation publique) durant les années quatre-vingt-dix (voir le Parcours 4).

De la dimension politique, on glisse insensiblement à la dimension sociale et culturelle des SIG. On pourrait poser la question ainsi : les innovations méthodologiques et technologiques de la géomatique contribuent-elles à changer de manière significative les valeurs, les représentations, les pratiques d'une société ? Réciproquement les évolutions de celles-ci jouent-elles un rôle dans l'invention et la mise en œuvre de la géomatique ? Encore une fois, il faut distinguer plusieurs niveaux de réponse. Au niveau le plus général des grandes valeurs d'une société, Chrisman constate que l'efficacité a longtemps été le seul critère pris en compte par la communauté de chercheurs organisée autour des SIG. Traiter plus de données, plus vite, avec plus de précision et plus de choix de méthodes a été (et reste) le moteur de l'innovation technologique. Or d'autres valeurs fondamentales interfèrent avec l'information géographique. Le droit de circuler librement s'accompagne de celui de se repérer sur le territoire ; le droit de propriété est lié à celui de visualiser les limites de son bien foncier (Didier, *op.cit.* p. 60). Mais d'autres valeurs se sont affirmées au fur et à mesure que se diffusaient les technologies de l'information et de la communication. Chrisman cite par exemple l'équité dans les affaires publiques, valeur qui lui semble devoir présider à l'usage de l'information géographique. L'égalité dans l'accès à l'information géographique, quel que soit le groupe social ou les compétences, apparaît aussi comme un impératif des acteurs de la géomatique. De manière analogue, la publicité des traitements géographiques qui conduisent à une décision devient une nécessité, sous peine de recours contentieux. Ces nouvelles valeurs, associées à l'information en général, mais qui ont un impact direct dans le domaine de l'information géographique se traduisent juridiquement. Pour prendre un seul exemple, la convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en

matière d'environnement signée à Aarhus (Danemark), le 25 juin 1998 et ratifiée en 2003 par le Parlement français aura des conséquences sur l'accès à l'information géographique. La montée en puissance de thèmes comme le développement durable conduit aussi à promouvoir des SIG moins sectoriels et plus horizontaux. Des évolutions plus sociétales ont aussi une importance. Le développement des outils nomades de communication, comme le téléphone portable ou le GPS, effet ou cause de nouvelles pratiques professionnelles ou sociales, conduisent au stockage d'information géographique d'un type nouveau touchant les localisations individuelles. Il en va de même pour les croisements des bases de données individuelles, rendus possibles par les outils modernes. Dans le cas de la France, le respect de la vie privée dans le traitement de l'information numérique est une obligation légale. Mais la sensibilité aux questions de sécurité dans la population et la mobilisation des États dans la lutte anti-terroriste sont autant de signes qui laissent penser une possible généralisation de l'utilisation des SIG dans la surveillance sociale, thème qui a beaucoup mobilisé les géographes critiques américains, en particulier Curry (1996).

Il est vraisemblable que le développement des SIG transforme le cadre des interactions professionnelles des organismes utilisant l'information géographique. Les séparations traditionnelles entre services ou spécialistes aux fonctions et compétences distinctes peuvent être brouillées par la nouvelle "continuité numérique" des traitements d'information. La diffusion d'une information spatiale dans les services peut conduire à des approches plus intégrées et à bouleverser les lignes et structures hiérarchiques traditionnelles (Chrisman 1994). Nous avons observé dans les Parcs naturels régionaux que les difficultés que rencontraient les équipes SIG étaient largement dues à la nécessaire réorganisation des services. Leur mise en œuvre nécessitait une transversalité qui existait peu dans le fonctionnement de la structure. L'étude que S. Roche a menée dans des collectivités locales québécoises et françaises en 1996 a montré que, malgré le niveau encore faible de la diffusion de la géomatique, ces outils occasionnent une forte réorganisation des services et des modes de travail avec deux impacts principaux : une diffusion importante de la représentation cartographique et un temps plus grand dégagé pour la réflexion et la scénarisation des actions (Roche 1997). Mais l'impact variait en fonction de la taille de la collectivité et surtout de culture de la gestion locale (Roche 1998). Les mêmes outils, mis en œuvre dans des contextes organisationnels, sociaux et culturels différents, donneront lieu à une construction différente. Dans sa thèse, H. Pornon analyse bien comment les caractéristiques du système d'action dans lequel s'insère un projet SIG sont déterminantes (Pornon 1997).

Pour terminer sur ce thème, sans nier l'importance des contextes économiques, sociaux et culturels des SIG, peut-on envisager un SIG comme une *construction* sociale à proprement parler ? Pour illustrer cette idée, nous partirons d'un exemple très simple. En mars 2004, un spécialiste SIG d'une collectivité locale poste sur une liste professionnelle de la géomatique¹ un message qui donne lieu à plusieurs réponses, à une contre-réponse et à une contre-contre-réponse (voir encadré 1).

¹ <http://geomatique.georezo.net>. Nous avons simplement corrigé les coquilles et raccourci un passage.

Message : « Nous réfléchissons à acquérir une orthophotographie pour 2004 - 2005. Pour présenter un dossier "convaincant" aux élus (en plus des arguments classiques autour de l'utilité technique du produit), je serai intéressé par toute personne qui aurait fait l'expérience de l'amortissement éventuel d'un tel équipement :

- vente aux particuliers d'extraits

- vente aux professionnels : géomètres, archi, bureaux d'études, autres administrations ...

- mise en place de contrôles fiscaux : piscines, Velux, travaux d'aménagements ... (dans les limites de la loi évidemment ;-)) »

Réponse 1 : «Franco-franchoillardise... Comment convaincre les élus d'acquérir une orthophoto pour un projet que j'aime bien : vous pourrez faire des contrôles fiscaux. Eh bien, messieurs de la géomatique : chapeaux bas, quelle belle discipline que celle là».

Réponse 2 : «Le meilleur amortissement est probablement qu'un grand nombre d'utilisateurs aient accès à ces images. A ***, nous avons des idées sur le sujet ! »

Réponse 3 : « Personnellement, j'ai toujours eu tendance à considérer les photos aériennes comme des outils de communication. On peut les utiliser pour faire de belles cartes, de beaux sites WEB, brefs pour des illustrations convaincantes. Il me paraît illusoire d'en espérer un usage technique. Déjà parce que le temps de les obtenir le territoire a souvent beaucoup changé. D'autre part, elles ont été prises à des moments qui ne nous intéressent pas forcément pour l'étude qu'on souhaite faire à un instant T [...] Dès lors la question change : Comment alors évaluer le retour sur investissement sur un outil de communication ? [...] »

Réponse 4 : « Encore un peu d'imagination que diable ! Avec des toitures transparentes (obligatoires) on pourrait aussi compter les habitants et éviter les frais d'un recensement. On pourrait même prévoir le taux de natalité »

Réponse aux réponses : « Juste une petite précision quant à 2 ou 3 réponses que j'ai reçues concernant l'idée éventuelle de contrôle fiscal depuis une orthophotographie. Je ne parle bien sûr pas là du point de vue de la légalité (chose que l'on doit encore étudier) mais sur le principe ! J'aimerais faire le rêve suivant. Plus personne ne paye d'impôts, la TVA a disparu, les entreprises n'ont plus de charges sociales à payer, la redevance télé n'existe plus ... Car bien évidemment nous n'aurions plus besoin d'hôpitaux car on ne serait jamais malade, on n'aurait pas besoin de force de l'ordre car tout le monde serait de gentils citoyens, on n'aurait plus besoin d'écoles car on serait tous intelligents (quoique là j'ai un doute ...) et bien sur nous n'aurions plus besoin de routes car nous nous téléporterions tous instantanément là où l'on veut (ça c'est écologique et ça fait des économies on devrait le proposer à nos élus) ... Seulement voilà, j'ai beau faire ce rêve tous les soirs, mais quand je me lève je dois encore prendre ma voiture qui roule sur des routes (désolé) pour amener mon fils à l'école, et quand je suis malade je trouve pratique de pouvoir aller dans un hôpital !

Alors je pose la question suivante. Puisqu'il faut financer ces équipements, et puisque l'un des moyens actuels pour le faire est l'imposition (on pourrait essayer le don, mais j'ai un doute sur la générosité de certains), dont les impôts locaux, est-il équitable que 2 citoyens différents payent une prestation différente car l'un d'entre eux "triche" ? Est-il équitable que Mr Dupont qui a une piscine comme Mr Durant, paye plus d'impôt car il a été honnête ? D'autant plus que les impôts qui ne sont pas payés par Mr Durant doivent l'être par le reste de la collectivité (cf. le mode de calcul des impôts locaux). Donc ce brave Mr Dupont paye ses impôts sur sa piscine mais aussi indirectement pour celle de son voisin Mr Durand. Cette explication est simplifiée, mais si certains démocrates qui sont contre l'équité face à l'imposition veulent des explications plus détaillées (mode de calcul des taxes locales, les coûts générés à la collectivité par les propriétaires d'une piscine privée ...), je suis à votre disposition, Messieurs. »

Réponse à la réponse aux réponses : « Pour répondre à ce "je suis à votre disposition". Si (et seulement si) le contrôle des orthophotos était donné à des personnes qui ne sont pas partie-prenantes, et d'aucune manière, alors peut-être je pourrais vous suivre. Mais vous ne m'enlèverez pas de l'idée que dans la grande majorité des cas, on va fondre sur le pauvre monsieur Durand pour son velux, et on va laisser de côté la piscine de monsieur l'adjoint ou celle de monsieur le conseiller, ou monsieur le député. C'est le premier point. Deuxième point : Je ne pensais pas que cela relevait du travail du géomaticien de veiller à l'égalité de l'homme devant l'impôt (je le voyais plus dans le rôle d'un savant qui apprivoise la géographie.) Le mélange des tâches est toujours préjudiciable. Et je trouve un peu limite le fait de justifier son travail par une délation (quand bien même les faits seraient délictueux). Vous devez trouver votre projet d'une rentabilité objective plus que douteuse pour chercher des arguments extérieurs à celui-ci pour le justifier. Si il était "bien" pour la communauté (et donc que les impôts de la piscine de monsieur Durand servent à quelque chose d'utile autre que de chercher à faire payer monsieur Dupont), il ne faudrait pas chercher de "justificatif convaincant". Le mieux pour en juger est justement de demander à monsieur Durand s'il approuve l'utilisation que vous faites de ses impôts (provenant de sa piscine). Le troisième point est d'une portée tout autre. Je n'approuve pas le "Diviser pour mieux régner". Comment un citoyen peut-il prôner l'égalité en cherchant à diviser : ceux qui n'ont pas triché contre ceux qui ont triché ? Oui tout le monde est censé être égal devant l'impôt. Oui tout le monde est censé être égal devant la loi. Mais dans la pratique cela n'est pas. Vous voulez continuer à accroître cette inégalité entre ceux qui ont les moyens (de s'offrir une orthophoto pour 'vérifier' (dans les limites de la loi évidemment, mais TOUTE la loi ? et RIEN que la loi ?) et ceux qui n'ont pas les moyens (de vérifier comment est dépensé leur impôt par exemple, de comprendre les attributions ou refus de permis de construire, les changements de zones dans les POS). Moi aussi je fais un rêve : que ceux qui font des métiers comme le vôtre servent aussi (sinon plus) à montrer certaines incohérences des administrations qu'ils servent : cartes évolutives sur les changements de POS et acquisitions nouvelles, cartes des zones à risques avec localisation des permis de construire délivrés etc...). Je pense que vous faites un beau métier, ne le ternissez pas avec des arrières pensées (même si cela part de ce bon sentiment d'égalité) à la Aldous Huxley.

Encadré 1-1. Extrait du dialogue sur la liste Géorézo des 1er 2 mars 2004 à propos de l'amortissement d'orthophotographies

Nous avons choisi de rendre compte *in extenso* de cet échange, car il illustre parfaitement comment se greffent des considérations empruntant aux registres les plus divers sur le problème *a priori* technique et prosaïque de l'intégration d'une orthophotographie numérique dans une base de données géographiques :

- Registre technique. Les discussions purement techniques (formats de fichier, fonctionnement de logiciel, ...) sont absentes de cet échange précis, mais elles sont nombreuses sur la liste. Le commentaire technique avancé dans les messages est d'ordre plus conceptuel. Il vise à mettre en doute l'intérêt du jeu de données à cause des limites intrinsèques de l'information produite.
- Registre organisationnel. La recherche d'un justificatif extérieur au projet lui-même est vue comme le signe de la fragilité de ce projet.
- Registre économique. C'est celui de la question posée. La réponse est d'ordre plus général et pointe la difficulté d'évaluer économiquement les produits de communication, ce qui rend tout calcul d'amortissement sujet à caution.
- Registre culturel. Pour le premier contradicteur, le projet est bien le signe d'une culture française de la gestion, fondée selon lui, si on comprend bien, plus sur la débrouillardise et le bricolage que sur la rigueur et le professionnalisme. La légitimité de la délation des délits peut être considérée comme une question autant culturelle qu'éthique.
- Registre politique. Une question politique générale est posée sur la place du géomaticien dans la société. Doit-il être du côté des puissants et des riches, aider le pouvoir même quand il est injuste ou doit-il contribuer à dénoncer ses abus, ses manquements et ses secrets ? Le montage de l'action, critiqué du point de vue de l'éthique pour son caractère trompeur, l'est aussi au niveau politique car il met en cause le droit du citoyen à être informé.
- Registre social : Les critiques dénoncent la volonté de contrôle social et le fantasme d'une société transparente qui sont sous-jacents à l'action envisagée, et même à la géomatique dans son ensemble. La défense justifie le principe du contrôle au nom de l'équité. Se pose aussi la question de l'accès le plus large du public aux données, seul critère qui pourrait lui donner légitimité.

Comment exprimer mieux que par ce simple échange de courriels les enjeux politiques, économiques, sociaux, culturels et éthiques qui sous-tendent la construction d'un SIG ? A travers les nombreuses micro-décisions prises dans de multiples réunions techniques ou budgétaires à différents niveaux se constitue un descriptif généralisé et précis du territoire qui est une construction sociale à part entière.

Pour Chrisman, un SIG doit donc s'envisager comme l'articulation de plusieurs cadres (*frameworks*) conceptuels qui sont autant de niveaux de cohérence et de contraintes spécifiques du système (Figure 1-6).

Les deux cadres centraux prennent en charge la mesure des processus et des phénomènes géographiques et la représentation de ces mesures, habituellement sous la forme de bases de données informatiques, pour mettre l'accent sur les thèmes, entités et relations spatiales. Les deux cadres situés au niveau directement supérieur correspondent aux opérations analytiques des SIG. Il s'agit des opérations effectuées sur ces représentations pour produire d'autres mesures et découvrir d'autres relations en combinant différentes sources. Les deux cadres les plus extérieurs sont situés hors du domaine proprement technique des SIG. Ils correspondent à

des contextes plus larges, institutionnel, culturel et social, dans lesquels baigne l'élaboration du SIG et qui déterminent ses objectifs mais qu'en retour, le SIG peut influencer¹.

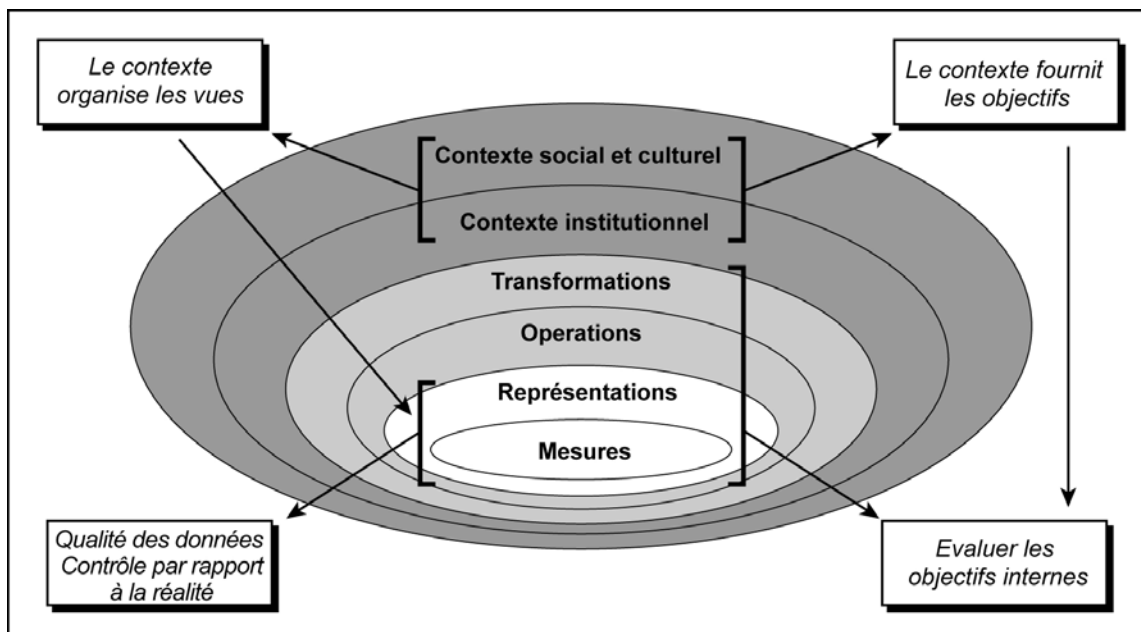


Figure 1-6. Le cadre conceptuel des SIG selon Chrisman (1997)

Ces trois conceptions et les différentes vues techniques que nous venons de décrire ont leur pertinence. Chacune correspond au regard d'un acteur d'un projet SIG. Les SIG élaborés dans un contexte scientifique ou à dominante analytique relèvent plus d'une vue de type *méthode intégrée* de gestion d'information spatialisée. Les vues de type *système d'information d'une organisation* sont dominantes dans les projets de SIG pérennes répondant aux processus de gestion routinière d'un organisme spécifique. Dans ce type de projet, la conception *système d'information* caractérise le responsable du projet ou le directeur général du service. Les objectifs du projet une fois fixés, il faut élaborer les méthodes, modèles et processus de traitement d'information nécessaires pour y répondre. Plusieurs stratégies sont possibles. Les modèles de données à construire dépendent des moyens matériels et logiciels, des compétences disponibles et du budget alloué. En retour les moyens envisagés peuvent contraindre à réduire l'ampleur de la question posée. Pour le responsable du projet SIG, la vue la plus courante est celle du SIG comme d'une *construction technique finalisée*. Un certain nombre de composantes ont été figées : le budget et les structures sont déterminées, et les composantes techniques sont fixées aussi, au moins à court terme. Il est donc confronté à l'élaboration d'une méthodologie, lui permettant d'obtenir des résultats. Il conserve une latitude pour structurer et organiser ses

¹ Ce paragraphe est une paraphrase de la définition originale de Chrisman: "The organized activity by which people – measure aspects of geographic phenomena and processes; – represent these measurements, usually in the form of a computer database, to emphasize spatial themes, entities, and relationships; – operate upon these representations to produce more measurements and to discover new relationships by integrating disparate sources; and – transform these representations to conform to other frameworks of entities and relationships. These activities reflect the larger context (institutions and cultures) in which these people carry out their work. In turn, the GIS may influence these structures." (Chrisman 1997), op.cit.

données et chaîner ses traitements en fonction de ses dispositifs techniques. L'utilisateur SIG voit le SIG essentiellement comme *une base de données géographique*, ou même *un logiciel*. Pour lui, le SIG c'est Arcview ou Mapinfo. Un simple utilisateur n'a même plus de vue du SIG à proprement parler. Il a accès à une application qui lui fournit les résultats qu'il attend. A chaque vue correspond donc une perspective structurelle différente. Toutes sont légitimes. Ce qui pose problème est quand un acteur se trompe de vue. Quand quelqu'un en situation de décision stratégique perçoit un SIG comme un logiciel par exemple ; ou bien quand un utilisateur se trouve, sans changer de perception, en position de prendre des décisions au niveau du système d'information.

3. Comment met-on en œuvre un SIG ?

La troisième perspective de définition d'un SIG, celle qui s'intéresse aux procédures et à l'organisation dans le temps des étapes d'un SIG, va nous conduire à préciser les types de traitement que recouvre cette gestion d'information.

3.1. Quel paradigme ?

A la vue statique de la composition structurelle des composants on substitue une vue dynamique dans laquelle le SIG devient un processeur, un système qui à partir d'un input produit un résultat. Il existe de nombreuses représentations des grandes étapes par lesquelles passe le fonctionnement d'un SIG. La Figure 1-7 en présente deux, intéressantes par leurs points communs et leur dissemblance.

La première, proposée par Nyerges, *op.cit.*, est la plus simple et générale. Elle comporte quatre étapes, placées entre des objectifs et un produit, chaque étape bouclant sur la précédente. Elle correspond à une vue prosaïque très proche d'une vision du SIG comme structure technique. Le problème posé est un problème de traitement de données spatiales. Une fois déterminés les objectifs et le problème, il s'agit d'entrer dans le système les données nécessaires, de les traiter et de produire un résultat. Le schéma de (Ott et Swiaczny 2001) est à la fois plus conceptuel et plus détaillé (6 étapes). Première différence : il intègre dans l'étape de problématisation originelle la définition des objectifs, qui ne sont pas donnés a priori mais construits. Le passage de la définition du problème à l'entrée des données, qui se fait en une étape est à la fois beaucoup plus séquencé et plus abstrait. Avant de saisir les données, il faut selon les auteurs disposer d'une modélisation du monde réel, qui renvoie aux questions d'ontologie et de représentation du monde dont nous parlions plus haut. Il faut aussi construire une structure de base de données adaptée aux objectifs. En revanche, les étapes aval sont aussi rapides que chez Nyerges : traitements (analyse et modélisation) puis sortie (présentation et visualisation).

Il existe dans la littérature des SIG de nombreux découpages séquentiels de ce type, qui partagent tous peu ou prou une même structure générale, celle de Nyerges, mais différent dans le niveau de détail, d'abstraction, dans le nombre d'étapes ou dans la définition de ces étapes. On peut faire l'hypothèse que ces différences sont autant de variations autour d'un paradigme, défini comme le schéma général des problèmes et méthodes des SIG (Thériault 1995).

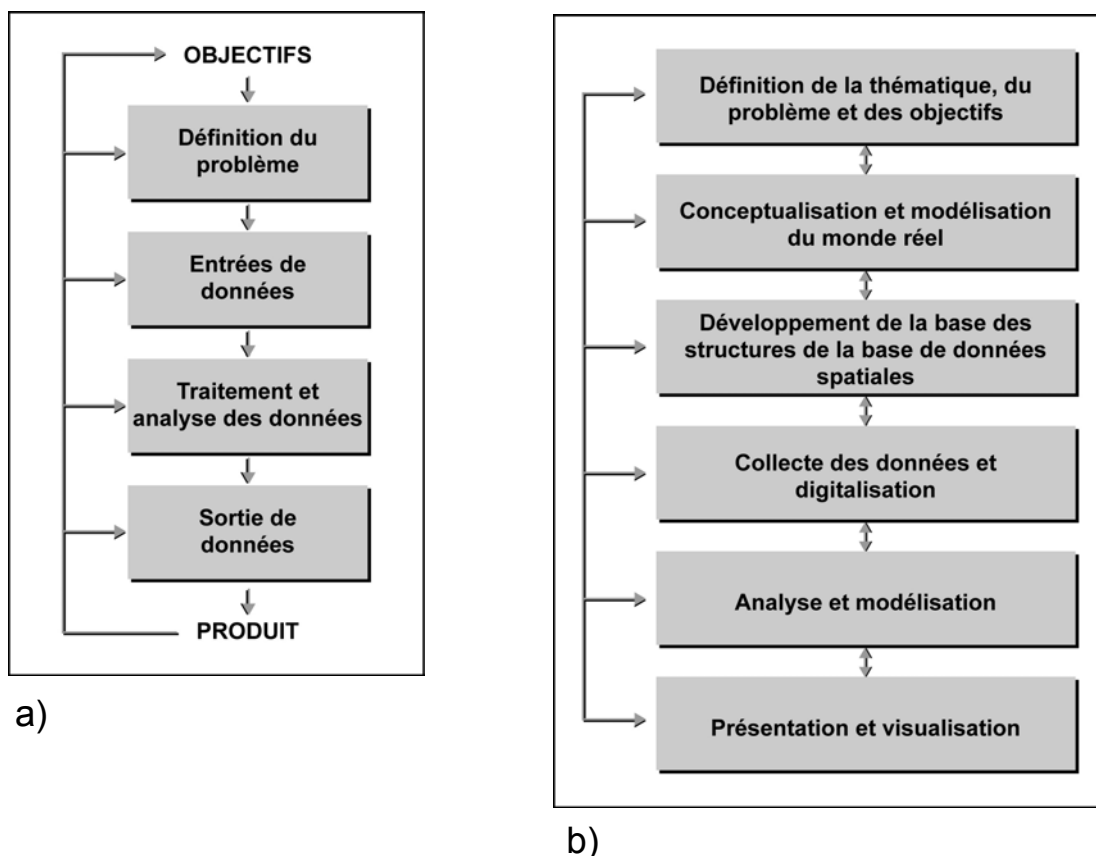


Figure 1-7. Exemples de 2 vues procédurales d'un SIG. a) selon Nyerges (1993) ; b) selon Ott T. et Swiaczny F. (2001)

Pour Thériault, ce paradigme des SIG peut être résumé par un schéma de type procédural (Figure 1-8). Un SIG sert fondamentalement à construire une version informatisée des différents modèles de la réalité produits par les différentes disciplines techniques et scientifiques pour organiser la connaissance du monde réel : «Le but ultime de ces systèmes consiste à prendre en charge la réalisation des traitements requis pour transformer les données initiales afin de produire une information significative et faciliter la prise de décision ». Un SIG transforme des données en information, au moyen de traitements (intégration, sélection, analyse, synthèse, comparaison, évaluation). Le schéma de Thériault, qui ne se contente pas d'énumérer des étapes mais alterne types d'opérations et types de résultat est plus efficace. A juste titre, il place à l'interface du SIG et de la réalité les procédures d'observation et de mesure, dont nous avons vu qu'elles étaient fondamentales et ne pouvaient se résumer à des questions de saisie ou d'organisation de données. Il place aussi les procédures de communication à l'interface du SIG et de la sphère de décision, ce qui est beaucoup plus réaliste. La mise au point des documents finaux ne se fait pas à l'intérieur du SIG, mais en liaison avec les utilisateurs finaux.

Il laisse cependant en suspens un certain nombre de problèmes. D'abord, il n'intègre pas de boucles de rétroactions à chaque étape, qui s'imposent pourtant et sont présentes dans autres schémas. Mais surtout, aucune procédure du SIG ne prend en compte la définition des objectifs ou du problème. Pour Thériault, le SIG ne prend en charge que la réalisation des traitements. Le travail de conceptualisation des relations et de compréhension des phénomènes reste l'apanage du scientifique et la prise de décision celle du décideur. Or cette césure franche nous semble souvent difficile à tenir. La conceptualisation de la réalité et des phénomènes ne peut se faire indépendamment des traitements de données. Il n'y a pas une modélisation du réel réalisée par le scientifique ou le thématicien et appliquée ensuite dans le SIG. Les deux se font de pair et les modes de représentation ou de modélisation du réel choisis le sont en fonction aussi des

observations et données disponibles et des moyens de traitement susceptibles d'être employés. Comme le précisent Ott et al. dans leur texte, cette conceptualisation est caractérisée par un « pragmatisme subjectif », qui diffère en fonction des personnes et des situations. Les modèles ou représentations du scientifique et du technicien sont passés au crible des contraintes des traitements de l'information¹. Cela ne veut pas dire que les modèles de la réalité seront construits uniquement en fonction des données et moyens de traitement disponibles, même si le risque de ce type de dérive existe. Cela signifie que ces modèles ne peuvent dans la pratique échapper complètement à des contraintes d'information. La définition du problème et des objectifs et la conceptualisation de la réalité se réalisent conjointement par le scientifique et le géomaticien et sont partie intégrante des procédures SIG. Il en va de même pour la décision. Si elle reste l'apanage du décideur, sa formalisation se fait dans le même temps que le problème est conceptualisé. On peut donc envisager qu'une part de la décision soit déjà intégrée dans les traitements d'information. Il nous semble donc réaliste de conserver une procédure du SIG qui correspond à la définition et à la conceptualisation du problème posé et des formes de l'alternative attendue en réponse. Mais il n'est pas si aisé dans la pratique d'isoler les traitements de données de la conceptualisation du problème et des solutions, même si cette distinction est garante de la validité des résultats.

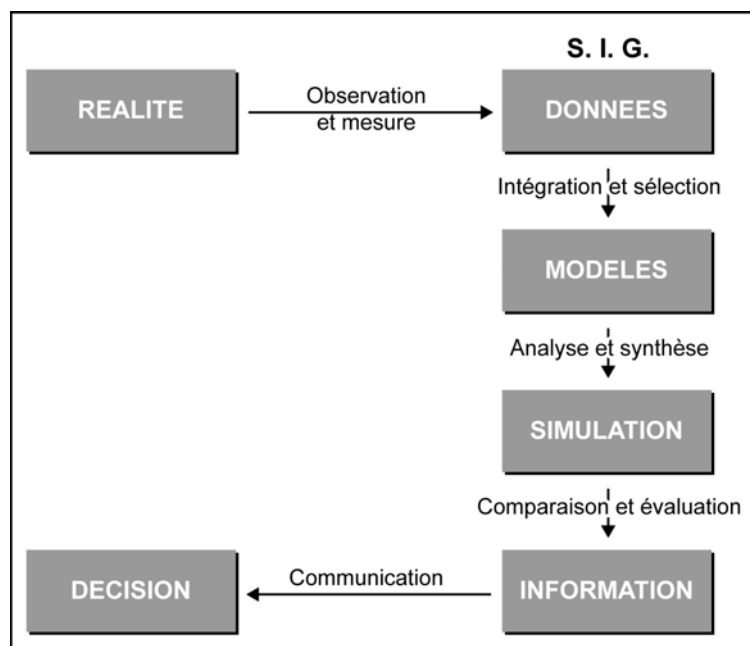


Figure 1-8. Le paradigme des SIG. Source : Thériault (1995)

Pour illustrer cette idée, on peut revenir sur le rapport final de recherche portant sur l'analyse écosystémique du bassin de la Loire (Bethemont, Degorce et al. 1993). Celui-ci juxtapose deux modèles conceptuels de fonctionnement à 4 pages d'intervalle. Le premier est fourni par les biologistes. Il s'agit d'un modèle des milieux naturels d'eaux courantes, fondé sur l'hypothèse qu'il existe 4 compartiments de contrôle "externes" (écorégion, régime hydrologique, morphologie et végétation rivulaire) qu'il est possible de spatialiser pour obtenir des "hydroécorégions" homogènes. Le second est un modèle des interactions, essayant d'isoler les composantes explicatives (Sanders et Durand-Dastès 1985) du système de gestion du bassin à

¹ D'autant plus, que très souvent que le SIG n'est pas construit sur une table rase. Il s'appuie sur un système organisationnel et informationnel préexistant. Certaines des composantes techniques, informationnelles et humaines sont déjà en place et influent sur la construction du problème et les choix dans la conceptualisation de la réalité.

étudier. Il se structure autour de 4 critères de gestion : les conflits sur la ressource quantitative, les impacts liés à un système de potentiel naturel/pression anthropique, les contraintes économiques et le risque naturel. Ces critères servent à piloter la construction du système d'information, par la recherche d'indicateurs pertinents et des données nécessaires pour construire ces indicateurs. La non fusion des deux modèles illustre bien le caractère discuté – et en fin de compte non tranché dans le cadre de ce projet – du modèle de fonctionnement global de la réalité dont le système d'information devait rendre compte. Cela s'explique dans ce cas d'espèce par des discordances d'avis sur les traitements d'information à effectuer entre des chercheurs relevant d'obédiences disciplinaires différentes, la biologie et la géographie. Une fois les différentes couches d'informations constituées, il est apparu que les biologistes arguaient de la coïncidence entre certaines limites des hydroécotones et certains phénomènes anthropiques (densité de population, systèmes agricoles, structure d'occupation du sol) pour étendre le contrôle des compartiments naturels aux systèmes anthropiques et calquer les unités de gestion sur les régions naturelles. Ce déterminisme était refusé par les géographes, qui proposaient un découpage en unités de gestion combinant paramètres écosystémiques et anthropiques en fonction de clés de hiérarchie spatialement différenciées selon les critères de gestion. Le compromis s'est fait sur une délimitation de régions de gestion sur des bases uniquement naturelles, accompagnée d'un relevé des problèmes de gestion de chaque région mettant en évidence des variations internes à chacune de celles-ci. L'Agence de l'Eau a finalement procédé à un découpage complètement différent, sur des bases essentiellement politico-administratives. Cela illustre a contrario la nécessité de conceptualiser le problème spatial posé au SIG à l'interface de la problématique scientifique et technique et du dispositif de traitement de l'information. Par ailleurs, comme c'était le cas pour le projet en question, les connaissances que les chercheurs ont des phénomènes en cause sont liées à l'expérience, à l'intuition et ne peuvent être aisément transformées en traitements d'information, mais participent à la formalisation du problème et des termes de la décision. Ce savoir intuitif doit être intégré à la conception du système d'information préparant la décision¹.

Une deuxième limite de ce paradigme est le caractère ambigu des étapes de *modèles* et de *simulation*, qui sont présentées comme nécessaires pour passer des données à l'information. Entend-on par là des modèles mathématiques et physiques ou peut-on penser des modèles moins formalisés et plus intuitifs, liés à des connaissances ou des concepts extérieurs, permettant d'interpréter les données ? De nombreux SIG actuels ne sont utilisés que pour des interrogations et des visualisations, sans modélisation ni simulation au sens formaliste du terme et servent en l'état à produire de l'information pour le décideur. Le SIG du Bassin de la Loire qui nous a servi d'introduction n'a qu'une faible dimension modélisation mais il a constitué un réel appui à l'analyse et à la décision. Il est donc nécessaire de mieux spécifier le processus qui transforme les données en information.

¹ Dans le cas précis de cette étude, il y avait trois niveaux d'information à combiner : les données stockées dans le système d'information, les cartes papier issues de ce système et la remarquable connaissance intuitive et intellectuelle du bassin de J. Bethemont. Pour faire interagir ces trois types d'information, il aurait fallu que les spécialistes (et J. Bethemont) aient accès directement aux données du SIG pour raisonner, car les cartes ne suffisaient pas. C'est à cela qu'aurait dû servir l'*Analyste géographique* que nous avons mis en place (Joliveau et Degorce 1992). Mais les outils de l'époque étaient difficilement accessibles à des "profanes". Le système d'information n'a donc pas eu le rôle de support à l'analyse qu'il aurait dû jouer.

3.2. Données → information → connaissance

Comme le remarque Salgé en préface à (Rouet 1991a), alors qu'en France données et information sont souvent considérées comme synonymes, les anglo-saxons distinguent les données « brutes de fonderie » et l'information élaborée, construite et utile. Cette notion de *raffinage* de la donnée en entrée pour produire de l'information en sortie, qui peut s'évaluer grossièrement par ce que Le Moigne (1973) appelle le *moment* de l'information, qui correspond au niveau de traitement et d'altération de la donnée, me semble nécessaire pour comprendre ce que fait un SIG. Plus le moment de l'information est grand, plus elle aura subi de traitements, et plus elle sera abstraite et génératrice de contresens si l'on n'a pas connaissance des algorithmes qui ont contribué à la produire (Joliveau 1996) (Vol. 2 DOC 6). Un SIG, comme tout système d'information, contribue donc à augmenter de manière continue le moment de l'information, tout en traçant les différentes transformations que subit cette information. Le modèle de Thériault s'appuie aussi sur cette conception hiérarchisée qui mène de la donnée à l'information.

En fait, ces mots données/information sont extraits d'une conception anglo-saxonne plus générale qui envisage toute action de compréhension (*understanding*) d'un problème, même celle d'un individu, comme un processus continu de traitement de l'information qui passe par les états plus ou moins clairement distincts suivants : *data* ⇔ *information* ⇔ *knowledge* ⇔ *wisdom*. A chacun de ces états correspondent des traitements spécifiques. Au niveau des données se rattachent des opérations de recherche, de collecte, d'exploration. Le niveau de l'information se caractérise par des tâches de présentation et d'organisation. Au niveau de la connaissance, l'information est intégrée pour faire l'objet de narration et d'échange. Le niveau de la sagesse se traduit par des capacités d'introspection, de recul, d'évaluation d'une situation. L'information n'est pas une simple collection de données. La connaissance n'est pas une simple collection d'informations. La sagesse n'est pas une simple collection de connaissances. Selon (Shedroff 2001), qui applique ce schéma dans un contexte de compréhension individuelle, le passage des données à la "sagesse" se traduit par un resserrement continu du cadre de raisonnement qui devient à chaque fois plus personnel et plus subjectif.

Cette séquence est souvent reprise dans des manuels de gestion d'information de projets collectifs anglo-saxons. McCloy¹ par exemple (1995), reprend ce schéma pour décrire les principes informationnels de la gestion des ressources naturelles. Le traitement de l'information suit un processus d'épuration, presque de sublimation. Au niveau le plus bas se trouvent les données qu'on peut qualifier de brutes. Elles renvoient à des observations et des mesures non interprétées, collectées parfois dans un contexte différent, souvent trop détaillées et pas forcément à jour. Avant d'être utilisées, les données brutes doivent donc être organisées, structurées dans des modèles de données permettant de les classer, de les définir et les conceptualiser. On doit ensuite les corriger, les filtrer, les normaliser, les actualiser, les généraliser, les synthétiser, les combiner avec d'autres données en fonction du problème à résoudre. Selon un processus complexe et pas toujours explicite, les données sont en fait déconnectées du contexte thématique et temporel dans lequel elles avaient été produites, pour être réinterprétées en vue de la réponse au problème posé. Elles deviennent alors des informations sur ce problème. Cette information est doublement contextuelle : elle dépend du problème posé et de l'agent qui doit y répondre. Pour être utile à l'utilisateur, il faut que l'information soit élaborée par lui. Mais, sauf dans les cas de décisions routinières, qui peuvent donc être automatisées, une décision ne se prend jamais uniquement à partir de l'information formalisée disponible sur un problème. Celle-ci est confrontée avec une connaissance intuitive

¹ Elle est aussi employée, de manière simplifiée, dans (Laurini et Thompson 1992)

de la question, un savoir d'expérience, une collecte d'avis si la décision est collaborative. Selon McCloy le niveau de la connaissance se caractérise par une maîtrise des principes et des processus qui influent sur le problème. Elle nécessite une capacité à modéliser, au moins conceptuellement, la dynamique de celui-ci. Le système d'information formalisé peut contribuer à produire de la connaissance à partir de l'information en aidant à développer ou adapter des modèles qui simulent des évolutions ou des scénarios. Les résultats obtenus sont alors comparés avec ce qu'on pensait intuitivement. On ne peut produire de la connaissance à partir de l'information qu'en étant capable d'expérimenter de plusieurs manières avec le même jeu de données et en l'envisageant selon des perspectives différentes. Le stade ultime, celui de la sagesse (*wisdom*) correspond à une connaissance contextualisée et soumise à critique. Le problème est reposé dans son environnement général et les modèles qui en rendent compte sont eux-mêmes relativisés et mis en perspective. Notons que le passage d'une situation de compréhension individuelle, pour laquelle le schéma a été construit, à celui d'une compréhension collective soulève un problème. Plus chaque participant avance dans le processus de traitement d'information du problème, plus sa compréhension et sa relation au problème se resserrent et plus il peut avoir de difficulté à objectiver et à communiquer ses résultats. Or dans une logique de gestion collective, c'est à ce moment qu'il est au contraire nécessaire de partager des connaissances. Ce paradoxe nous semble très représentatif des situations concrètes. Nous réutilisons dans le Parcours 4 ce schéma qui propose une organisation idéale du processus de traitement de l'information pour comprendre les contraintes d'une gestion participative de l'information.

Nous avons proposé ailleurs (Joliveau, Bessenay et al. 1995) de distinguer trois grands types de tâches de traitement d'information à l'œuvre dans les SIG :

- 1) Décrire/mesurer : on transcrit la réalité en collectant et sélectionnant un certain nombre de données, qualitatives ou quantitatives, qui puissent rendre compte des phénomènes qui nous intéressent.
- 2) Analyser/synthétiser : des opérations de sélection, d'agrégation, d'analyse et de synthèse diverses produisent une information pertinente à partir de ces données.
- 3) Modéliser/simuler : on représente en les simplifiant les phénomènes et processus du mode réel, et on simule leur fonctionnement ou leur dynamique en fonction des informations qu'on a sur eux.

En combinant ces différents éléments, on peut tenter de reconstituer un schéma général de l'enchaînement des différentes étapes de la constitution d'un SIG (Figure 1-9)¹.

¹ Le schéma proposé par Tomlinson n'est pas très loin du nôtre. Il définit 4 étapes : Collection des données, Gestion des données, Analyse et modélisation des données, Décision et une séquence de 6 actions : Observation, Mesure, Description, Explication, Préviation, Décision (Tomlinson 1988).

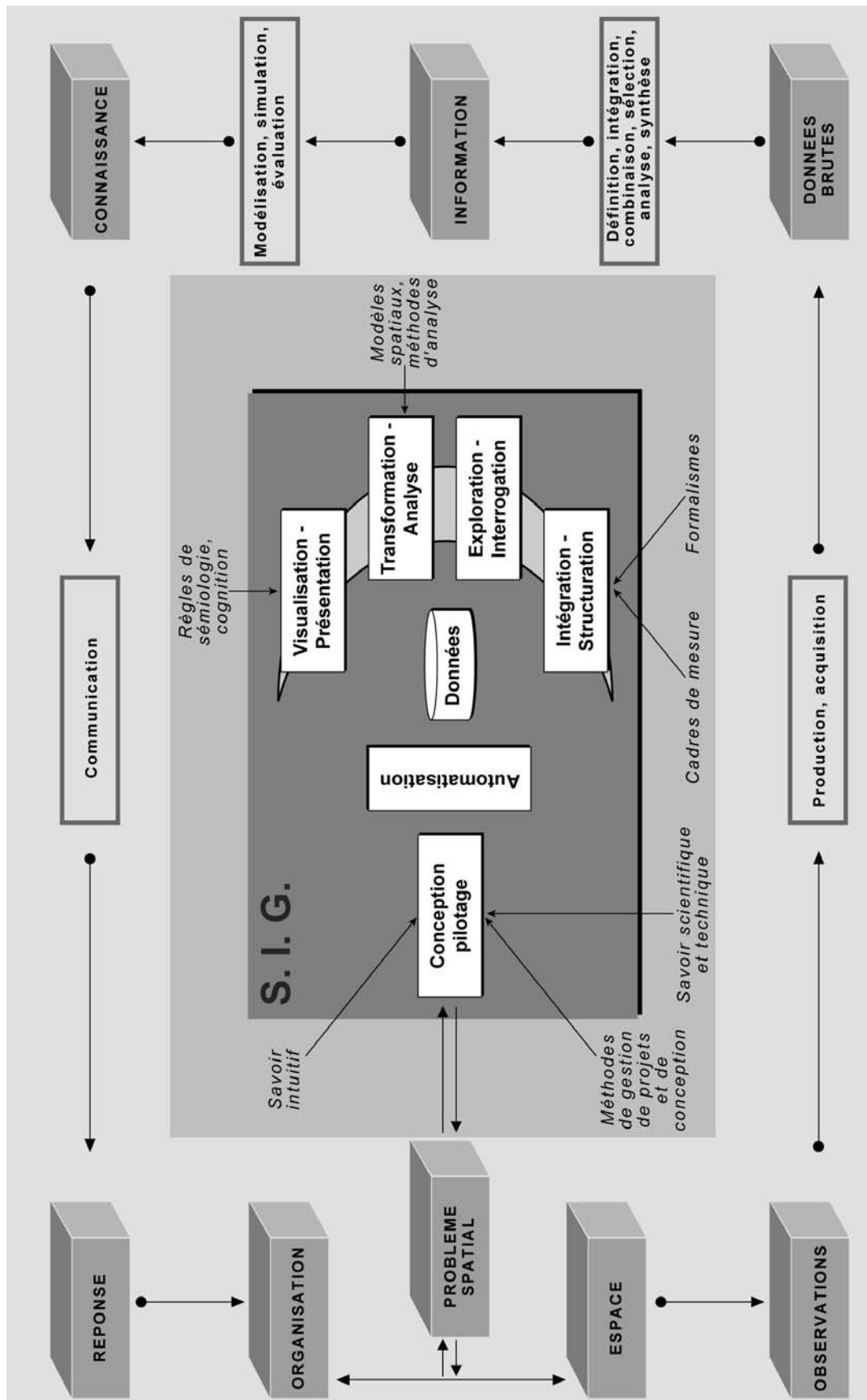


Figure 1-9. Les procédures SIG et leur place dans la gestion de l'information

3.3. Une vue procédurale

Le schéma s'organise en fonction du traitement général de l'information présenté en périphérie dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. A partir du problème spatial, lié lui-même à une décision à prendre à propos d'un phénomène ou d'un événement renvoyant à une réalité passée, actuelle ou future, on dispose d'observations et de mesures sur cette réalité, qui une fois intégrées dans le système constituent un ensemble de données brutes. Un certain nombre de procédés de raffinage permettent de constituer à partir de ces données brutes des informations pertinentes à la fois pour le problème posé et pour les utilisateurs qui doivent apporter une réponse à ce problème. Ces informations peuvent être envisagées comme des indicateurs d'analyse de la situation. Une fois évaluées et confrontées à des connaissances intuitives ou formalisées sous forme de modèles et qui peuvent faire l'objet de simulation, certaines informations sont transformées en connaissances, qui sont ensuite mises sous forme de documents (y compris électroniques) transmis pour une décision. Ce circuit est une traduction conceptuelle de tout traitement d'information, même le plus simple. Il peut arriver que les différentes étapes (données, information, connaissance) s'enchaînent de manière quasi transparente. Dans certains cas particuliers on peut avoir l'impression qu'une communication de données sans connaissance ni information puisse servir de réponse à la question posée. C'est en fait que l'information et la connaissance associées aux données sont implicites. Mais dans le cas de problèmes complexes, la méconnaissance de ces différentes étapes peut nécessiter de reprendre une collecte de données (ou d'observation), alors que le projet en est déjà à un niveau d'analyse ou de modélisation. Il faut noter que la construction de la réponse au problème spatial s'envisage souvent, au moins sous la forme d'un balayage rapide, dans le sens inverse du flux d'information. On part souvent d'une hypothèse sur les réponses envisageables, qui conduit à mobiliser les connaissances que l'on a du problème, puis à valider l'information disponible, donc à collecter les données existantes et éventuellement à mettre en place de nouveaux dispositifs d'observation. Nous revenons plus précisément sur ce point dans le Parcours 4.

Le SIG est représenté au cœur du schéma. La nécessité d'une vue dynamique conduit à disposer autour de la base de données les différents traitements qui peuvent être appliqués à ces données. Les traitements susceptibles de s'appliquer aux données géographiques sont très nombreux, puisqu'à l'ensemble des traitements de données alphanumériques s'ajoutent une très grande variété de traitements liés à la dimension spatiale des données, de nature et format très divers, et à la multiplicité des traitements graphiques possibles. Un logiciel SIG peut proposer plusieurs centaines de fonctions de traitement et il n'existe pas de classification conceptuelle complètement satisfaisante des fonctions SIG. La tentative intéressante de (Tomlin 1990) ne couvre pas toutes les situations possibles et exclut les traitements en format vecteur. Le plan thématique de certains manuels comme celui de (Burrough 1986) est plus une liste des grands types d'utilisation pratique qu'un classement conceptuel. Même la différenciation que fait Chrisman (1997) entre les opérations et les transformations n'est pas complètement convaincante. Tout regroupement est arbitraire. Le plus simple nous semble être celui qui procède par grandes destinations ¹:

- Intégration/Structuration : on regroupe sous cette étiquette toutes les opérations amont du SIG. Il s'agit des traitements qui prennent en charge la saisie, l'acquisition et la structuration des données spatiales ou attributaires dans le SIG, le géoréférencement, la mesure de la qualité de ces données (erreur dans la localisation, erreur dans les attributs,...), la gestion des métadonnées et du catalogage, le tuilage, le découpage ou le recollement, l'indexation spatiale, le changement de modes (raster, vecteur), le géocodage, la segmentation dynamique, etc..

¹ On retrouve ces mêmes fonctions dans la Figure 1-3 à propos de la structure technique des SIG.

- Exploration/Interrogation : il s'agit des traitements qui permettent à l'utilisateur d'interagir avec les données stockées et structurées, de les consulter et de les interroger. Il s'agit d'une part de fonctions d'interface utilisateurs : navigation à l'écran, gestion des couches et affichage de vues cartes, tables, graphiques, zoom et déplacement panoramique, navigation 3D et d'autre part des gestionnaires de requêtes qui permettent de sélectionner différents objets de la base de données en fonction de critères attributaires ou spatiaux et d'obtenir directement des calculs à partir de ces sélections (statistiques, mesures de distance).
- Transformation/Analyse : On peut classer ici la liste variée et infinie des fonctions qui à partir d'un objet géographique en produisent un ou plusieurs nouveaux par un traitement spatial : combinaisons géométriques, calculs de distance et de proximité, algèbre de cartes, interpolation spatiale et géostatistique, analyse de structure spatiale, calcul de potentiel, analyse topographique (pentes, orientations, morphologie, visibilité), analyse de graphe, analyse d'image ... Il peut s'agir de fonctions simples ou de méthodes complexes. Elles sont destinées principalement à l'analyse ou à la synthèse des données mais en fait peuvent être mobilisées pour d'autres buts. Par exemple une fonction de généralisation, qui simplifie les contours ou la forme d'un objet, peut aussi bien servir à la structuration des données (en rendant compatible avec d'autres une source de données trop précise) que répondre à un simple objectif de visualisation.
- Visualisation/Présentation : nous sommes là dans la partie aval du SIG quand on est à la recherche d'un rendu graphique, plus ou moins définitif et élaboré : visualisation multithématique, cartographie, rendu 3D, affichage d'images bit-map, légende, mise en page, symbolisation, labellisation, multimédia ... Dans la continuation des travaux de Bertin (Bertin 1973), la cartographie devient la branche spatiale d'une discipline plus large portant sur la « représentation visuelle des données pour en assurer la communication ou la compréhension » (Rheingans et Landreth 1995) cité par (Sadagopan 2000). MacEachren (1995) a proposé un modèle généralisé des stratégies de visualisation de données géographiques avec des outils numériques qui peuvent se localiser selon les trois axes d'un cube en fonction : 1) des objectifs de la carte : présentation de structures ou d'éléments connus ↔ recherche de l'inconnu ; 2) de l'usage de la carte : usage individuel du producteur ↔ usage collectif pour un public absent ; 3) du niveau d'interaction avec la carte : faible ↔ fort. Mac Eachren distingue trois situations de référence. En situation de *présentation*, le producteur est distinct de l'utilisateur auquel il veut communiquer des éléments qu'il connaît, alors que l'utilisateur ne connaît pas bien les données utilisées et n'interagit ni avec les données ni avec la carte. En situation d'*exploration*, l'utilisateur est aussi le producteur ; il est à la recherche d'éléments inconnus dans des données qu'il connaît et les interactions avec la carte et les données sont très fortes. L'*analyse* correspond à une situation intermédiaire entre les deux précédentes. Mais toutes les positions dans le cube sont possibles et les stratégies possibles de visualisation dans les SIG deviennent très nombreuses.

On voit bien que ces grands types d'action trouvent leur utilité plus à certains moments qu'à d'autres. La transformation des observations produites par des systèmes de mesure externes en données du système passe par les procédures d'intégration et de structuration. Mais il est souvent nécessaire de procéder à des transformations de données, y compris en mobilisant des traitements analytiques de haut niveau (fonctions topologiques par exemple) pour obtenir une structuration des données adéquates. Il faut aussi interroger et visualiser les données. Il faut parfois même automatiser des traitements. Pour reconstruire en 1991 au format du logiciel ARC/INFO le réseau hydrographique du bassin de la Loire, il a fallu écrire un programme recompilant un fichier de dessin qui avait servi à la production d'une carte papier par traceur. La production d'information à partir des données nécessite des traitements d'analyse et de synthèse

qui se font essentiellement au travers des procédures d'interrogation et de transformation. Les fonctions de visualisation couplées aux fonctions de navigation/interrogation sont très importantes pour l'analyse car l'œil et le cerveau humain sont de très puissants processeurs d'information géographique (Longley, Goodchild et al. 2001). Les fonctions de visualisation interactive des données sont au cœur d'analyses exploratoires pour élaborer des hypothèses qui seront confirmées par des traitements spécifiques. L'analyse par visualisation peut parfois s'avérer aussi efficace que l'application d'algorithmes de traitements sophistiqués. La modélisation et la simulation s'appuient sur les traitements de transformation mais aussi sur les langages d'automatisation des traitements. La production de documents de communication adéquats s'appuie sur les procédures de visualisation mais aussi de transformation. On constate qu'il est impossible de faire correspondre une procédure SIG à une étape conceptuelle de traitement de l'information. Cette extrême diversité des traitements est à la fois une spécificité des SIG parmi les différents types de systèmes d'information et une difficulté réelle dans les tâches de conception d'un SIG.

Deux autres procédures ne sont pas liées directement au traitement de données. La procédure d'automatisation se consacre à chaîner et automatiser les autres traitements pour en faire des programmes autonomes. Quant à la procédure de conception et pilotage, elle s'exerce en amont dans trois directions :

- La conceptualisation du problème spatial, en relation avec les moyens existants et ceux mobilisables du système d'information. C'est dans cette phase de conception que la nature du problème posé et les objectifs que le SIG doit atteindre sont élaborés, en conformité avec les objectifs souvent plus généraux du projet dans lequel s'inscrit la décision à prendre. C'est à ce moment aussi que sont évaluées les ressources en matériel, logiciel et les compétences humaines nécessaires à la mise en place du SIG. Des choix de conception sont dépendants d'abord de facteurs externes au SIG (théorie ou modèles scientifiques de référence, culture technique, rationalité politique dans la construction du problème, observations disponibles, ...). Ils sont fonction aussi de facteurs internes (modèles de données choisis, compétences et techniques disponibles, types d'analyses, modèles applicables, ...). Cette phase de conception nécessite une bonne connaissance à la fois du domaine thématique dans lequel le problème spatial est posé et des méthodes et techniques de traitement de l'information géographique.
- La conception et le développement du SIG : structuration des données, mise en œuvre des traitements, tâches d'automatisation.
- La coordination des ressources et la gestion des délais durant la mise en œuvre.

Il existe de nombreuses méthodes de conception de systèmes d'information. Mais elles sont encore insuffisamment utilisées dans les SIG¹, peut-être à cause de la spécificité de ces systèmes d'information. C'est ce qui a conduit des universitaires à proposer des méthodes de conception mieux adaptées à ces spécificités (Pantazis et Donnay 1996) (Gayte, Cheylan et al. 1997) (Saint Gérard 1998).

Le SIG est au cœur du traitement intégré de l'information à référence spatiale. Contrairement aux techniques traditionnelles, dans lesquelles les différentes phases de collecte, création, exploitation et communication des données, nécessitaient des outils techniques différenciés, des compétences et même des spécialistes distincts, la mise en œuvre d'un SIG autour d'une base de données numériques instaure une continuité entre les différentes phases de traitement. Cette continuité dans le processus a comme conséquence une généralisation de la responsabilité des

¹ Dans une enquête menée en 1999 auprès de partenaires professionnels du DESS SIG & Gestion de l'Espace de Saint-Etienne, 60 % déclaraient n'utiliser aucune méthode de modélisation et conception (Joliveau 1999).

différents utilisateurs de la base de données. L'analyste ou le cartographe sont conduits à intervenir plus en amont dans des caractéristiques de structuration et d'intégration. La constitution de la base de données géographique devient centrale. Les principaux traitements d'information passent par le SIG.

Ceci dit, il est important de rappeler que la plupart des procédures mobilisent des savoirs formalisés scientifiques et méthodologiques (en gris moyen dans le schéma de la Figure 1-9) qui ne relèvent pas seulement de compétences informatiques ou informationnelles. Les choix méthodologiques qui se font dans le développement du SIG sont pour la plupart élaborés à l'interface d'autres régions du savoir. La production de données peut nécessiter d'organiser de nouvelles campagnes de mesure ou de restructurer les observations, ce qui ne peut se faire qu'en mobilisant des experts du domaine concerné. Les informations ne peuvent être extraites des données sans s'appuyer sur des méthodes d'analyse ou des modèles conçus et validés à l'intérieur de disciplines scientifiques. La manière dont les éléments de connaissance produits dans le SIG doivent être transformés en communication pour atteindre le décideur nécessite des compétences spécifiques en sémiologie et cognition. La mise en œuvre d'un SIG suppose une interaction régulière avec d'autres savoirs. Il ne représente jamais qu'une part des traitements de l'information permettant d'aider à une décision quelconque. D'abord, une partie de l'information et des connaissances qui vont conduire à la décision n'est pas informatisée et peut-être pas informatisable. Ensuite, l'espace n'est souvent qu'une seule dimension de la décision.

Enfin, chaque discipline, qu'elle relève des sciences naturelles ou sociales, s'est équipée d'outils informatiques ad hoc bien adaptés au traitement des phénomènes qu'elle étudie. Les hydrologues disposent d'outils de modélisation hydrologique, les écologues d'outils de modélisation écologique, les démographes de modèles de population, les statisticiens d'outils de calcul spécialisés, les cartographes d'outils spécialisés en cartographie, etc.. Dans la plupart des domaines, par exemple en gestion des données topographiques, en hydrologie, en gestion de réseau, en visualisation 3D ou en statistique, les logiciels spécialisés proposent des fonctions beaucoup plus puissantes que les logiciels généralistes SIG. La logique est donc plutôt d'interfacer ces modules avec les logiciels SIG, de manière à ce qu'ils trouvent les données de départ et présentent les résultats spatialisés dans la base de données. Les fonctions d'un SIG, vu comme un système d'information, dépassent donc très largement les fonctions de base d'un SIG, vu comme un logiciel. Il faut cependant tenir compte du fait que les logiciels élargissent régulièrement la panoplie des fonctions qu'ils intègrent, au moyen de modules thématiques spécialisés d'analyse spatiale (topographie, hydrographie, réseaux, géostatistique ...).

3.4. Retour sur une question de vocabulaire

Il est nécessaire, même s'il ne s'agit que d'un aspect secondaire des choses, de revenir maintenant sur les questions de vocabulaire. Pornon (1997) ou Chevalier (1994) désignent par exemple ce que nous avons appelé la vue système d'information, c'est-à-dire le SIG dans son contexte organisationnel par le terme Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS). Le terme SIG ne couvre pour eux qu'une vue de l'environnement informatique réduite aux logiciels SIG eux-mêmes. Pour intégrer d'autres types de logiciels connexes aux SIG (outils de gestion technique, logiciels de calculs, logiciels de modélisation), H. Pornon propose l'appellation d'*outils géo-informatiques*. Enfin en s'appuyant sur la définition que Bergeron (Bergeron 1992) donne de la géomatique (voir *supra*), il propose de regrouper sous le terme d'*outils géomatiques* les outils *géo-informatiques* (et donc les SIG) et tous les autres outils susceptibles d'être mobilisés dans l'intégration des données (GPS, télédétection, topographie, ...). Cette dénomination nous pose trois problèmes. D'abord, il nous semble fragile de fonder une

appellation SIG sur un découpage a priori de fonctionnalités de traitement de l'information géographique qui est historique et contingente. L'évolution des logiciels transforme en permanence les frontières entre logiciels SIG, logiciels "géoinformatiques" et "géomatiques". Comme on l'a vu plusieurs fois dans ce parcours, il n'existe plus de périmètre fonctionnel fixe des SIG. Ensuite, nous continuons à penser qu'il est néfaste de contribuer à entretenir dans le public une confusion entre un système d'information et un logiciel. Enfin, l'appellation SIRS, qui domine au Québec et en Suisse n'est pas exempte d'ambiguïtés. Si H. Pornon, lisant Y. Bédard, résume les SIG à des logiciels, Bédard (1987) repris par Thériault (1995) voit le SIG comme un type particulier (stratégique) de SIRS. Il nous semble donc plus réaliste dans le contexte français, qui voit perdurer contre vents et marées le succès de l'appellation SIG, de conserver à celle-ci la définition la plus large, même si elle est ambiguë, tout en spécifiant la vue que l'on adopte, en parlant de logiciel SIG par exemple. Pour nous, la géomatique est l'activité dont le SIG est le produit, l'envergure de ce dernier variant en fonction des objectifs que l'on se donne.

Toutefois, les méthodes et techniques de la géomatique ne sont plus réservées aux SIG. Ceux-ci en constituent des applications que l'on peut dire autonomes ; elles prennent la forme de projets explicites de constitution de bases de données géographiques pour rendre compte du fonctionnement d'un système spatialisé ou répondre à un problème à dimension spatiale. Les SIG constituent en quelque sorte le cœur de la géomatique. Mais ces méthodes et techniques se diffusent maintenant dans de nombreux domaines sous forme de composants logiciels spécialisés ou de fonctions de traitements d'information spatiale. Ceux-ci nourrissent d'une compétence spatiale non directement apparente d'autres systèmes d'information et applications à destination des professionnels ou du grand public : consultation de plans, localisation, aide à la navigation embarquée. Si l'on veut disposer d'un mot pour désigner tous les types d'outils permettant de gérer les données à référence spatiale (logiciels et composants SIG, GPS, télédétection et topographie,...), le terme de *technologies de l'information géographique* que propose S. Roche (2000) est adéquat, mais celui d'*outils géomatiques* conviendrait aussi.

4. Orientations

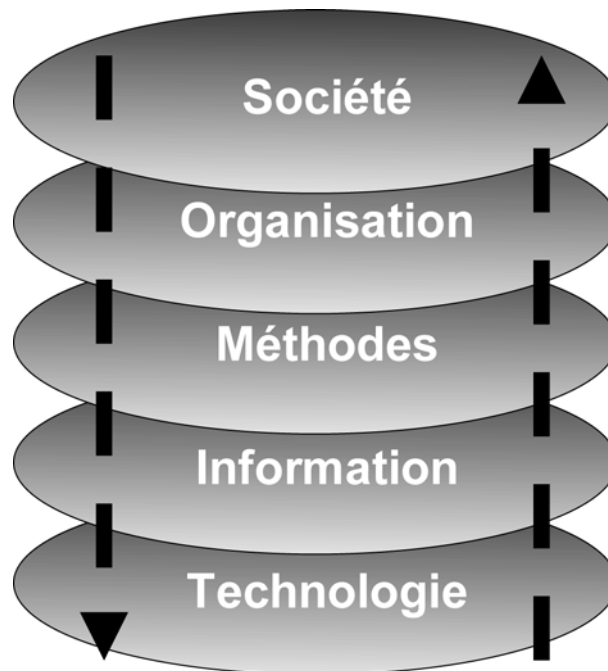
4.1. Faire le point

Un des premiers acquis de ce parcours, très formel il faut bien l'avouer, est qu'il faut toujours envisager un SIG comme un projet, une mobilisation de moyens qui se déploie dans le temps pour répondre à des finalités précises, elles-mêmes susceptibles d'évoluer. Ce projet peut-être celui d'un individu, d'un groupe, d'une organisation ou même être à l'échelle de la société. Sa durée peut être variable, de quelques jours à plusieurs années. Tous ces projets diffèrent bien entendu radicalement du point de vue des objectifs, des budgets, des contraintes ou des enjeux. Ils relèvent tous d'un cadre méthodologique commun. Le second point est qu'un projet SIG, même le plus modeste, peut relever d'approches de niveaux très différents. Comme on l'a vu, selon que l'on ouvre ou non la focale, on peut envisager un SIG comme un système d'information d'une organisation, une méthodologie intégrée de gestion de l'information spatialisée ou une construction sociale. Certes on constate un élargissement progressif au cours du temps de la dimension technique aux problématiques organisationnelles et sociales. Mais aucune vue ne rend obsolète la précédente et chacune reste valide aujourd'hui, en fonction des objectifs d'action ou d'analyse que l'on a. Un SIG peut être, et même doit être, simultanément envisagé à la fois comme un instrument technique, un outil intellectuel, une production organisationnelle et une construction sociale.

Autant que comme un système de type cybernétique formé de composantes en interaction, il me semble éclairant d'envisager un SIG comme un empilement en couches de niveaux différents

reliés par des protocoles (Figure 1-10). C'est d'ailleurs ce que fait implicitement le schéma de Chrisman reproduit dans la Figure 1-6. Cette représentation en couches permet de hiérarchiser les types de traitements auxquels est soumise l'information dans un SIG. Elle confirme aussi la nécessité de généraliser la définition des SIG, de diluer leur dimension proprement technique dans un faisceau de contraintes plus large et de réévaluer la dimension sociale qu'ils portent. Mais surtout, elle transforme radicalement les perceptions. Comme le souligne Volle (2003), envisager un système d'information selon un modèle en couches oblige à voir différemment les choses. Chaque couche correspond à une condition nécessaire de l'avancée du processus et la question de la hiérarchie des composantes perd de son importance.

Figure 1-10. Représentation d'un SIG sous forme d'un modèle en couches



Les couches «sont certes ordonnées et reliées par des interfaces, et chacune d'entre elle comporte un protocole qui lui est propre, mais le phénomène ne peut avoir lieu que si elles fonctionnent et communiquent toutes ensemble.» Volle, *op.cit.*. La question de la coordination et de l'articulation des couches entre elles devient alors primordiale. Les dimensions sociales, organisationnelles, méthodologiques et opérationnelles communiquent entre elles plus qu'elles ne s'articulent. Nous nous trouvons donc plus devant une question de traduction entre des protocoles de langages différents que de coordination cybernétique de modules. Sont mises au centre des SIG la capacité à traduire un phénomène ou un objet d'une couche à l'autre, à interpréter par exemple dans une couche organisationnelle les conséquences d'un choix de données ou de technologie.

Un modèle en couches conduit aussi à brouiller la frontière entre l'intérieur et l'extérieur du SIG. Dans la littérature, les limites de ce que l'on appelle un SIG sont rarement interrogées, alors qu'elles sont curieusement très fluctuantes selon les approches ou les objectifs des auteurs. La vue en couche éclaire cette particularité. De proche en proche, et à travers les interfaces entre les protocoles, une question extrêmement pointue, scientifique et technique de mesure sur le terrain d'un phénomène spécifique peut être mise en relation à travers le SIG avec une question sociale et politique d'ordre très général. Cela ne conduit pas à un confusionnisme généralisé, dans lequel les différents modes de rationalité ne seraient plus différenciables. Il existe bien

différents niveaux conceptuels, ceux pointés par Chrisman : mesure spatiale, structuration-représentation dans des bases de données, opérations analytiques, dimension organisationnelle, etc.. Mais tous ces niveaux ne trouvent leur raison d'être que dans la dynamique d'un processus qui les traverse, qui vient d'une autre couche pour passer dans la suivante. Ceci explique pourquoi il est si difficile de répondre en termes simples sur les limites d'un SIG ou de définir précisément ce qui est technique et ce qui ne l'est pas. Peut-être, et nous rejoignons là l'interrogation de Chrisman¹, cette vue conduit-elle à mettre en cause le caractère fondamentalement systémique d'un SIG. On en serait alors conduit à envisager un SIG comme un assemblage hétérogène de ressources visant à accumuler de la connaissance spatiale. Cependant, même si les projets SIG concernent des thématiques très diverses, ils s'intègrent dans un processus massif et continu, la numérisation généralisée de l'information géographique, qui touche tous les types de données, tous les objets, toutes les techniques et disciplines qui lui sont liées. Les SIG se situent au cœur de ces changements dans la production et diffusion des données, qui mettent en relation de manière inattendue des acteurs ou spécialistes qui jusque là s'ignoraient. Plus qu'un système, un SIG deviendrait alors un objet hybride, un objet *intermédiaire* au sens des sociologues de la traduction, qui permet « d'accélérer l'inscription, la mobilité, la fiabilité, la capacité de combinaison et la cohésion des traces qui rendent possible l'action à distance » (Latour 1989). Dans cette acception, un SIG serait alors d'abord un dispositif de traitement d'information qui met en réseau des acteurs et effectue des traductions entre les différents niveaux d'un problème.

La vision d'un SIG comme d'un simple outil, courante chez les géographes, est donc à la fois juste et trop courte. Un SIG est toujours un outil technologique et informationnel visant à donner des éléments de réponse à un problème ayant une dimension spatiale dans un contexte organisationnel précis. Mais la mise en œuvre du SIG en tant que dispositif détermine à la fois la manière dont la question est posée et celle dont la réponse est donnée en structurant des processus organisationnels et sociaux spécifiques. Les SIG sont les nœuds d'un réseau toujours plus complexe et large de production d'information spatialisée. Dans ces réseaux circulent des données, des outils, des méthodes, des représentations, des décisions, des ordres, des normes qui transforment au jour le jour la manière de dire spatialement le monde dans lequel nous vivons.

4.2. Directions

Sur quelles directions de recherche ce parcours peut-il déboucher ? Son caractère abstrait et conceptuel plaide davantage pour la proposition d'hypothèses théoriques, utilisables dans différents travaux de recherche, que pour un programme de recherche à proprement parler. Il nous semble qu'il est nécessaire de disposer d'une connaissance plus approfondie de la dimension non technique des SIG. Deux travaux importants ont exploré dans un contexte francophone cette dimension par l'observation et l'analyse de situations concrètes. Pornon et Roche se sont attachés à comprendre la dimension organisationnelle et sociale des SIG. Ces approches s'inscrivent dans des cadres théoriques différents. H. Pornon s'appuie sur une armature théorique croisant sociologie des organisations et théorie de la structuration inspirée des thèses de A. Giddens. Ses mots clés sont organisation, acteurs, rationalité, conflit, système d'action, différenciation/intégration... Stéphane Roche se place lui dans une perspective théorique plus souple. Il analyse les modèles cognitifs et les représentations spatiales sous-jacents aux perceptions et pratiques d'acteurs confrontés à l'appropriation des technologies de l'information géographique pour gérer un territoire. Sans délaisser ce type d'approche, il nous semblerait utile de passer les objets géomatiques au crible des concepts proposés par d'autres

¹ "The most commonly accepted definitions of GIS use the word "system" in the definition as if this word were unproblematic" <http://faculty.washington.edu/chrisman/explor/defcomm.html>

approches sociologiques¹. Nous pensons en premier aux outils proposés par la sociologie dite de “la traduction”, déjà évoquée. Cette approche de type compréhensive, conçue et mise en œuvre dans l’analyse de la production scientifique et de l’innovation technologique à travers les travaux de M. Callon et B. Latour apporterait certainement beaucoup à la connaissance de la géomatique et des systèmes d’information géographique. S’appuyant sur les notions de réseau, de traduction, de controverse, de porte-parole et d’intermédiaires, ce type d’approche pourrait collecter un matériau inédit et offrir des angles de vue renouvelés. Une autre source de renouvellement pourrait venir des approches dites par les « conventions » ou les « économies de la grandeur », qui s’appuient sur la mise en évidence de multiples logiques d’action et de différents registres de justification (Boltansky et Thévenot 1991). Malgré son caractère aride, elle commence à être appliquée en géographie pour comprendre les acteurs territorialisés (Gumuchian, Grasset et al. 2003). Le dialogue de la liste professionnelle Georezo retranscrit plus haut montre bien les différents registres dans lesquels les acteurs justifient leur activité. L’activité géomatique renvoie à la rencontre entre différents « mondes », au sens de L. Boltansky et L. Thévenot, à l’intérieur et entre lesquels se tissent des « controverses », se règlent discordes et désaccords et se « frayent » des « compromis » (les mots entre guillemets renvoient à des concepts définis dans le cadre de l’approche des conventions).

Ces approches pourraient être déployés dans l’analyse de différentes situations. On pense aux Systèmes d’Information Géographique concrets, comme dans les travaux cités précédemment, en délaissant le parti pris de l’analyse d’une innovation ou d’un changement qui sont assez largement derrière nous et en adoptant le point de vue d’une analyse des pratiques routinières. Elles pourraient aussi être employées, dans une démarche plus familière à des géographes ou des aménagistes, pour étudier la manière dont se tissent les réseaux de différents SIG sur un même territoire (voir le Parcours 3), ou les dispositifs d’information de la planification participative envisagés dans le Parcours 4. Il serait aussi intéressant de s’attacher à analyser les logiques et conséquences, dans les représentations et les pratiques spatiales, de la diffusion des outils géomatiques en dehors des SIG proprement dits et en particulier auprès du grand public. Quand les plans interactifs à destination du grand public intègrent systématiquement des photographies aériennes², quand toutes les façades des immeubles des grandes villes sont stockées dans des bases de données et deviennent accessibles à l’adresse³, quand un nombre toujours plus grand de lieux, villes, espaces naturels, destinations touristiques ... se présentent sous forme de promenades virtuelles dans des maquettes géographiques en 3 dimensions, quand la recherche d’un logement est fondée sur des requêtes dans des bases de données géographiques, il est nécessaire de proposer une analyse à la fois générale et circonstanciée de ces nouvelles pratiques de représentations spatiales. Enfin, il serait nécessaire d’envisager une relecture de la constitution de la géomatique comme discipline en France ou dans un espace francophone par une analyse des réseaux mobilisés, des opérations successives de traduction ainsi que des controverses auxquelles elle a donné lieu. Un tel projet, à peine esquissé dans le Parcours 5, nécessite de par son ambition une approche collective et pluri-disciplinaire.

¹ Voir dans (Amblard, Bernoux et al. 1996) une présentation rapide et “opérateur” des concepts des nouvelles approches sociologique.

² voir par exemple www.mappy.com ou www.viamichelin.com

³ <http://www.pagesjaunes.fr/pj.cgi>

5. Bibliographie

- Amblard H., Bernoux P., Herreros G. et Livian Y.-F.** (1996). *Les nouvelles approches sociologiques des organisations*. Paris, Seuil. 245 p.
- Aronoff S.** (1991). *Geographic information systems, a management perspective*. Ottawa, WDL Publications. 294 p.
- Bédard Y.** (1987). *Sur les différents types de systèmes d'information à référence spatiale*, in Actes du congrès conjoint de Carto-Québec et de l'Association canadienne de cartographie, Québec. 73-87.
- Bergeron M.** (1992). *Vocabulaire de la géomatique*. Québec, Office de la langue française.
- Bertin J.** (1973). *Sémiologie graphique*. Paris, La Haye, Mouton, Gauthier-Villars, 2ème édition.
- Bethemont J., Degorce J.-N., Dupuis B., Joliveau T. et Wasson J.-G.** (1993). *Approche écosystémique du bassin de la Loire : éléments pour l'élaboration des orientations fondamentales de gestion*. Saint-Etienne, CRENAM-CEMAGREF. 102 p. + 150 p.
- Boltansky L. et Thévenot L.** (1991). *De la justification, les économies de la grandeur*. Paris, Gallimard. 485 p.
- Burrough P. A.** (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford, Clarendon press. 194.
- Burrough P. A. et Rachael M.** (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Oxford University Press. 333 p.
- Caquard S.** (2001). *Des cartes multimédias dans le débat public. Pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée à la gestion de l'eau*. Thèse de Doctorat de Géographie. UFR de Sciences Humaines et Sociales. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 276 p. + Annexes.
- Caquard S.** (ss. date). *Atlas du Lignon du Velay, une approche cartographique pour la gestion de l'eau*. Le Puy-en-Velay-Saint-Etienne, SDE, Conseil Général de la Haute-Loire-CRENAM, Université Jean-Monnet. 20 p.
- Carrière J., Molé S., Roche Y. et Saint-Onge B.** (1999). L'information géographique : de la carte au système dynamique in *L'éducation géographique, formation du citoyen et conscience territoriale*. J.-L. Klein et S. Laurin. Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.: 151-190.
- Charre J.** (1994). *SIG, analyse spatiale et modélisation*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 37-42.
- Chevallier J.-J.** (1994). *De l'information à l'action: vers des Systèmes d'Aide à la Décision à Référence Spatiale (SADRS)*, in EGIS/MARI 94, Paris, EGIS Foundation. 9-21.
- Cheyland J.-P.** (1991). *Eléments pour la conception des systèmes d'information géographique en recherche*, in Gestion de l'espace rural et système d'information géographique, Florac, 22-24 octobre 1991, INRA. 79-85.
- Cheyland J.-P., Miellet P. et Waniez P.** (1993). Facettes de SIG (Editorial). *Mappemonde* (4/93): 1.
- Chou Y.-H.** (1997). *Exploring spatial analysis in Geographical Information Systems*. Albany, On Worl Press Thomson Learning. 474.
- Chrisman N.** (1994). *GIS as Social Practice*, National Center for Geographic Information and Analysis. 2004. <http://www.geo.wvu.edu/i19/papers/monmonier.html>
- Chrisman N.** (1997). *Exploring geographic information systems*. New-York, John Wiley & Sons. 298 p.
- Cuenin** (1974). Evolution des techniques cartographiques. *Bulletin de l'IGN* (25): cité par Quodverte.
- Curry M. R.** (1996). *In plain and open view: Geographic information systems and the problem of privacy*, in Proceedings of the Conference on Law and Information Policy for Spatial Databases., Santa Barbara, CA, National Center for Geographic Information and Analysis.
- de Blomac F., Gal R., Hubert M., Richard D. et Tourret C.** (1994). *ARC/INFO, Concepts et applications en géomatique*. Paris, Hermes. 256 p.

- Degorce J.-N. et Joliveau T.** (1993). *A Geographical Information System for a diagnosis of the Loire River Basin*, in EGIS'93, Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems, Gênes, Italie, 1993, EGIS Foundation. 565-576.
- Denègre J. et Salgé F.** (1996). *Les systèmes d'information géographique*. Paris, P.U.F. 126 p.
- Didier M.** (1990). *Utilité et valeur de l'information géographique*. Paris, Economica, STU, CNIG, 1. 255 p.
- Didier M. et Bouveyron C.** (1993). *Guide économique et méthodologique des SIG*. Paris, HERMES, 1. 330 p.
- Dueker K. J. et Kjerne D.** (1989). *Multipurpose Cadastre: Terms and Definitions*, in, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping. 13 p.
- Eastman J. R.** (1995). *IDRISI, un SIG en mode image*. Lausanne, Centre Régional IDRISI Francophone, E.P.F.L. 645 p.
- Egenhofer M. J. et Mark D. M.** (1995). Naive Geography in *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS*. A. U. Frank et W. Kuhn. Berlin, Springer-Verlag, No. 988.
- Escolar M.** (1997). Exploration, cartographie et modernisation du pouvoir de l'Etat. *Revue internationale des sciences sociales* (n°151): 59-78.
- Gayte O., Cheylan J.-P., Libourel T. et Lardon S.** (1997). *Conception des systèmes d'information sur l'environnement*. Paris, HERMES. 160 p.
- Gruber T. R.** *What is an Ontology?* 2003. <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html#1>
- Guarino N.** (1998). *Formal Ontology and Information Systems*, in Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy,, 6-8 June 1998, Amsterdam, IOS Press. 3-15.
- Gumuchian H., Grasset E., Lajarge R. et Roux E.** (2003). *Les acteurs, ces oubliés du territoire*. Paris, Anthropos-Economica. 186 p.
- Joliveau T.** (1991). Bases de données, observatoires et systèmes d'information urbains. *Lettre d'information du Réseau ADOC* n°5.
- Joliveau T.** (1995). De la gestion à l'analyse des villes : un panorama des systèmes d'information géographique urbains in *Outils de connaissance pour la gestion urbaine des pays en développement*. C. Weber et F. Dureau. Paris, Anthropos: 30-39.
- Joliveau T.** (1996). Gérer l'environnement avec des S.I.G. Mais qu'est-ce qu'un S.I.G.? *Revue de Géographie de Lyon* 71 (2/96): 101-110.
- Joliveau T.** (1997). Introduction à l'édition des actes du séminaire international : "SIG et gestion de l'environnement : nouveaux outils, nouvelles pratiques ?" in *La cartographie pour la gestion des espaces naturels, rencontres internationales de Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995*. J. CLaudin, J. Bernard-Brunet et T. Joliveau, Cemagref éditions: pp. 363-364.
- Joliveau T.** (1999). *Enquête sur les compétences et besoins en formation dans le domaine des Systèmes d'information Géographique, premiers résultats*. Saint-Etienne, CRENAM.
- Joliveau T. et al.** (1994). *Une maquette de Système d'Information Géographique pour la gestion de l'eau dans le bassin du Lignon vellave*. Saint-Etienne, CRENAM 38 p.
- Joliveau T. et Barge O.** (1998). *Le Réseau SIG Centre-est, un outil de formation*. Saint-Etienne, ATEN, CNRS UMR 5600/CRENAM.
- Joliveau T., Bessenay C., Dupuis J. et Jacqueminet C.** (1995). *Système d'information géographique pour la gestion de l'environnement en Rhône-Alpes. Rapport au Programme Pluriannuel en Sciences Humaines de la Région Rhône-Alpes*. Saint-Etienne, Université Jean-Monnet 60 p.
- Joliveau T. et Degorce J.-N.** (1992). Problèmes et méthodes de gestion de l'information pour un diagnostic du bassin de la Loire. *Revue de Géographie de Lyon* 67 (4): 345-354.
- Joliveau T., Dupuis B. et Chafchafi A.** (1993). *L'utilisation d'ARC/INFO pour la cartographie d'un schéma de mise en valeur aquatique, exemple sur une coupure 1:25000 de l'IGN*, CRENAM/URA 260 15 p.
- Joliveau T., Dupuis B. et Ruelland D.** (2001). *Outils informatiques pour l'analyse de documents dans l'enseignement de la géographie*. *Géomatique Expert*: 38-42.
- Latour B.** (1989). *La science en action, introduction à la sociologie des sciences*. Paris, La Découverte. Edition Folio Gallimard. 663 p.
- Laurini R. et Milleret-Rafford F.** (1993). *Les bases de données en géomatique*. Paris, Hermes. 340.

- Laurini R. et Thompson D.** (1992). *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press. 680 p.
- Le Moigne J.-L.** (1973). *Les systèmes d'information dans les organisations*. Paris, P.U.F. 273 p.
- Lecoeur A. et Quinio B.** (2003). *Projet de système d'information*. Paris, Vuibert. 125 p.
- Longley P., Brooks S., McDonnell R. et MacMillan B.**, Eds. (1998). *Geocomputation, a primer*. Chichester, John Wileys & Sons, 278 p.
- Longley P., Goodchild M. F., Maguire D. et Rhind D.**, Eds. (2001). *Geographic Information Systems and Sciences*. Chichester, John Wiley & Sons, 454 p.
- MacEachren A. M.** (1995). *How Maps Work : Representation, Visualisation & Design*, Guilford Press.
- McCloy K. R.** (1995). *Resource Management Information Systems, Process and Practice*. Londres, Bristol, Taylor & Francis. 416.
- Minvielle E. et Souiah S.-A.** (2003). *L'analyse statistique et spatiale : Statistiques, cartographie, télédétection, SIG*, Les Editions du temps.
- Monmonier M., D.** (1994). *Ridicule as a Weapon Against GIS-Based Siting Studies. Initiative 19 Position Papers*, National Center for Geographic Information and Analysis. 2004. <http://www.geo.wvu.edu/i19/papers/monmonier.html>
- Nyerges T. L.** (1993). Understanding the Scope of GIS: Its relationship to Environmental Modeling in *Environmental Modeling with GIS*. M. F. Goodchils, B. O. Parks et L. T. Steyaert. New York, Oxford, Oxford University Press, 1993: 75-93.
- Ott T. et Swiaczny F.** (2001). *Time-integrative Geographic Information Systems - Management and Analysis of Spatio-Temporal Data*, Springer, Berlin/Heidelberg/New York in.
- Pantazis D. et Donnay J.-P.** (1996). *La conception de SIG, méthode et formalisme*. Paris, Hermès. 343 p.
- Pickles J.**, Ed. (1995). *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*. New-York, The Guilford Press, 248 p.
- Pirot F. et Saint Gérard T.** (2003). *ARC INFO : un logiciel pour thématiciens. Bilan de 10 années d'expérience de formation par la recherche dans le secteur des Sciences de l'Homme et de la Société*, in SIG 2003, Issy les Moulineaux, 1-2 octobre 2003, ESRI France.
- Pornon H.** (1993). Quelques réflexions sur la difficulté d'utiliser Merise pour la modélisation des données géographiques. *Revue de Géomatique* (n°3/1993): 255-263.
- Pornon H.** (1997). *Géomatique et organisations. Contradictions et intégration des projets d'acteurs*. Docteur ès Sciences. Département de Génie Rural. Lausanne, Ecole Polytechnique de Lausanne: 192 p.
- Quodverte P.** (1994). *La cartographie numérique et l'information géographique. Importance et conséquences du progrès des sciences et des techniques*. Doctorat d'Etat. Géographie. Orléans, Université d'Orléans: 3 vol. 769 p.
- Reix R.** (2002). *Système d'information et management des organisations*, Vuibert, 4ème édition. 432 p.
- Rheingans P. et Landreth C. I. G.** (1995). Perceptual principles for effective visualizations in *Perceptual Issues in Visualization*,. G. a. H. Levkowitz: 59-73.
- Roche S.** (1997). *Enjeux de l'appropriation sociale des technologies de l'information géographique pour l'aménagement territorial, Etudes de cas en France et au Québec*. Doctorat. Département de Géographie. Angers, Université d'Anger: 362 p. + 110 p.
- Roche S.** (1998). L'appropriation sociale des technologies de l'information géographique. *L'espace géographique* (1998-4): 317-327.
- Roche S.** (2000). *Les enjeux sociaux des Systèmes d'Information Géographique, les cas de la France et du Québec*. Paris-Montréal, éditions de l'Harmattan. 158 p.
- Rouet P.** (1991a). *Les données dans les systèmes d'information géographique*. Paris, Hermes. 278.
- Rouet P.** (1991b). Les SIG et Merise, questions de méthode. *Revue des sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale* 1 (Volume 1 - n°2/1991): 154-177.
- Sadagopan G. D.** (2000). *Web-Based Geographic Information Systems: Public Participation in Virtual Decision Making Environments*. Major Paper submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University

- in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Urban and Regional Planning. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University: 56.
- Saint Gérard T.** (1998). Les systèmes d'information spatiale appliqués à l'environnement. Le projet d'"Enviroscope". *Cahiers de la MRSH* (n°13): 132-152.
- Saint-Gérard T. et Berger M.** (1994). *Adopter ou adapter les S.I.G. pour la recherche en S.H.S.*, in Géopoint 94, S.I.G., analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 179-181.
- Sanders L. et Durand-Dastès F.** (1985). *L'effet régional, les composantes explicatives*. Montpellier, GIP-Reclus. 48.
- Scholl M., Voisard A., Peloux J.-P., Raynal L. et Rigaux P.** (1996). *SGBD Géographiques - spécificités*. Paris, International Thomson Publishing France. 185 p.
- Shedroff N.** (2001). An overview of understanding in *Information anxiety 2*. R. S. Wurman. Indianapolis, Que: 27-29.
- Sinton D. F.** (1978). The inherent structure of information as a constraint to analysis : mapped thematic data as a case study. *Harvard Papers on Geographic Information Systems*, Ed. G. Dutton, Reading, MA : Addison-Wesley 6: 1-17.
- Stevens S. S.** (1946). On the theory of scales of measurement. *Science* 103: 677-680.
- Tardieu H., Rochfeld A. et Colletti R.** (1989). *La méthode Merise, tome 1 : principes et outils*, Les Editions d'organisation Poche. 344.
- Thériault M.** (1995). *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux*. Laval, Québec, Département de géographie, Université de Laval, Notes et documents de cours N°12. 165 p.
- Tomlin D.** (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 249 p.
- Tomlinson R. F.** (1988). The Impact of the Transition From Analogue to Digital Cartographic Representation. *The American Cartographer* vol. 15 n°3: 251-261.
- Velleman P. et Wilkinson L.** (1993). Nominal, ordinal, interval, and ratio typologies are misleading. *The American Statistician* (47): 65-72.
- Volle M.** (2003). *Le site de Michel Volle*. <http://www.volle.com>
- Winter S.** (2001). Ontology – Buzzword or Paradigm Shift in GI Science ? Editorial for the special issue on Ontology in the Geographic Domain. *International Journal for Geographic Information Science* (15(7)): 587-590.
- ZABR** (2003). *Zone Atelier Bassin du Rhône, bilan et perspectives. octobre 2001-octobre 2003*. Villeurbanne, ZABR 84 p. + Annexes.

6. Renvois

6.1. Table des figures

Figure 1-1. Schéma de Mise en Valeur Aquatique : Planche Connaissance du Milieu (extrait).	27
Figure 1-2. Modèle Conceptuel des Données du SATESE.....	31
Figure 1-3. Le système technique d'un SIG. D'après Eastman et Thériault, <i>op. cit.</i> , modifié....	47
Figure 1-4. Le système d'information a) comme ensemble de ressources (Reix). b) comme ensemble de composantes (Volle). c) (Joliveau).....	51
Figure 1-5. Le SIG comme système d'information a) vu par la société ESRI (document commercial – Années 90); b) vu par Burrough P. A. et Rachael M. (1998); c) vu par Chou Y.-H. (1997).....	53
Figure 1-6. Le cadre conceptuel des SIG selon Chrisman (1997).....	59
Figure 1-7. Exemples de 2 vues procédurales d'un SIG. a) selon Nyerges (1993) ; b) selon Ott T. et Swiaczny F. (2001).....	61
Figure 1-8. Le paradigme des SIG. Source : Thériault (1995).....	62

Figure 1-9. Les procédures SIG et leur place dans la gestion de l'information	66
Figure 1-10. Représentation d'un SIG sous forme d'un modèle en couches	72

6.2. Table des encadrés et des tableaux

Encadré 1-1. Extrait du dialogue sur la liste Géorézo des 1et 2 mars 2004 à propos de l'amortissement d'orthophotographies.....	57
---	----

6.3. Liste des sigles et abréviations

AFNOR	Association Française de Normalisation
ATEN	Atelier Technique des Espaces Naturels
BDU	Bases de Données Urbaines
CEMAGREF	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
GPS	Global Positioning System
IGN	Institut Géographique National
MCD	Modèle Conceptuel des Données
PDA	Personal Digital Assistant
SATESE	Service d'Assistance aux Techniciens des Stations d'Épuration
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SGBD	Système de Gestion de Base de Données
SIG	Systèmes d'Information Géographique
SIGEN	SIG pour les Espaces Naturels
SMVA	Schémas de Mise en Valeur Aquatique
ZABR	Zone Atelier Bassin du Rhône
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique

Parcours 2. Construire un SIG pour la gestion paysagère

1. Recherche d'une méthode de gestion paysagère	83
1.1. La gestion paysagère du territoire, définition et principes	83
L'émergence de la gestion paysagère	83
Les références théoriques	84
Discussion des principes	87
1.2. Vers une méthode de gestion paysagère	92
Quel modèle du paysage ?	93
La dimension participative de la gestion paysagère	95
Les modes de représentation	96
L'information des démarches paysagères	97
2. Construire un système d'information paysager	98
2.1. Les terrains de recherche et d'expérimentation	99
2.2. Intégration des données paysagères	101
Décrire les données	101
La composante visible	102
La composante fonctionnelle	107
La composante documentaire	111
Synthèse sur l'intégration des données paysagères	112
2.3. Structuration des données paysagères	112
2.4. Exploration/interrogation de données paysagères	115
2.5. Transformation et analyse de données paysagères	116
Analyse du paysage matériel et fonctionnel	116
Analyse du paysage visible	120
Analyse du paysage idéal	131
2.6. Modélisation et simulation spatiales	134
Modèles de potentialité	134
Modèles spatio-temporels	136
2.7. Visualisation et communication de données paysagères	138
Le principe de construction d'une vue paysagère numérique	139
Des données à la vue paysagère	145
Quelques grands types de vues paysagères numériques	146
2.8. Conception et pilotage d'un projet de système d'information paysager	146
La conception : penser le problème paysager	147
Le pilotage : maîtriser les ressources du projet	150
Les freins à l'utilisation des SIG en gestion paysagère	155
3. Orientations	157
3.1. Faire le point	157
3.2. Direction	158
4. Planches cartographiques	159

5. Bibliographie	217
6. Renvois	222
Table des figures et des planches	222
Table des encadrés et des tableaux	224
Liste des sigles et abréviations	224

Ce parcours peut se lire comme l'application des principes théoriques exposés dans le parcours précédent au problème spécifique de la gestion paysagère d'un espace rural, en adoptant une conception *construction technique* du SIG. L'essentiel de ce chapitre est donc consacré à l'exposé et à la discussion des méthodes de gestion de l'information géographique utilisables en gestion paysagère. Nous sommes cependant amenés en préambule à exposer et discuter ce contexte d'application lui-même, domaine métier récent et pas encore complètement structuré, pour lequel nous proposons une définition, des principes et une méthode. Ce parcours s'appuie sur les résultats obtenus lors de deux projets de recherche menés entre 1995 et 2000, mais il n'en constitue pas à proprement parler un compte-rendu. Une relecture critique de ces projets et la recherche de techniques et méthodes complémentaires à celles utilisées à l'époque nous ont conduits à proposer une méthodologie générale de l'utilisation de la géomatique dans ce domaine. Nous laissons toutefois de côté dans ce parcours la dimension participative de cette gestion paysagère, qui était pourtant au cœur de nos projets de recherche. Nous avons préféré l'aborder de manière spécifique dans le Parcours 4. L'accent est donc mis ici volontairement sur les aspects méthodologiques, techniques et organisationnels liés à l'intégration de pratiques géomatiques dans les projets de gestion paysagère.

1. Recherche d'une méthode de gestion paysagère

1.1. La gestion paysagère du territoire, définition et principes

L'émergence de la gestion paysagère

Si le paysage est un objet scientifique traditionnel, en particulier en géographie, la question de la gestion paysagère est plus récente en France. C'est au cours des années 90 que le paysage ordinaire (Lelli 2000) devient objet de gestion. Jusqu'alors l'action paysagère ne se manifestait guère que par la protection et celle-ci différait peu de la pratique élitiste de la préservation des monuments historiques ou de l'approche muséologique de la conservation des objets artisanaux et folkloriques (Luginbuhl 1989). Du point de vue législatif et réglementaire, la Loi de protection du paysage du 8 janvier 1993 (dite loi Paysage) est bien entendu le texte marquant la constitution du paysage comme objet d'intervention de la puissance publique. Elle n'est cependant qu'un jalon dans une évolution ancienne. Les lois de 1906 et 1913 sur la « protection des sites et des monuments naturels de caractère artistique » ont été améliorées par la loi du 2 mai 1930, qui a mis en place des procédures concrètes d'inscription et de classement de sites. Même si elle ne mentionne pas explicitement le paysage, la mention des grands sites naturels conduit implicitement à sa prise en compte. La loi de 1993 est toutefois la première à concerner explicitement la protection du paysage. Elle intègre la prise en compte de la dimension paysagère dans des procédures existantes (Permis de construire, Plans Locaux d'Urbanisme, Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP), Code rural, remembrements,...), instaure des Directives paysagères, organise l'organisation de la profession et la sensibilisation des citoyens et des élèves au paysage. La volonté de protéger le paysage s'étend donc au-delà des sites remarquables ou spectaculaires et des lieux porteurs de symboles ou d'histoire, pour toucher l'ensemble du territoire. Mais cette dimension protectrice, dont l'élaboration doit se faire de manière concertée avec les collectivités locales et les associations, trouve des prolongements extra-juridiques dépassant la simple protection. De la protection paysagère, on passe progressivement à la gestion paysagère. La création de chartes paysagères (Gorgeu et Jenkins 1995), d'observatoires paysagers, la commande régulière d'études

paysagères sont le signe du passage d'une logique de protection défensive à une approche de gestion active. Le paysage n'est plus seulement un objet à figer ou protéger. La loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (SRU) et la prescription des Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) ont aussi contribué à l'intégration de volets paysagers dans la planification urbaine.

Selon Luginbuhl, *op. cit.*, le concept de gestion des paysages pointait dès les années quatre-vingt dans la continuité de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles. Un certain nombre de signes annonciateurs de cette émergence étaient perceptibles. La formation professionnelle du paysagiste, trop soumise à une approche visuelle du problème, traversait une crise. Dans la plupart des disciplines concernées on assistait à un nouveau développement des réflexions sur le paysage. En 1994, nous relevions l'immense succès pratique du paysage, qui servait de clé pour ouvrir d'autres portes dans le domaine de l'aménagement et de l'environnement (Joliveau 1994) (Vol. 2 DOC 4). Il nous semblait que se mettaient en place, en particulier dans les zones rurales et les espaces naturels gérés, les éléments d'une gestion paysagère de l'espace, structurée autour d'un faisceau convergent de démarches au départ isolées et diverses. Ce domaine nous semblait devoir s'appuyer sur un ensemble cohérent de méthodes. Pour ce faire, nous pensions que l'urgence n'était pas d'ouvrir à nouveau la question d'une définition théorique de l'essence du paysage. Il fallait construire un concept de paysage comme objet et moyen d'action afin de tenter d'organiser de manière cohérente dans une méthodologie utilisable les opérations, traitements, analyses permettant de rendre compte des paysages « ordinaires » et de faciliter leur gestion. Il était sûr que la question théorique du paysage resterait ouverte, mais il fallait mieux à notre sens en discuter tout en participant à des démarches de cette gestion paysagère en train de s'inventer. Toutefois, pour mieux asseoir notre réflexion, nous avons décidé de nous appuyer sur un principe fondamental : le paysage doit être considéré non comme un objet mais comme une relation. C'est « une modalité particulière du rapport de la société à l'espace et à la nature » pour reprendre les mots de (Berque 1991) ; ou comme le dit Viard (1993), c'est « un rapport social vivant ». Le paysage renvoie depuis la loi de 1993 à des exigences juridiques, mais il ne répond pas à une norme culturelle ou à un système de production ou d'usage donné. Il est devenu une « valeur collective générée, et gérée dans le cadre de rapports sociaux que nous avons à expliciter », *Ibid.* La gestion du paysage est donc indissociable de la confrontation de conceptions différentes que posent des individus ou des groupes à propos de ce rapport social.

Les références théoriques

Il est difficile de poser la question de la gestion paysagère indépendamment d'une discussion théorique plus ou moins complexe. Toutefois, à ce point de l'exposé et compte tenu du but somme toute limité que nous nous sommes donné dans ce chapitre — expliquer les questions méthodologiques liés à la réalisation d'un SIG permettant de supporter une gestion paysagère — nous commencerons par un positionnement pragmatique et modeste. On peut définir simplement la gestion paysagère par une démarche d'intégration de la dimension sensible dans la gestion de l'environnement ou l'aménagement du territoire. Nous entendons par sensible une démarche dont la source se trouve dans les objets matériels localisés dans l'espace, les phénomènes qui se présentent aux sens : toucher, vue, ouïe, odorat. Les approches traditionnelles de l'environnement se fondent essentiellement sur la prise en compte de processus physiques, chimiques ou biologiques. Les approches territoriales sur la répartition

dans l'espace des hommes, des activités et des ressources. Une approche paysagère débute par la description et l'analyse de ce qu'on perçoit par les sens et qu'on appellera le paysage. Rapidement, l'analyse dépasse cette dimension sensible pour atteindre une dimension symbolique d'une part, car le paysage conduit à prendre en compte les attachements culturels ou intimes que les hommes entretiennent avec les choses (Sautter 1991), mais aussi, d'autre part, les fonctionnements biophysiques, écologiques, techniques ou économiques qui déterminent la nature, la fonction et la pérennité de ces objets matériels. Nul besoin donc pour l'instant de définition savante. Celle, concise et simple, du petit Robert suffit : «Paysage : partie d'un pays que la nature présente à un observateur ». Elle renvoie à la nature (dimension matérielle), au pays (dimension sociale) et à l'observateur (dimension subjective), trois dimensions qui constituent la gestion paysagère. L'idée d'utiliser le sensible pour rendre compte du matériel est aussi ancienne que l'idée du paysage. Elle est très largement employée au début du siècle par le géographe Vidal de Blache qui décrivait à travers le paysage les composantes physiques et humaines des régions françaises, dans une démarche qui sous le couvert de fixer les traits intemporels d'un pays à travers les formes qu'il donnait à voir, passait assez largement à côté de l'émergence de nouvelles relations (Vidal de la Blache 1903). Cette approche a montré largement ses limites et les géographes contemporains s'en sont ensuite méfiés. Les agronomes dans la lignée de J-P. Deffontaines ont vu dans le paysage le moyen de déduire des pratiques non directement visibles mais qui impriment leur marque au paysage (Deffontaines et Pringent 1987). Le croisement des approches des géographes et des agronomes a conduit d'autres géographes à proposer une conceptualisation du paysage, d'abord associée à l'analyse naturaliste d'un géosystème, puis intégrant la dimension socioculturelle de celui-ci (Bertrand et Bertrand 2002).

Trois points d'ancrage théorique nous semblent indispensables à une démarche de gestion paysagère. D'un point de vue général et à un niveau quasi philosophique, la gestion paysagère s'intègre dans le cadre général de la médiance proposé par A. Berque. La relation qu'une société entretient avec l'espace et la nature est, selon Berque, une relation médiale, qui imbrique des faits matériels et des représentations. « Cette relation n'existe que dans la mesure où elle est ressentie, interprétée et aménagée par une société ; mais où *aussi*, inversement, cette part du social est constamment traduite en effets matériels qui se combinent avec des faits naturels. Tous ces effets vont dans un certain sens, qui est l'évolution objective du milieu en question ; mais cela justement dans la mesure où ils sont, *aussi*, perçus en un certain sens et représentés en un certain sens par la société ; lesquels sens, donc, jouent de manière mi-subjective mi-objective dans cette évolution. La médiance est à la fois tendance objective et sensation/perception et signification de cette relation médiale » (Berque 1990). Berque invite donc à une compréhension de ces relations médiales, qui sont à la fois physiques et phénoménales, et dans lesquelles circulent des flux de relations qui lient indissolublement les sujets et les objets. Le paysage devient alors la manifestation sensible de cette médiance. Le paysage n'est ni une certaine disposition d'objets matériels dans l'espace ni l'ensemble des représentations que l'on se fait de cette disposition. Comme le dit A. Berque : « Ce que le paysage nous livre, en fin de compte, ce ne sont ni vraiment des apparences, ni vraiment la nature des choses ; mais un moyen terme : des formes prégnantes, qui sont en nous autant qu'elles sont dans le monde. Ce sont elles qui font que nous sommes au monde comme le monde est à nous ». Cette belle phase peut être mise en exergue de toute démarche de gestion paysagère.

A un niveau plus opératoire, il faut nous appuyer sur la « géographie traversière » de Claude et Georges Bertrand (2002) et les postulats de toute analyse paysagère :

1. Le paysage est trivial et global.
2. Le paysage est un objet socialisé qui n'existe qu'à travers une perception et une interprétation socio-psychologique d'un observateur. L'image sociale du paysage est le produit d'une pratique économique et culturelle.
3. Le paysage est *aussi* une structure matérielle¹, concrète et "objective" avec un fonctionnement propre.
4. L'image sociale est le produit d'une pratique économique et culturelle.
5. La complexité du paysage provient du fait qu'il chevauche les grandes catégories métaphysiques : le naturel et le culturel, l'espace et le social, l'objectif et le subjectif. (Bertrand 1978)

L'intérêt d'une démarche paysagère est de ne pas opposer les deux faces du paysage comme réalité écologique et comme produit social. Tout paysage, même le plus simple et le plus banal, doit donc être envisagé comme à la fois social et naturel, subjectif et objectif, spatial et temporel, matériel et idéal, réel et symbolique, écologique et culturel, individuel et social (Bertrand *op. cit.*), (Bertrand 1992). Dans cette acception, le paysage est perçu comme un système, qui correspond à une structure écologique bien déterminée, mais qui ne peut-être saisi qu'à travers un « mécanisme social d'identification et d'utilisation » *Ibid.*. Même si l'analyse paysagère mobilise différentes disciplines, le point de départ ne peut être que social : « C'est le système de production au sens large, c'est-à-dire produisant des biens matériels et culturels qui, à l'intérieur d'un groupe social défini et dans un espace donné, dessine le contenu matériel et culturel d'un paysage ». Une démarche de gestion paysagère ne relève donc pas de la révélation plus ou moins magique d'une relation médiale, mais d'un essai de compréhension et d'analyse du paysage, comme s'il formait un système dynamique (ce qu'il n'est peut être pas seulement). La complexité d'un système paysager se traduit en effet par un certain nombre de décalages et de distorsions (inertie, hystérésis) entre les structures écologiques et les structures sociales et entre les structures matérielles et les structures mentales du paysage. Un des objectifs de la gestion paysagère est donc de mettre en évidence les principales caractéristiques de ce système paysager.

La troisième référence essentielle est bien entendu le modèle conceptuel mis au point à l'Université de Besançon (Brossard et Wieber 1984), (Ormaux 1999), dont une des originalités premières était l'autonomisation de la composante visible du paysage (Wieber 1987a). Le paysage y est en effet envisagé comme l'articulation de 3 sous-systèmes (Figure 2-1). Le premier sous-système est le paysage fonctionnel ou système producteur car il produit, selon différents processus biotiques, abiotiques, économiques et sociaux, les objets qui constituent le paysage. A l'opposé se trouve le sous-système utilisateur, correspondant aux différents acteurs, individus ou groupes sociaux, qui consomment du paysage, sous forme d'images ou de spectacle (Wieber, *op. cit.*). Entre les deux se trouve placé le sous-système du paysage visible, lieu où les objets produits par les mécanismes naturels, économiques ou sociaux sont agencés en « images perceptibles, offertes à la vue même si personne ne les regarde ou ne les voit » *Ibid.* Le

¹ Bertrand écrit « réalité naturelle » mais « matérielle » nous semble plus adapté.

paysage visible est au centre du système. Il donne accès au paysage fonctionnel, avec entre les deux une « zone de non-réductibilité », car il n'est pas possible de passer d'une manière simple des objets visibles aux processus qui les produisent ou les modifient dans un sens ou dans un autre. De la même manière, il existe entre le paysage visible et le système utilisateur un filtre perceptif. Chaque utilisateur trie certaines images parmi toutes les images possibles du paysage visible, en fonction des critères physiologiques, culturels ou de ses objectifs.

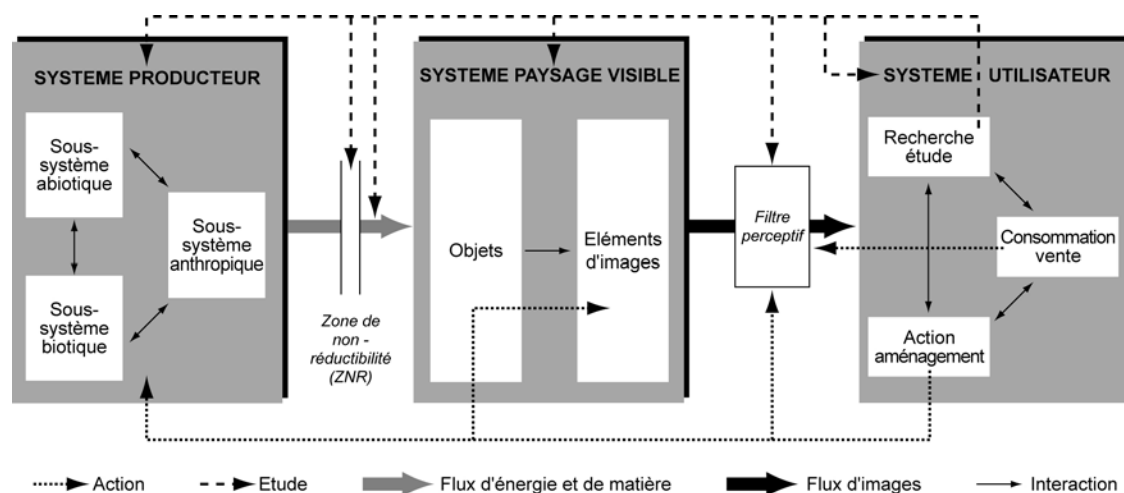


Figure 2-1. Modèle conceptuel du paysage de l'école de Besançon. Source : Brossard T. et Wieber J.-C. (1984). Ormaux S. (1999).

Cette approche permet d'autonomiser et d'objectiver un objet commun à tous les acteurs, l'espace potentiellement visible en tous points, en fonction du relief, de la végétation, des moyens d'accès et avant l'application de filtres perceptifs culturels ou fonctionnels. Il permet donc d'isoler un objet qui est au cœur de la relation paysagère et qu'il est possible de décrire et de mesurer de manière objective. Une gestion paysagère doit intégrer une méthodologie de prise en compte de ce sous-espace visible.

Discussion des principes

Ce cadre général ne peut manquer de soulever des discussions théoriques. On peut relever deux grands types de réfutations *a priori* d'une gestion paysagère du territoire.

Une première critique vient des auteurs de la dissociation, ceux qui défendent le caractère irréductiblement culturel et esthétique du paysage. Pour Roger (1994) par exemple, tout paysage est le produit d'une *artialisation*, une construction historique et intellectuelle, étrangère à l'homme commun. On ne peut passer du pays au paysage « que par la médiation de l'art ». La connaissance des géosystèmes et des écosystèmes « ne fait pas avancer d'un pas dans la détermination des valeurs paysagères » : « l'analyse d'un biotope, la mesure du degré de pollution d'une rivière n'ont littéralement *rien à voir*¹ avec le paysage » *Ibid.*. Cette dissociation absolue des valeurs écologiques et des valeurs paysagères va donc à l'encontre de notre

¹ C'est l'auteur qui souligne.

approche qui postule au contraire la capacité du paysage à relier des modes différents d'existence des choses. Une discussion serrée des arguments n'a pas lieu d'être faite ici. Nous en reprendrons seulement deux.

Le premier est tiré d'un texte très connu de Cueco (1982) dans lequel le peintre interroge son voisin, agriculteur en retraite, pour savoir comment il dit « Il est beau ce paysage ? ». Ce à quoi, celui-ci répond « Es brave lo pais ». Cueco comprend alors que le mot paysage n'existe pas en occitan et que le paysage « est un point de vue d'intellectuel, une abstraction, une fiction. Pour produire du paysage, il faut s'immobiliser, bloquer le regard, cadrer un site. Ce paysage sera dessiné, photographié, décrit. Cette image bloquée, ce temps fictivement arrêté sont des notions de culture savante et qui ne correspondent à aucun vécu habituel des gens » *Ibid.* p. 169. Roger soutient ainsi que la connivence qui peut exister entre le paysan et le paysage est de l'ordre de l'outil et du labeur, et non de la contemplation et de l'esthétique, et qu'elle ne peut donc relever du paysage. Il cite en faveur de sa thèse les témoignages successifs de Cézanne, Wilde et Kant qui montrent que l'ouvrier ou le paysan *usent* mais ne contempnent pas. Pourtant il est des témoins moins fameux dont la convocation amène à contredire cette idée. Ils se trouvent un peu plus loin dans le texte même de Cueco. Les gens de Vigeois semblent apparemment confirmer la thèse du voisin de Cueco. Ils ne parlent pas spontanément de paysage, mais généralement de pays, sauf en deux exceptions : quand il s'agit du paysage de la mémoire, celui qui a disparu. Ou quand c'est un exilé qui parle. Il s'agit alors du paysage de la perte et du manque. Plutôt donc que de postuler un rapport paysager lié à un regard esthétique, artistique ou intellectuel, il est alors plus simple de voir dans le paysage un effet de mise à distance ou d'extériorité. Certes, les habitants ne pensent pas leur espace de vie en terme de paysage. Le paysage est toujours paysage d'un espace autre, celui des loisirs, des week-ends ou des vacances, du cinéma ou de la télévision. Le paysage ne peut naître en tant que catégorie pratique que d'une mise à distance du monde observé, l'instauration « d'une distance critique entre le lieu et le point de vue » (J. Cuisenier cité par Debroux (1992). Paysage et espace vécu sont donc au départ antinomiques. Faire parler de paysage à une société locale, c'est lui faire prendre le parti de l'extériorité.

Le deuxième argument est historique. Il se fonde sur l'apparition récente (au XV^e siècle) du mot hollandais *landshap* pour désigner non un lieu mais un tableau, et le fait que l'on ne trouve pas trace dans la littérature de ce que nous appelons aujourd'hui paysage. Celui-ci serait donc pour l'essentiel une invention picturale ébauchée au XIV^e siècle en Italie et parachevée au XV^e siècle en Flandre. « Ce paysage là, le premier qu'ait connu (apprécié) l'Occident, est tout à fait déterminé : l'invention de citadins, un lieu domestiqué, cultivé, paisible, un pays sage, un paysage, la Campagne, proche et visible de la Ville » (Roger, *op. cit.* p. 446). Le pays lui est le « degré zéro de du paysage », « un endroit affreux » dans lequel, si le visiteur s'y aventure, ce n'est jamais pour la contemplation esthétique. Or cette thèse semble à nuancer. D'après Besse (2000), les mots *landschap* en néerlandais, *Landschaft* en allemand, *paese* en italien ne prendront une connotation esthétique qu'au XVII^e et au XVIII^e siècle, après le développement d'un genre de peinture. Avant, ils renvoyaient à ce qui serait maintenant quelque chose entre le territoire et l'environnement, « lieu ou espace considéré du point de vue de ses caractéristiques physiques, à la lumière de ses formes de peuplement humain et de ses ressources économiques » (Besse, *op. cit.* p. 39). Besse fait d'ailleurs justice un peu plus loin de la conception du paysage moderne comme d'une esthétisation et une picturalisation du regard porté sur la nature. Il montre qu'il y eut au cours des siècles de multiples regards culturels sur la nature, celui du médecin, de l'ingénieur, du religieux, du pèlerin, du géographe, et qu'il serait plus judicieux

d'envisager la question du paysage à l'intérieur « d'une interrogation *anthropologique* générale sur le développement et les transformations des "cultures visuelles" » (Besse, *op. cit.* p. 96) que de la limiter à la dimension esthétique. Il assimile la théorie de la dissociation à une « position moderne post-kantienne », qui assume la séparation entre les différentes formes de la raison (connaissance, jugement moral, jugement esthétique), séparation qui a toujours été contestée. Les échanges entre les différents regards, artistiques et scientifiques, ont de fait toujours existé. Le vocabulaire utilisé au XVI^e siècle pour décrire les représentations géographiques était, par exemple, identique à celui utilisé pour la peinture de paysage (Besse, *op. cit.* p. 35). La gestion paysagère ne peut évidemment ignorer la dimension esthétique que les sociétés contemporaines accordent au paysage. Fondamentale dans le cas des paysages mythiques, elle joue un rôle dans les paysages ordinaires. La mise à distance vis-à-vis du pays que nécessite le paysage conduit à se détacher un moment de l'usage d'un pays pour un regard sur celui-ci. Or ce regard empruntera à l'esthétique en recyclant éventuellement des clichés ou des stéréotypes issus du cinéma, de la peinture ou de la littérature. Mais il n'y a pas de raison de considérer *a priori* qu'il soit impossible aux habitants ou usagers d'un lieu de porter un regard autre qu'esthétique sur un paysage. Vouloir emprisonner le paysage dans sa dimension culturelle, c'est lui enlever par là même toute sa richesse, le rabattre sur sa dimension esthétique en le coupant de la dimension matérielle qui en est la source. Il nous semble donc plus riche de relier par la gestion paysagère les différentes valeurs, écologiques, sociales, économiques..., valeurs d'usage ou de contemplation, que de tisser entre elles des barrières infranchissables.

La deuxième critique porte sur la nature sociale de la relation paysagère. La gestion du paysage est par nature confrontée à l'existence de conceptions différentes, sinon conflictuelles, qui opposent des individus ou des groupes sociaux et dont elle ne saurait sortir indemne. Trois types de risque sont habituellement avancés. Le premier est que la gestion paysagère favorise les conceptions paysagères du groupe dominant. Le second est qu'elle ne soit qu'un habillage factice visant à masquer sous un consensus fumeux des intérêts sous-jacents. La troisième est que le paysage devienne un nouvel objet d'expert, soustrait aux principaux intéressés, et soit donc utilisé avec une des deux fins que nous venons d'exposer. Que le goût paysager soit celui du groupe dominant, on en trouve maints exemples dans l'histoire, qu'il s'agisse du paysage comme invention aristocratique dont parle (Tomas 1994), puis de la transmission régulière des modèles paysagers des classes supérieures vers les classes populaires, du château noble à la demeure du patron de l'industrie, du parc paysager bourgeois aux jardins publics et aux mails urbains du XIX^e puis au jardin pavillonnaire, de l'invention des paysages balnéaires du tournant du siècle au tourisme de masse. La gestion paysagère risquerait alors de se faire uniquement au profit des groupes sociaux dominants. Pour Bertrand (1978) chaque société secrète ainsi une « interrelation paysagère privilégiée imposée à l'ensemble social par l'idéologie de la classe dominante ». Mais, d'abord, cette critique ne touche pas spécifiquement le paysage. Elle concerne aussi l'aménagement et l'urbanisme. Ensuite les situations concrètes sont plus complexes. La différenciation sociale et la division du travail conduisent les différents groupes sociaux à vivre un paysage différent, en fonction de leurs pratiques, leurs usages et leurs cultures. S'il existe bien un système de représentation paysagère dominant, médiatisé et apparemment consensuel (la montagne des sports d'hiver, le bocage normand, le vignoble du Beaujolais), existent aussi des sous-systèmes liés à des acteurs spécifiques et à leurs projets, qui peuvent être plus ou moins en contradiction avec le système de représentation paysagère dominant (Bertrand 1996). Peut-on alors considérer avec Debroux (1992) que le paysage est d'abord un moyen pour aboutir à une représentation consensuelle et superficielle, derrière

laquelle se jouerait une recomposition des rapports de domination à l'intérieur de la société locale ? Si l'on prend un exemple actuel, les projets d'implantations de parcs éoliens font naître des conflits locaux importants, dont les enjeux sont en partie paysagers. Ils opposent, pour faire vite, les populations rurales traditionnelles, agriculteurs, forestiers et artisans, plutôt réceptives à ces projets économiquement lucratifs pour le territoire, et les « rurbains » qui partagent leur existence entre la campagne (repos, loisirs de pleine nature, lieu de retraite, etc.) et la ville (activités culturelles ou professionnelles, origines, études, etc.) (Maillebouis 2003). On peut donc faire l'hypothèse que coexistent sur un territoire plusieurs modèles paysagers, que la vocation d'une gestion paysagère est justement d'explicitier et de confronter. Il y a bien un risque que le paysage soit envisagé comme un simple habillage consensuel cachant des intérêts territoriaux, symboliques, politiques ou économiques sous-jacents. C'est en partie lié au caractère holistique du paysage : « Le paysage est un ; il unifie les dix mille êtres » (Berque 1990). Le rapport paysager a toujours à voir avec une identification (les choses ne sont pas qu'elles mêmes, elles sont aussi en nous). Le paysage conduit à prendre garde à la dimension sensible, métaphorique et symbolique qui s'exprime dans la relation d'une société locale à son espace et à la nature. C'est d'ailleurs son caractère à la fois holistique et identificatoire qui explique le succès pratique de la gestion paysagère. On peut recomposer à travers le paysage, totalité imagée, un quotidien isolé, morcelé, atomisé. Le paysage est une image globale reconstruite à partir de territoires personnels et de trajets individuels. C'est donc une manière de fonder quelque chose qui a à voir avec une communauté (à tout le moins une communauté de vues), pour donner un sens au monde (Joliveau 1994) (Vol. 2 DOC 4). Mais ce caractère globalisant et solidarissant du paysage, ne conduit pas nécessairement à mettre en avant le système dominant et consensuel dont parle Bertrand. Comme le montre l'exemple de la commune de Genas présenté en encadré, le paysage peut servir à nommer et à concrétiser des représentations potentielles. Une phase préalable d'expression des représentations paysagères permet de s'assurer qu'il s'agit d'une construction nouvelle et de ne pas postuler *a priori* un unanimité. Dans la formalisation même de la représentation, le paysage peut être l'instauration d'un nouveau rapport au monde réel, qui changera en retour celui-ci. La vraie question de la gestion paysagère est donc la manière dont peut se discuter ce nouveau rapport.

Un exemple de démarche de gestion paysagère : l'élaboration d'un Projet d'Aménagement et de Développement Durable dans le cadre du Plan Local d'Urbanisme de la commune de Genas (69)*.

Genas est située en dehors de la Communauté Urbaine de Lyon, juste en limite de celle-ci. C'est l'exemple même du village ayant connu depuis 20 ans une croissance démographique très importante, sous forme de taches successives d'un habitat exclusivement pavillonnaire. La problématique fondamentale de la planification de Genas est la question de la densification, considérée comme nécessaire pour lutter contre l'étalement urbain par les urbanistes, de l'État bien sûr mais aussi de la commune, et absolument refusée par les élus et la très grande majorité des habitants. L'enjeu du PLU est donc de garder possible une densification relative tout en recomposant l'urbanisme pavillonnaire de la commune. L'approche paysagiste du PADD s'est avérée très intéressante et pédagogique. Elle a permis aux élus de regarder autrement leur ville et les a aidés à percevoir et comprendre les variations parfois subtiles dans la physionomie des différentes unités pavillonnaires de la commune. Le projet du PLU propose une composition formée de liaisons arborées entre les différents quartiers, la création de coupures vertes afin d'isoler la partie habitée du village de la zone industrielle d'un côté et de la zone agricole de l'autre. Les règlements attachés au zonage du PLU permettent de varier la composition architecturale et rendent possible une densification légère de certains quartiers, tout en conservant un paysage pavillonnaire.

Or l'intervention du paysagiste Olivier Poette conduit autant à construire une nouvelle représentation paysagère qu'à exprimer une représentation préexistante. Pour O. Poette, le rôle du paysagiste est d'ailleurs de mettre des mots sur des objets non réellement perçus par les habitants. Mais cela peut aussi conduire à proposer des mots à la place de mots existants. La représentation traditionnelle de Genas s'exprimait à travers la phrase slogan : "Genas, la ville-village". Après son travail d'analyse visuelle et de typologie des différentes extensions pavillonnaires, le paysagiste en est venu à proposer comme devise d'action "Genas, la ville-parc", qui prend en compte à la fois la végétation dense des anciens quartiers pavillonnaires ainsi que le caractère vallonné et boisé du cadre environnant. Or il s'agit bien d'une transformation de la représentation. "Ville-parc" n'est pas une simple traduction paysagère de "ville-village". Elle sous-tend en fait un autre modèle d'organisation sociale, qui transparaît dans d'autres aspects du projet de règlement du PLU proposé aux habitants. Il est question de limiter la circulation des engins agricoles et d'insuffler une politique de transfert des sièges agricoles en dehors de la zone urbanisée, au-delà d'un talus arboré. L'enjeu est bien d'assumer que Genas n'est plus un village, mais qu'il devient autre chose, un parc. On peut se demander dans le cas de Genas si cette nouvelle représentation fait consensus et vient donc acter dans les faits ce qui se trouvait déjà dans les esprits, ou si elle est simplement la représentation d'une minorité agissante. Dans tous les cas, l'approche paysagère apparaît clairement comme un outil stratégique de transformation du territoire, par l'intermédiaire des représentations.

** Cette analyse s'appuie sur les interventions de Olivier Poette, paysagiste et Martial Gilles chef du service urbanisme de la ville de Genas dans le cadre de la formation organisée par la délégation Rhône-Alpes du CNFPT (Centre de la Fonction Publique Territoriale) du 9 au 11 juin 2004 sur le thème « Interpréter le paysage et le prendre en compte dans les projets d'urbanisme et les documents réglementaires ».*

Encadré 2-1. L'élaboration d'un Projet d'Aménagement et de Développement Durable dans le cadre du Plan Local d'Urbanisme de la commune de Genas (69)

F. Tomas pensait qu'une officialisation du paysage à travers une politique, des procédures, des règlements risquait de conduire à l'institutionnalisation de nouveaux schèmes d'interprétation du paysage, à une normalisation technocratique et rationalisatrice, qui ne conduirait qu'à un « passéisme résigné ou à un conformisme que certains voudraient voir officialiser » *op. cit.*. Pourtant, peut-on simplement opposer à l'élaboration de cette doctrine paysagère officielle, comme le fait Tomas, « la vertu du désordre par la poursuite et l'extension du débat » ? Les revendications et interpellations des associations vont-elles à elles seules permettre le dialogue et la contradiction ? Ne risque-t-on pas plutôt, soit de faciliter la continuation de rapports cachés

de pouvoir, soit de voir émerger, à l'issue de débats confus sur cette notion complexe qu'est le paysage, une solution moyenne, assez proche en fait du conformisme officiel des techniciens et des bureaucrates craint par F. Tomas. C'est tout l'enjeu à notre sens d'une démarche paysagère que de poser collectivement la question du paysage en tant que rapport social. La question est moins pour les acteurs de comprendre les déterminants d'un paysage hérité, que de penser les conditions économiques et sociales qui contribueront à produire les paysages de demain. La médiance de Berque ne se décline pas aisément en méthode d'action. Telle que résumée par son auteur, la raison médiologique se traduit en notions assez vagues : un respect des échelles et des proportions, une attention à ne pas perdre la mesure, une attention au sens des milieux d'une société locale. Ce cadre de pensée est donc moins un outil d'action qu'une ligne de conduite. Le cadre théorique de G. Bertrand maintient donc le caractère holistique du paysage mais sa perspective systémique offre une prise pour articuler les différentes dimensions de l'analyse. Il se veut le support, non d'une science du Paysage tant décriée, et dont G. Bertrand doute qu'elle existe jamais, mais d'une axiomatique et d'une méthodologie de démarche paysagère qui s'inscrit cependant dans une démarche de type scientifique de dévoilement des caractéristiques du système paysager. Dans une démarche de gestion paysagère, il s'agit donc moins de produire une expertise paysagère, que de construire une relation paysagère entre une société et son espace, ce qui renvoie le scientifique à une toute autre posture, bien résumée par (Bertrand et Bertrand 2002) : le paysage est un bon support de « connivence entre le monde des représentations sociales de la nature et les objets naturels dans leur dimension géosystémique » (à propos de connivence, voir aussi : (Sautter 1979)). Nous évoquons dans le Parcours 5 la question du statut épistémologique de ce type de démarche.

1.2. Vers une méthode de gestion paysagère

C'est sur ces principes que nous avons décidé avec Yves Michelin de construire et d'expérimenter une méthode de gestion paysagère dans un projet de territoire, qui tente d'assumer la diversité des points de vue et la richesse des désaccords, tout en parvenant à une compréhension la plus large possible de la relation paysagère, d'une manière assez analogue au projet de paysage de Donadieu (1994). Cette méthode s'appuie sur des éléments déjà existants dans différentes approches ou démarches et d'autres plus originaux. Son intérêt tient à nos yeux en 3 points principaux :

- Elle propose une organisation du travail en étapes logiquement organisées : 1) Partager les regards sur l'espace et les paysages. 2) Comprendre le fonctionnement du système pays-paysage. 3) Construire un projet de territoire par la concertation.
- Elle propose des outils pour faire exprimer les représentations paysagères de tous les types d'acteurs concernés par le paysage d'un territoire rural, qu'ils soient plutôt du côté de la production du paysage (agriculteurs, forestiers, propriétaires, EDF, Équipement ...), de son usage (habitants, touristes, pratiquants de loisirs, ...) ou de la prescription (élus, administration, techniciens...)¹.
- Elle tente de systématiser la gestion de l'information paysagère du projet. L'application de la méthode conduit à enchaîner des opérations de réflexion collective allant du diagnostic à

¹ Cette distinction entre producteurs, consommateurs et prescripteurs doit être comprise comme une simplification commode. Dans la réalité, chacun est à son tour producteur, consommateur et prescripteur de paysage.

l'analyse puis à la prospective et au programme d'action. Un flux d'information accompagne cette démarche, aux formats très variés (photographies, croquis paysagers, cartes techniques, cartes paysagères, blocs-diagrammes complétés collectivement,...) et aux statuts divers (document d'expert, résultat de simulation, document réglementaire,...).

La discussion des résultats obtenus lors de l'expérimentation de cette méthode a fait l'objet de divers articles (Joliveau et Michelin 1998; Joliveau et Michelin 2001; Joliveau et Michelin 2003). Un guide à l'usage des praticiens en trace une présentation systématique (Michelin, Joliveau et al. 2002) (Vol. 2 DOC 15). Nous nous focaliserons ici sur les questions posées par la gestion de l'information nécessitée par cette méthode, dont l'informatisation a été envisagée dès l'origine.

Quel modèle du paysage ?

Le modèle du paysage qui nous sert de référence est fondamentalement le modèle dit de "l'Ecole de Besançon", fondé sur l'autonomisation d'un compartiment "paysage visible". Ce modèle systémique est complètement englobant. Fumey (1983) a d'ailleurs montré de manière convaincante qu'il permettait d'organiser et de classer la totalité des approches paysagères existant dans la littérature. Nous n'apportons à ce modèle que deux changements. Le premier est terminologique. Dans la terminologie de Wieber et Brossard, la perception correspond aux procédures de tri, de sélection qu'un sujet va faire dans le paysage potentiellement accessible aux sensations, en fonction de son histoire personnelle, de sa culture, de sa physiologie, de ses objectifs ou de ses usages. Cette définition renvoie d'ailleurs à la définition courante de la perception, fonction par laquelle l'esprit se représente les objets. Or dans la littérature géographique on utilise plus habituellement la perception pour désigner une captation sensorielle, qui s'effectue sur le terrain dans un contact direct avec l'objet, tandis que le terme de représentation désigne plutôt les (re)constructions mentales de ces objets, détachées de cette relation directe à l'objet (Brunet, Ferras et al. 1992)¹. Si l'on veut arrimer « les images aussi bien aux forces physiques qui fabriquent qu'aux constructions mentales qui les font percevoir » (Wieber 1987a) il nous semble plus clair de conserver le terme de représentation à ces constructions mentales de type culturel ou symbolique en réservant pour la perception sa dimension behaviouriste et cognitive (Gumuchian 1991).

Le deuxième décalage est lié au contexte dans lequel nous utilisons le modèle. L'approche de Wieber et Brossard est de type plutôt positiviste. La fonction du modèle est de fonder une approche scientifique et objective du paysage. Notre approche est plus constructiviste. Il nous semble que le modèle décrit bien les composants à prendre en compte si l'on veut aider des acteurs à (re)construire, en l'objectivant autant que faire se peut, la relation sensible qu'ils entretiennent avec un territoire. Dans ce type d'approche, la question centrale vient de la manière dont le paysage fait sens pour des acteurs. Pour reprendre les termes de Soubeyran (1985), le sens du paysage ne se trouve ni dans le paysage lui-même (position empirique) ni dans l'observateur (position rationaliste) mais entre les deux, ou plus exactement dans l'interaction permanente entre les deux (position constructiviste). L'approche de Brossard et Wieber est directement inspirée des théories de l'information. Elle repose non sur une formalisation mécaniste ou physique du paysage, mais sur une formalisation exprimée en termes d'information (Brossard 1985). Or c'est précisément en appliquant les principes de la théorie de

¹ Antérieurement, Brunet définissait la perception de manière plus large comme Wieber et Brossard (Brunet 1974)

l'information que Soubeyran montre qu'il existe deux versions possibles de l'émergence du sens d'un paysage pour un observateur : un paysage a un sens parce qu'il est lisible, qu'il permet une (re)connaissance instantanée; il peut aussi acquérir du sens car l'utilisateur prend conscience de manière retardée de son incompréhension, d'une altérité du paysage qui correspond à l'effet de mise à distance dont nous parlions plus haut. Un projet de gestion paysagère est en permanence confronté à la cohabitation du sens du déjà-connu et du sens par prise de conscience de l'inconnu. Il est possible de tenter une élucidation de cette construction du sens. Nous restons ici dans une perspective plus constructiviste d'expérimentation d'outils et de méthodes susceptibles de faire partager à des acteurs différents le regard qu'ils portent sur le même espace, en faisant émerger à travers les structures sensibles du paysage les structures matérielles et les dynamiques écologiques et sociales qui les déterminent ainsi que les valeurs et les représentations collectives qui leurs sont attachées. L'analyse et la caractérisation des formes sensibles et de leurs conditions de perception conduisent dans le même mouvement à les relier aux processus écologiques, économiques et sociaux qui les déterminent et aux représentations archétypales, sociales, culturelles qui s'attachent à elles. Elle nous sert à médiatiser, expliciter et formaliser la relation paysagère pour gérer le paysage et le territoire et donner un sens au paysage.

Pour faciliter la réflexion sur la gestion de l'information d'un projet de gestion paysagère, nous proposons de conceptualiser le paysage selon les trois dimensions du modèle de l'École de Besançon¹ (Figure 2-2).

Nous distinguerons trois composants :

- Le paysage matériel ou objet, résultat d'activités humaines et de processus naturels et produit d'un système territorial.
- Le paysage perceptible, correspondant à l'ensemble des sensations que peuvent provoquer les objets matériels. Ce paysage perceptible peut être décrit indépendamment d'un sujet particulier. Rapporté au visible, le paysage perceptible se traduit par l'infinité d'images possibles produites par le paysage matériel. On peut envisager le paysage perceptible dans sa globalité, comme la série continue des paysages dont parle (Wieber 1987b). On peut en décliner des sous-ensembles déterminés en fonction de l'élaboration d'une distance aux objets visibles (itinéraire, choix de points de perception...)

¹ Nous avons changé la terminologie par rapport à notre article de 1994 (Joliveau 1994). L'espace support est devenu le paysage matériel ou objet ; l'espace visible est devenu le paysage perceptible ; l'espace des représentations est devenu le paysage idéal. Il nous a semblé préférable de garder au terme d'espace un sens plus abstrait et de mettre le mot paysage au centre de la conceptualisation.

- Le paysage idéal ou pensé, c'est-à-dire formé par les représentations mentales que les acteurs conçoivent, consciemment ou non, à partir des images du paysage perceptible et des connotations qu'ils leur attachent. Il s'agit d'une interprétation du paysage en fonction de filtres divers, intimes et psychologiques, culturels et sociaux, et liés à des pratiques routinières, à un système de contraintes, à des projets intériorisés ou à des objectifs d'action. C'est à ce niveau que sont repérables ce qu'on peut appeler les valeurs paysagères, c'est-à-dire les préférences que tel ou tel acteur peut montrer pour une image ou un agencement d'objets particuliers.

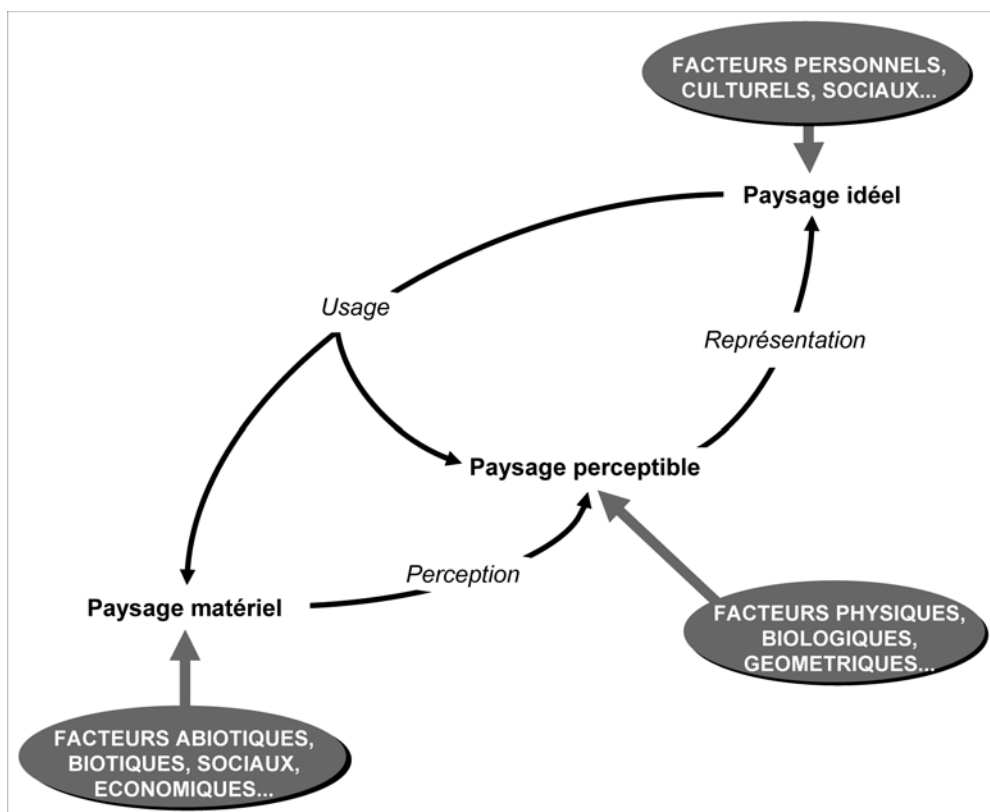


Figure 2-2. Les composants d'un système paysager

C'est à partir de ce paysage idéal, qui fait sens pour les acteurs, que s'établissent des pratiques, des comportements, un système d'actions, positives ou négative (décider de ne plus faire quelque chose par exemple) qui ont des conséquences concrètes sur le paysage matériel.

La dimension participative de la gestion paysagère

Une démarche paysagère ne peut se réduire à une expertise externe. Elle requiert *a minima* une participation des acteurs du paysage. Cela dit, il existe plusieurs degrés à cette participation. Dans nos expérimentations nous recherchions un degré élevé d'intégration des acteurs, qui concernait tant les élus, les représentants professionnels ou associatifs que les habitants dans leur ensemble. Nous souhaitons aussi couvrir un spectre large de la décision puisque la participation intervenait non seulement au moment du diagnostic mais aussi dans les phases

ultérieures comme la recherche de solutions (voir le Parcours 4). On peut aussi opter pour une conception minimale de la participation, qui passe par une consultation avec des méthodes formalisées et adaptées des intéressés pour mettre en évidence leurs représentations du paysage. Nous avons testé avec Y. Michelin ou L. Lelli des analyses à partir de photographies réalisées selon un cahier des charges précis par des habitants auxquels on a distribué des appareils photos jetables, qui ont donné des résultats intéressants (Michelin 1998), (Joliveau, Michelin et al. 2002) (Vol. 2 DOC 15).

Les modes de représentation

La consultation de nombreuses analyses et études paysagères montre l'extrême diversité des moyens de figurer le paysage. On utilise à des degrés divers : la visite directe sur le terrain, selon un itinéraire ou depuis un belvédère ; la photographie qui peut être celle d'un non spécialiste ou d'un expert (architecte, paysagiste, etc.), une carte postale ; la peinture (huile, aquarelle,...) ; le croquis paysager ; le bloc-diagramme ; la photographie aérienne ; la carte selon tous ses avatars ; le discours (poème, narration, argumentation,...). Les promenades ou les vues obliques d'avion sont peu usitées, de même que les films ou vidéos. Les coupes paysagères (présentation des objets paysagers le long d'un transect topographique) semblent plus rares (Gorgeu et Jenkins 1995).

S'il existe de nombreuses analyses scientifiques des représentations spatiales et paysagères et du type d'information qu'il est possible de collecter, il est plus rare que soit analysé l'impact du mode d'expression sur le processus de la gestion elle-même. Selon les inclinations ou les compétences de l'expert en charge, on privilégiera la photographie, le bloc diagramme ou la carte pour exprimer un paysage. Or le choix du mode de représentation est central dans une démarche de gestion paysagère qui entend relier l'objet matériel, sa réalité sensible et les représentations mentales qu'il génère. En effet une démarche de ce type fabrique ce dont elle parle dans le même temps qu'elle l'exprime. Illustrer ou figurer le paysage, par le mot ou par le trait et dans l'une quelconque de ses dimensions, c'est en fournir une représentation nouvelle qui vient directement nourrir le paysage. Le paysage n'a d'existence qu'une fois exprimé, médiatisé pour être soumis à autrui. Les documents de la gestion paysagère fabriquent le paysage autant qu'ils le représentent. C'est pourquoi il est indispensable de réfléchir aux caractéristiques des différents modes d'expression en fonction de leur usage (descriptif, analytique, synthétique). Sans en faire une analyse systématique (voir Vol. 2 DOC 15) on peut revenir sur ces modes d'expression paysagère.

La visite collective sur le terrain conduit à une perception globale et peu sélective du paysage objet. L'interprétation par chacun des acteurs des vues paysagères se fait in situ. La valeur ou le jugement porté sur tel objet, tel phénomène, telle dynamique perceptible est explicité sur le champ et peut donc faire l'objet d'un débat, d'une confrontation et d'une mise en perspective. Par ailleurs, on ne réduit pas le paysage à sa dimension visuelle. Sur le terrain on peut entendre des éléments non visibles (la source, le ruisseau,...) ou même les sentir. La visite sur le terrain constitue une sélection du paysage perceptible liée au choix des points de vue. Privilégie-t-on les points de vues dégagés ? On embrasse d'un seul regard un large paysage mais les détails sont invisibles. Veut-on aller constater des objets paysagers plus précis ? Le choix de l'itinéraire est alors important et participe à la sélection ou à la confrontation de vues différentes. Comment décide-t-on de l'itinéraire ? Des facteurs aussi prosaïques que le mode de déplacement sur le terrain s'avèrent aussi importants : visite-t-on le territoire à pied, en voiture ? Dans ce dernier

cas, les belvédères seront recherchés, et donc un certain nombre de points de vue, souvent déjà répertoriés sur les cartes ou dans les guides touristiques, seront implicitement privilégiés. Si la visite paysagère mobilise un nombre important de personnes, il faudra disposer d'un car qui peut interdire certains cheminements. A contrario, il n'existe pas partout des points de vues d'ensemble et la visite de terrain peut s'avérer une succession de vues partielles et morcelées difficiles à rassembler dans une image d'ensemble. La visite de terrain collective est donc très complexe à organiser.

La photographie au sol est le succédané transportable le plus courant de la vue terrain. Comme cette dernière, elle ne procède pas à un tri des objets retenus dans le champ de vision. Comme celle-ci, elle effectue une sélection dans le paysage visible, à travers le point de vue, mais aussi à travers les choix de cadrage, de moment de prises de vue, de focale, d'émulsion ...

Les croquis paysagers ou les peintures sont comparables aux photographies, et soumis aux mêmes contraintes que celles-ci, pour ce qui est de l'effet vue. Mais la part d'interprétation s'y trouve évidemment beaucoup plus marquée. Tous les éléments du paysage ne sont pas forcément représentés. Une sélection est faite, pour des raisons esthétiques, ou parascientifiques dans le cas du croquis paysager. Des distorsions de forme, de volume, de couleur sont souvent produites.

La photographie aérienne a les mêmes caractéristiques de non sélection d'objets que la photographie au sol. Mais son point de vue d'en haut, qui n'est d'ailleurs pas exactement celui du passager de l'avion, la rapproche de la carte.

Les cartes illustrent une perception sélective. Certaines entités paysagères sont présentes, jamais toutes, et elles font l'objet d'une transposition par simplification et abstraction (choix de figurés, de couleurs qui peuvent être arbitraires, ...). Les blocs-diagrammes correspondent aussi à une vue sélective, mais la transcription se fait au moyen de figurés concrets (formes du relief, arbres, ...) plus proches du croquis.

Les vues obliques terrain, les photos, croquis et peintures illustrent le point de vue d'un observateur réel et fixe, contemplatif promeneur sur un chemin, une route, un belvédère auquel il peut avoir accès. Derrière la vue se profile toujours, en filigrane, le regard de celui qui l'a produite. Les cartes et photographies aériennes illustrent un regard panoptique, qui voit tous les points de la surface sans provenir d'un *point de vue* déterminé. Ce regard ne renvoie à la perception concrète d'aucun acteur du paysage. La photographie aérienne correspond à une vue plus machinique, automatique, tandis que la carte renvoie à une action en déploiement. C'est la vue du militaire (opérationnel et stratégique) ou du technocrate, de l'homme des plans d'actions et des schémas directeurs. La carte présentant comment intégrer à un POS les options décidées à l'occasion de la charte paysagère du Béthunois reproduite par Gorgeu et Jenkins (1997) est un exemple frappant à cet égard. On croirait voir un plan de campagne militaire. Le bloc-diagramme, lui, est plus ambivalent : le regard qu'il reflète peut être celui du scientifique qui explique (le bloc-diagramme est originellement un modèle de géomorphologue), celui de l'enfant ou du naïf qui regarde ... ou du passionné de modélisme ferroviaire.

L'information des démarches paysagères

Notre objectif a été dès l'origine d'utiliser dans la démarche des outils informatiques. Notre hypothèse était que ces outils permettraient de formaliser et d'automatiser les traitements et les analyses et de faciliter l'élaboration de scénarios et les simulations. Nous avons aussi testé des

outils de visualisation interactive en liaison avec les SIG. Le caractère expérimental et assez lourd des outils que nous utilisions au début nous a conduits à utiliser en parallèle des outils manuels et des outils informatiques, de manière à pouvoir disposer d'une marge de sécurité dans des démarches où nos partenaires attendaient des résultats. Comme nous travaillions avec de "vrais" acteurs, nous avons dû souvent privilégier des rendus de type manuel, en particulier lors des phases concertées. Mais nous avons cependant pu comparer les résultats obtenus avec des outils numériques et des outils manuels ainsi que tester en vraie grandeur des outils de visualisation et des applications de simulation paysagère. Les travaux menés lors de ces expérimentations et complétés parallèlement ou ultérieurement sur les mêmes terrains ont permis de jeter les bases d'une méthodologie d'élaboration d'un système d'information paysager.

2. Construire un système d'information paysager

L'exposé systématique des questions méthodologiques liées à la mise en œuvre d'un SIG est une reconstruction a posteriori d'une démarche méthodologique. Elle s'appuie sur des travaux menés dans divers projets de recherches portant sur la gestion concertée de l'espace rural avec une entrée paysagère (Joliveau et Michelin 1998; Joliveau et Michelin 2001; Michelin, Joliveau et al. 2002) (Vol. 2 DOC 10, 13, 15), et sur la bibliographie disponible essentiellement en français¹. Pour comprendre la logique de ces projets, on se reportera en particulier aux documents du Volume 2 n° 10 et 13. Leur problématique portait autant sur la gestion concertée, qui fait l'objet d'une étude systématique dans notre Parcours 4, que sur les aspects techniques. Entre les années 94-95 et aujourd'hui, les principaux changements techniques sont liés à la disponibilité des données et à l'amélioration des rendus paysagers. Même si nous souhaitons rester précis dans les aperçus techniques des traitements de l'information, nous ne souhaitons pas détailler des opérations soit devenues classiques, soit rendues obsolètes par le fait de l'évolution technologique. Nous tenterons autant qu'il sera possible de replacer les traitements dans la dynamique générale de l'évolution des technologies. Nous nous plaçons ici dans le contexte technique d'un thématicien, c'est-à-dire que nous ne mettons en œuvre que les outils disponibles dans les logiciels SIG, même si ceux-ci sont à caractère analytique et scientifique.

Cette reconstruction méthodologique suit l'ordre des procédures d'élaboration d'un SIG présenté dans le Parcours 1. On envisagera successivement la collecte des observations, la structuration des données, l'analyse des données, la modélisation et la simulation, la visualisation et la communication. La procédure de conception et le pilotage du système, moins technique, sera abordée dans la section suivante.

Nous nous plaçons dans une logique de mise en place d'une infrastructure intégrée d'information permettant la gestion du paysage et non dans une logique de mobilisation opportuniste d'outils informatiques divers pour répondre à des objectifs paysagers. Notre approche vise à construire ce que nous avons appelé un système d'information paysager (Joliveau, Belvèze et al. 2002), c'est-à-dire un système d'information *pour le paysage*. Nous laisserons en retrait ici la dimension organisationnelle de ce système d'information et insisterons

¹ Une des caractéristiques de la recherche française sur la gestion paysagère est qu'elle ignore assez souvent les travaux étrangers, en particulier anglo-saxons. Une revue systématique de cette bibliographie fait partie de nos projets à moyen terme.

plutôt sur les dimensions méthodologique et technique, mais nous restons dans la perspective de constitution d'une base de données géographiques à finalité de gestion paysagère.

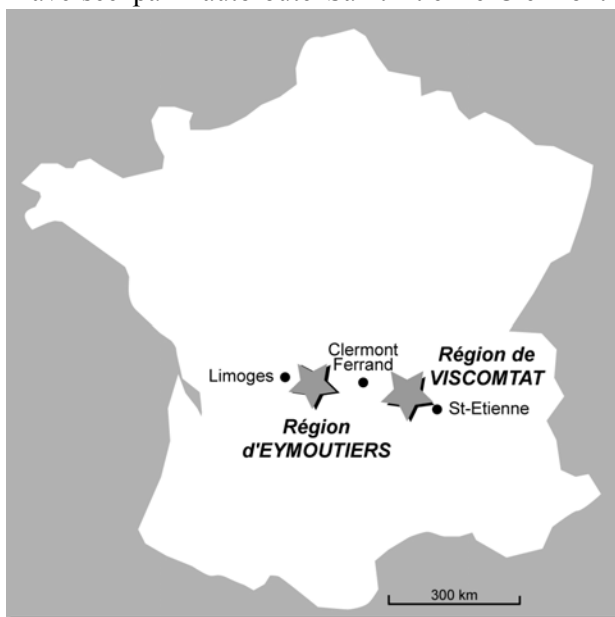
Un système d'information de ce type diffère d'un système d'information géographique classique en ce sens qu'il doit être organisé pour rendre compte des structures spatiales visibles d'un espace donné. En effet on greffe aux outils de description de l'espace une autre dimension, celle de la relation sensible à cet espace. Cette dimension est pour l'instant réduite à la vue, mais une recomposition des paysages sonores ou olfactifs peut s'envisager, si l'on dispose des modèles adéquats. Le cœur du système d'information reste bien la description des structures spatiales, mais le caractère central de la dimension visible structure le système dès sa conception. Le système de visualisation doit prendre en charge les tâches d'analyse visuelle et la reconstruction de la dimension sensible que les acteurs, habitants ou usagers, entretiennent avec les objets situés dans l'espace. Mais cela a des conséquences aussi sur les données nécessaires, leur format, leur organisation, leur qualité et leur précision. Ce que nous décrivons ci-dessous est du même ordre que ce que nécessite la création d'un Système d'Information Géographique, avec des spécificités que nous allons préciser.

2.1. Les terrains de recherche et d'expérimentation

Nous avons expérimenté les méthodes décrites ci-dessous dans deux régions du Massif central : à Viscomtat dans la Montagne thiernoise et à Eymoutiers dans le Pays Monts et Barrages. Ces régions sont toutes les deux des zones à dominante d'élevage, éloignées des grands centres urbains et en situation de déprise rurale et agricole (Figure 2-3). Malgré ces caractéristiques communes, les types d'élevage qui y sont pratiqués, leur degré d'éloignement par rapport à la ville proche et les traditions culturelles et sociales en font des « pays » très différents.

Figure 2-3. Localisation des terrains de recherche

Traversée par l'autoroute Saint-Etienne-Clermont-Ferrand, la communauté de communes de



Chabreloche à laquelle appartient Viscomtat est proche de Thiers et l'activité coutelière a marqué tant l'économie que les paysages de la région. Le sciage et la coutellerie ont longtemps occupé les bourgs et les vallées encaissées et des ouvriers double-actifs ont maintenu longtemps une petite agriculture alors que dans les zones moins favorables à l'implantation de la coutellerie, les agriculteurs se sont consacrés entièrement à la modernisation de l'agriculture. La modernisation agricole de l'après-guerre s'est traduite par de vastes plantations nouvelles sur d'anciens parcours collectifs sectionnaux

et un développement rapide de boisements épars, qui sont le fait d'agriculteurs retraités et de propriétaires non résidents ne trouvant plus de locataires. La crise de la coutellerie, les transformations liées à l'agriculture moderne (élevage hors-sol) et les sollicitations du Parc

Naturel régional du Livradois-Forez, auquel appartient la Communauté de communes, ont conduit les élus à se mobiliser sur la maîtrise de l'espace et le maintien de paysages ouverts. Notre intervention portait sur l'analyse des enjeux paysagers et des logiques d'acteurs. Elle a concerné d'abord une commune, puis l'ensemble de la Communauté de communes.

Situé à la limite de la Creuse et de la Haute Vienne, au bord du Plateau de Millevaches, le territoire du pays Monts et Barrages est une zone à cheval sur la moyenne montagne et le plateau aux caractéristiques assez originales en Haute-Vienne. Au départ du projet, on trouve une demande de la Chambre Départementale d'Agriculture de la Haute-Vienne à propos de la gestion agricole des paysages en cohérence avec un projet de territoire à l'échelle de trois cantons. Nous avons dans une deuxième phase mis en place une plate-forme multi-acteurs de réflexion prospective sur le paysage, articulée aux réflexions de mise en place d'un contrat de pays, dont les résultats sont analysés dans le Parcours 4. Dans les deux cas, il s'agissait à travers une entrée paysagère d'aider un groupe d'acteurs à réfléchir sur son territoire. Dans les deux cas, il s'agissait d'une tentative un peu braconnière de produire des résultats de recherche en se rattachant à des opérations de gestion menées parallèlement (opération de gestion de l'espace, projet de pays).

On peut distinguer trois projets auxquels ont correspondu à chaque fois l'élaboration d'un système d'information spécifique. Le premier projet paysager de la montagne thiernoise (on l'appellera le projet *Viscomtat*) avait deux caractéristiques importantes. La problématique paysagère des acteurs se centrait sur la question de la fermeture du paysage par les boisements et l'enfrichement. Il était aussi monoscalaire : notre point de vue était centré sur Viscomtat, commune vaste (5000 ha). Nous ne cherchions pas à focaliser sur une sous-partie de la commune ou à replacer celle-ci dans une région plus large. Il s'agit du premier projet dans lequel a été testée une partie des méthodes utilisées ensuite et qui avait une dimension de visualisation paysagère assez forte.

Le projet mis au point dans le Pays Monts et Barrages, qu'on appellera *Eymoutiers*, a été mené en très étroite collaboration avec la Chambre d'Agriculture. Il portait sur un espace plus vaste (un canton pour une première phase avec une extension à trois cantons lors de la seconde phase). Le projet était caractérisé par deux paramètres. Le partenaire principal de la recherche, la Chambre Départementale d'Agriculture disposait déjà d'une base de données géographiques pour ses besoins propres et avait une stratégie de gestion de données. Par ailleurs nous étions confrontés à la multiplicité des niveaux de perception de la réalité à décrire. La zone d'étude couvrait une surface très vaste (3 cantons ruraux) mais la représentation traditionnelle de la plupart des acteurs, et aussi de la chambre d'agriculture, se situait à un niveau très fin, celui de la parcelle, qu'elle soit foncière ou forestière. Le projet était multiscalaire et trois bases de données ont été réalisées à différentes échelles pour répondre à des questions différentes : trois communes de référence, le canton d'Eymoutiers (principale base de données), les trois cantons. La dimension visualisation s'est avérée plus faible qu'à Viscomtat. On trouvera une tentative d'explication de ce fait dans (Joliveau et Michelin 2001) (Vol. 2 DOC 13).

La deuxième phase du projet de la montagne thiernoise, commencé en 1999, avait deux objectifs. Proposer un descriptif paysager à l'échelle des neuf communes de la Communauté de communes de Chabreloche et réaliser un diagnostic concerté. Nous l'appellerons dans ce qui suit le projet *Chabreloche*.

Les SIG constitués dans ces projets avaient deux objectifs. Le premier était de supporter le travail de gestion et de présentation de données, surtout cartographique, nécessité par les projets. Le second était de tester l'adéquation des outils géomatiques aux objectifs spécifiques de la gestion paysagère. Leur utilisation était dès lors plus expérimentale.

2.2. Intégration des données paysagères

Les données nécessitées par la gestion paysagère sont extrêmement diversifiées. On peut cependant distinguer trois grands types, liés aux trois dimensions paysagères. Certaines données se rapportent à la dimension visible du paysage et renvoient donc aux composantes matérielles¹ qui concourent directement à l'apparence d'un paysage. Ce sont les données décrivant la végétation et l'occupation du sol, le bâti, les formes, les éléments et structures du relief, les limites structurant le regard (voirie, limites parcellaire, cours d'eau,...), les objets paysagers caractéristiques (arbres isolés, murets de terrasse, clôtures, édifices remarquables,...). Ces entités ont un statut un peu particulier dans un Système d'Information Paysager. Elles doivent avoir une structure et porter des attributs qui en permettent un rendu spécifique sous forme de vues paysagères.

D'autres données se rapportent à des éléments, visibles ou non, qui ont un statut qu'on peut qualifier de fonctionnel. Leur description dans le système d'information est nécessaire car elles décrivent des facteurs qui influent directement ou indirectement sur la structuration du paysage et son évolution. Il peut s'agir selon les cas des structures foncières, des modes de faire-valoir, de la qualité agronomique des sols, des caractéristiques stationnelles de la forêt, de la nature des aquifères, de la présence de pôles de fréquentations, de paramètres sociaux ou culturels... Certaines données relèvent des deux catégories. Beaucoup d'entités visibles sont aussi fonctionnelles : bâti, zones de végétation, plans d'eau ... Leur double fonction peut cependant nécessiter deux descriptifs différents.

Enfin un système d'information paysager doit intégrer des données qu'on peut appeler documentaires. Il peut s'agir de représentations paysagères sous forme de texte, de documents sonores ou visuels. La condition de leur intégration dans le SIG est que la représentation soit localisable.

Pour ces trois types de données, la constitution de la base de données est bien entendu complètement liée aux objectifs et à l'échelle du projet et à la nature de la zone à décrire. Nos travaux concernent des régions rurales, agricoles et boisées, à la démographie déclinante et où les dynamiques de développement sont faibles. Les données que nous avons utilisées sont très fortement déterminées par ce contexte. Un Système d'information paysager d'une commune périurbaine ou d'une ville moyenne aurait bien sûr d'autres besoins.

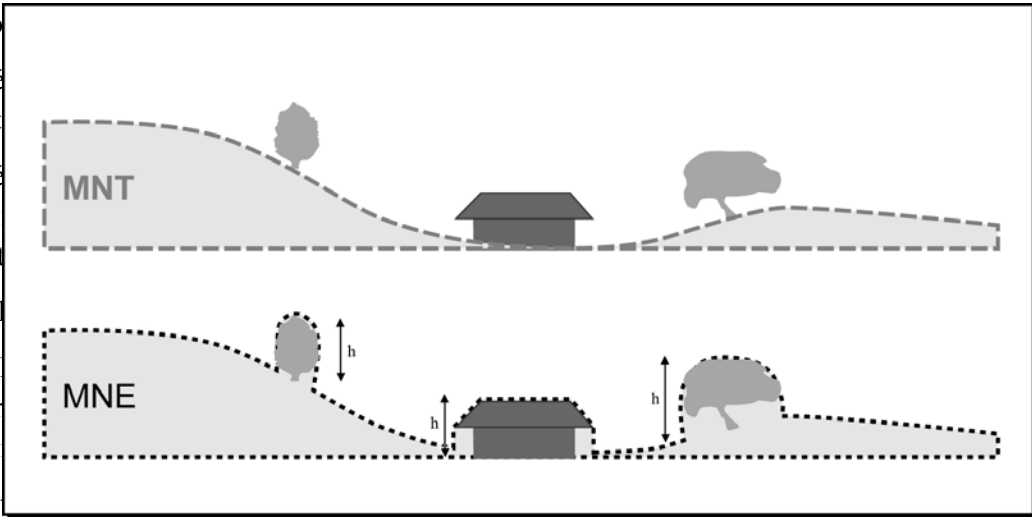
Décrire les données

La description des données relève de ce que l'on appelle les métadonnées, c'est-à-dire de descriptifs de données formalisées permettant de fournir une évaluation de la qualité des données produite lors de la transmission à un tiers (client ou partenaire). Un consensus sur les

¹ Nous nous plaçons dans le cas où le lien sensible à l'espace se fait par la vue, car le paysage visuel est prédominant dans les approches actuelles. Il existe cependant de plus en plus d'applications qui mettent en œuvre des modèles de spatialisation du bruit et grâce auxquelles pourraient être reconstitués des paysages sonores, voir (Augoyard 1991). De même, on peut imaginer que des modèles atmosphériques puissent dans le futur servir de base à la reconstitution de paysages olfactifs.

prescriptions de ce que doit être une bonne description des données géographiques date d'une dizaine d'années, même s'il reste encore des discussions sur certains critères. A partir de (Laurini et Milleret-Rafford 1993), (Azouzi et Merminod 1996), (Goodchild et Jeansoulin 1998) et (Burrough et Rachael 1998), on peut lister les descripteurs suivants :

- Généalogie (*Lineage*) : historique de toutes les opérations et transformations qui ont produit l'état actuel des données y compris ce qui concerne leur référentiel (co
- Pré
- ent
- Pré
- la
- l'at
- Ex
- Co
- par
- de
- Ac



Nous ne passerons donc pas au crible systématique de tous ces critères techniques les différentes données utilisées ou utilisables dans des projets de gestion paysagère. Mais nous mentionnerons, de manière plus ou moins formalisée, les critères de précision spatiale et d'actualité des jeux de données. A ces critères techniques, il faut aussi ajouter les contraintes financières et organisationnelles de leur emploi que nous mentionnerons rapidement dans le contexte de nos projets.

La composante visible

Les formes du relief

Décrire le relief conduit à représenter numériquement la surface du sol. Il s'agit d'une donnée qui varie de manière spatialement continue, et dont les valeurs ne peuvent par définition être connues en tout point de l'espace. Cette représentation passe par une estimation des valeurs d'altitude en certains points de la zone considérée, que l'on appelle de manière générale Modèles Numériques de Terrain (MNT), Modèles Numériques d'Altitude (MNA), Modèles Numériques d'Élévation (MNE) ou Modèles Numériques de Surface (MNS), selon que l'on mesure l'altitude du sol naturel, ou du sur-sol lié au bâtiment ou à la végétation. Les appellations varient selon les auteurs¹. Cette distinction est très importante dans le cadre d'un Système d'information paysager. Pour notre part, nous appellerons Modèles Numériques de Terrain (MNT) les modèles qui mesurent l'altitude du sol, Modèles Numériques d'Élévation (MNE) ceux qui prennent en compte l'altitude du sursol, c'est-à-dire le sol nu, le toit des bâtiments et le sommet de la végétation (cf. Figure 2-4), MNS et MNA étant des termes génériques.

¹ On trouve assez souvent le terme MNS pour l'altitude du sur-sol.

Figure 2-4. Différence entre un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et un Modèle Numérique d'Élévation (MNE)

Un MNE représente l'enveloppe des objets perçus, à partir desquels il faut reconstituer ces objets. Il peut être produit directement à partir d'imagerie numérique au moyen de techniques variables selon les types d'image (photogrammétrie, radargrammétrie ou interférométrie). Pour calculer le MNT qui modélise l'altitude du sol "naturel" on procède par digitalisation de courbes de niveau. La résolution spatiale et la précision altimétrique varient en fonction des techniques utilisées (Tableau 2-1) Il faut donc disposer de données externes sur la hauteur des objets pour reconstituer leur enveloppe. Il existe plusieurs techniques de saisie de données visant à produire des MNS. Des techniques plus récentes de levés laser aéroportés semblent prometteuses pour les approches paysagères. Elles sont à la fois très précises et peu coûteuses. Surtout le laser renvoie deux échos au contact d'un objet, au niveau du faite (du toit ou de la canopée) et au niveau du sol. On pourrait alors disposer en un seul passage d'un MNT et d'un MNE (de Joinville, Saur et al. 2003).

Les différents modèles de structuration informatique de ces données à variation spatiale continue des données altimétriques, en mode raster ou vecteur (TIN = Triangle Irregular Network), sont bien connus et depuis longtemps (Goodchild, Kemp et al. 1996), (Burrough et Rachael 1998) ; nous ne les reprendrons pas ici. Dans les deux projets nous avons privilégié des structures raster, gérés par nos outils d'analyse (Idrisi et Arcview Spatial Analyst) et bien adaptées à l'exportation vers des outils de rendus paysagers. Dans le projet Viscomtat, nous avons utilisé successivement deux méthodes. Nous avons d'abord testé le calcul d'un MNE au moyen du logiciel Géoimage¹ à partir d'un couple stéréoscopique de photographie aérienne. Le résultat s'est avéré tout à fait satisfaisant pour certaines visualisations paysagères en vue oblique, mais peu utilisable pour dériver des calculs topographiques de pente ou forme. La technique était à l'époque trop longue pour traiter en entier la commune de Viscomtat qui couvre une dizaine de couples de photographies. C'est pourquoi, nous avons produit ensuite un Modèle Numérique de Terrain, exprimant donc l'altitude du sol "naturel", par interpolation des courbes d'altitudes digitalisées à partir de la carte topographique au 1:25 000. On peut estimer l'erreur de ce modèle à la moitié de l'équidistance entre deux courbes, soit à peu près 5 m. Pour le projet d'Eymoutiers et pour Chabreloche, nous disposions du MNT de la Base de Donnée Alti de l'IGN qu'avaient acquis nos partenaires (Chambre d'Agriculture et PNR du Livradois-Forez). La BD Alti a une précision altimétrique qui varie de 2.5 m en moyenne en plaine à 20 m dans les zones montagneuses. Sa principale limite est sa résolution spatiale. L'échantillonnage de points se faisant tous les 50 m, les talwegs ou les éléments de taille inférieure à la résolution sont souvent lissés. En fonction de la méthode d'interpolation choisie et du type de relief à rendre, on parvient à corriger plus ou moins ces artefacts (di Salvo et Troipoux 2001). Le choix d'une modélisation TIN pure ou combinée avec une interpolation raster à l'intérieur du triangle telle que la propose le logiciel Idrisi, permet d'intégrer dans la triangulation les données d'altitude d'éléments remarquables (crêtes, fonds de vallées, promontoires, sommets et

¹ Travail réalisé par O. Barge du CRENAM. Voir le site : <http://www.univ-st-etienne.fr/crenam/donnee/paysage/html/mntaer.htm>

hydrographie) qui améliorent sensiblement la modélisation du relief. Elle est donc bien adaptée au traitement de rendu numérique de paysage, aux calculs de pente, d'intervisibilité ou d'éclaircement. Cette donnée s'est avérée satisfaisante pour une utilisation paysagère générique aussi bien à Chabreloche qu'à Eymoutiers, en conservant la résolution d'origine (50 m), que dans les tests réalisés ensuite sur Viscomtat, en interpolant une grille de résolution 20 m ou 10 m. A Eymoutiers comme à Viscomtat, le Modèle Numérique d'Élévation a été calculé en ajoutant au MNT une altitude moyenne en fonction des différents types d'utilisation du sol.

Tableau 2-1. Caractéristiques des différents modes de production d'un MNS. Source : Dupont S., Demargne L. et Durand P. (1998) cité par Charleux-Demargne J. (2001)

L'occupation du sol

Il faut d'abord distinguer si l'on peut se contenter d'une représentation de l'occupation du sol sans sémantique, sans attribut, telle que celle qui est fournie par les photographies aériennes ou les images satellitaires non traitées, ou si l'on doit disposer d'une information portant une taxonomie explicite de la nature de l'occupation du sol, qu'il s'agisse d'une description raster sous forme d'image portant les codes taxonomiques ou de fichiers vecteur d'entités aréales. Là encore, il existe de nombreuses manières de collecter des données en fonction des objectifs du projet et des caractéristiques de la zone.

Les données d'imagerie aérienne et les cartes topographiques scannées sont utiles soit pour une visualisation directe de l'occupation du sol, soit comme source d'information thématique. A Viscomtat, la photographie aérienne de la mission la plus récente de l'IGN (1994) et la carte

<i>Techniques</i>	<i>Résolution spatiale (m)</i>	<i>Précision altimétrique (m)</i>
Carte topographique + digitalisation	10 - 100	5 - 50
Photographie aérienne + photogrammétrie	30	< 4
Image Spot + photogrammétrie	20 - 40	10 - 20
Image Radarsat + radargrammétrie	30	15 - 25
Image ERS + interférométrie	30 - 40	5 - 20

topographique au 1:25 000 ont été scannées et recalées pour servir de références. Plus récemment, nous avons acquis la BD ortho de l'IGN, et scanné et recalé les photographies aériennes de 1946. A Eymoutiers, le projet a acquis en complément le

scan100 de l'IGN, fichier image de la carte « topographique » au 1:100 000, pour pouvoir visualiser le canton de manière globale et un orthophotoplan, jeu de photographies aériennes numériques, recalées, géoréférencées et mosaïquées avec une résolution spatiale de 1 mètre, commandé spécialement à la société GEOSYS pour avoir au contraire une visualisation fine de l'occupation du sol.

Pour disposer d'une base de données thématique sur l'occupation du sol, deux stratégies de collecte ou d'acquisition de données sont possibles, éventuellement en complémentarité. La première solution est de constituer une couverture d'occupation du sol *ad hoc* par interprétation de photographies aériennes. Ainsi, à Viscomtat il n'existait en 1995 aucune donnée numérique sur l'occupation du sol. Les données ont été obtenues par photo interprétation de trois missions de photographies aériennes en 1960, 1985 et 1994¹. Seuls les grands types de végétation ou d'utilisation ont été distingués : prés-pâtures, feuillus, résineux, forêts mixtes, plantations récentes, landes. On a aussi replacé les données d'occupation du sol mentionnées sur la matrice et le plan cadastral de 1835 sur un fond topographique au 1:25 000 puis digitalisé les contours. A Chabreloche, deux ans plus tard, nous avons utilisé à l'échelle de la Communauté les données numériques d'occupation du sol issues de l'interprétation d'images satellitaires selon le protocole Parkview pour deux dates (1989 et 1998)² dont disposait le PNR du Livradois-Foréz (Joliveau, Michelin et al. 2002) (Vol. 2 DOC 15). La typologie d'occupation du sol de Parkview était beaucoup plus riche que la première, puisqu'elle distinguait 15 taxons : les zones urbanisées, les cultures, les pelouses et les pâturages d'altitude, les prairies, les forêts de conifères, les forêts mélangées, les forêts de feuillus, les forêts de conifères jeunes, les formations arbustives en mutation, les landes hautes, les landes basses, les roches nues et les zones à érosion. Elle permettait donc de distinguer des évolutions et de produire des rendus paysagers plus détaillés. A Eymoutiers la Chambre d'Agriculture disposait de l'Inventaire Forestier National pour l'année 1991, avec une typologie d'occupation du sol essentiellement forestière : non boisé, résineux, mixte, feuillus, landes, terre inculte. On a digitalisé en complément les zones boisées à partir de la carte topographique au 1:100 000 de 1950 afin de disposer d'une situation de référence globale.

Le choix entre les différentes stratégies dépend bien entendu des objectifs. Créer une base de données spécifiques par photo-interprétation de photographies aériennes ou d'images satellitaires est souvent rendu nécessaire pour constituer des historiques. Mais c'est un travail long et coûteux. Les jeux de données issus de l'interprétation des images SPOT ont l'avantage de proposer une typologie beaucoup plus physiologique, liée à la nature de la réponse radiométrique de la surface du sol lors du passage du satellite. Elle est donc a priori bien adaptée à la représentation des structures visibles car assez proche de ce qui s'offre à l'œil en se déplaçant sur le terrain. Les "bois" ne sont plus un ensemble indéfini : on peut y distinguer des conifères et des feuillus, des arbres plus jeunes, donc une diversification des états du paysage, nécessaire aussi bien pour l'analyse que pour le rendu. Il existe maintenant plusieurs jeux de données sur étagères utilisables à des échelles plus ou moins grandes : BD Topo ou BD Pays de l'IGN, couverture Corine Land Cover. Ces bases de données offrent une nomenclature homogène de l'occupation des sols sur l'ensemble du territoire couvert. Plus l'échelle de référence est petite, moins la nomenclature est précise. Les contours sont lissés et généralisés et excluent les surfaces inférieures à certains seuils. Ces jeux de données restent souvent trop généraux pour rendre compte des nuances paysagères. Ils sont disponibles sur tout le territoire français et permettent de procéder rapidement à des traitements globaux sur des zones vastes.

¹ Travail réalisé par un groupe d'étudiants de l'ENITA de Clermont-Ferrand

² Interprétation réalisée par la société TTI production, dans le cadre du programme Parkview, qui vise à fournir pour tous les espaces naturels français une couverture SPOT et son interprétation à deux dates.

Ces données doivent souvent être complétées par des données collectées localement en fonction d'une problématique spécifique.

Qu'elle soit sous-traitée ou réalisée dans le projet, la photo-interprétation nécessite un protocole rigoureux et un contrôle du processus de suivi. A Viscomtat, le fait que différents groupes d'étudiants aient travaillé séparément, malgré un protocole commun, peut avoir généré des différences d'interprétation. Toutefois, les catégories, choisies pour être compatibles avec celles du cadastre de 1835, restent assez simples pour ne pas être sujettes à trop d'erreurs. Celles-ci sont beaucoup plus nombreuses pour les photos anciennes, dont l'état est souvent dégradé. Dans les données de Parkview, on a constaté aussi des lacunes et des erreurs ; 4 ha n'ont pu être renseignés sur l'image de 1998 à cause des nuages. Surtout, la nature du signal ne permet pas une identification parfaite. Des confusions classiques existent entre les zones urbanisées, les cultures, les sols nus et les roches apparentes, entre les prairies, les cultures et les landes et entre les différents types de forêts. Un rapide calcul avec le SIG montre que la confusion de l'habitat est beaucoup plus importante que les 8 ou 9 % de mal classés indiqués par la matrice de confusion fournie par les auteurs de l'interprétation (TTI-PRODUCTION 2001). On trouve à Viscomtat 25 ha de zones urbanisées d'après l'image SPOT de 1989, 98 Ha en 1998. Une digitalisation d'après la carte topographique de l'IGN récente indique quant à elle une superficie d'habitat groupé de 54 ha. Les nouveaux lotissements ont été très rares à Viscomtat. Il est donc évident que la valeur de 1989 est trop faible et celle de 1998 trop forte. Cette valeur s'explique par la présence de brume sur l'image et par un complément d'interprétation appuyé sur la carte IGN trop rapide. L'importance de ces confusions montre le manque de précision qui peut être associé à ce type de données. Son importance dépend de la qualité de l'interprétation et donc directement de son coût.

Un des points favorables pour la constitution de données paysagères est la généralisation des systèmes d'informations géographiques dans les différents organismes intervenant à l'échelle locale, et en particulier dans les Communautés de commune. Celle-ci s'accompagne de la collecte d'informations liées à des applications spécialisées (droit des sols, gestion des exploitations agricoles, plans de gestion, ...). Les besoins de la gestion du territoire vont nécessiter aussi une description de l'occupation du sol, qui pourra constituer une base à compléter pour la gestion paysagère.

Les éléments structurant la vue

A Viscomtat, les linéaires de haie en 1994 ont été digitalisés directement sur la photographie aérienne de 1994 et les cours d'eau sur la carte topographique. A Chabreloche et à Eymoutiers, nous disposons grâce au partenariat respectif du PNR du Livradois-Forez et de la Chambre d'Agriculture du réseau hydrographique et du réseau routier de la BD Carto de l'IGN. A Eymoutiers, il a été nécessaire de compléter le réseau routier par une digitalisation des petites routes et des chemins qui étaient absents de la BD Carto.

A Viscomtat, le bâti individuel a été saisi sous forme de points et les zones de bâti dense du bourg et des hameaux ont été traduites sous forme de surfaces. A Chabreloche, les zones urbanisées de Parkview ont été utilisées brutes dans un premier temps, puis corrigées de leurs erreurs. A Eymoutiers, les zones d'habitat ont été digitalisées sur le scan100. Le caractère sommaire des données sur le bâti s'explique par les priorités des trois projets, axés plutôt sur des problématiques agricoles ou forestières du paysage aussi bien pour la dimension visible que fonctionnelle.

Les données sur les hauteurs et les apparences des objets

Le descriptif sous forme de bases de données en 2 dimensions est le plus souvent insuffisant pour un système d'information paysager. Les informations sur la hauteur des entités décrites en planimétrie sont nécessaires. Si l'information existe dans certaines bases de données commerciales pour les objets artificiels ou urbains (pylône, bâtiment, château d'eau, ...), elle est absente et doit être créée spécifiquement pour les objets naturels (arbres, rochers) et les éléments linéaires. Dans nos deux projets, nous avons utilisé des hauteurs moyennes propres à chaque type d'objet dans son ensemble, ce qui constitue une simplification forte de la réalité.

Selon les fonctions de visibilité disponibles dans le système, il pourra ou non être nécessaire de disposer d'information sur l'apparence des objets. Ces informations peuvent être géoréférencées, mais elles impliquent une campagne de terrain pour relever les formes, les couleurs et les textures caractéristiques des objets visibles. Ces informations sont couplées aux données d'occupation du sol, de la végétation ou du bâti pour la visualisation. Il est possible d'adopter une démarche typologique qui associe une apparence visuelle à un type d'entité de la base de données géographique. A chaque type de bâtiment, d'arbre isolé ou de zone de végétation est alors attaché un ou plusieurs modes de visualisation. Notons qu'au niveau logique, cette information est souvent prise en charge de manière automatique par le logiciel de visualisation. Elle n'en doit pas moins faire l'objet d'une description a priori. Dans les systèmes de visualisation les plus performants, les objets les plus remarquables peuvent être rattachés à une apparence spécifique, sous forme d'objet 3D unique par exemple. On peut même penser qu'assez rapidement vont apparaître des systèmes pouvant attacher une information visuelle géoréférencée aux objets géographiques. Par exemple, un bâtiment sera décomposé en façades, les façades auront une description géométrique et l'apparence de chaque façade sera extraite d'une base de données photographiques géoréférencée¹. Pour l'heure, les données collectées sont étroitement liées aux contraintes et capacités de visualisation des outils informatiques de rendu paysager.

La composante fonctionnelle

Elle rassemble les données décrivant les facteurs susceptibles de déterminer le paysage dans ses composantes matérielles et visibles. Elle renvoie donc à l'espace matériel et à l'espace usité. Là encore chaque projet est spécifique. A Viscomtat et Chabreloche, l'enfrichement et les boisements s'expliquaient par la déprise agricole. Il y avait consensus pour penser que le choix de boiser était pris à l'occasion de l'arrêt d'une exploitation, et en fonction de la reprise ou non des terres par un autre exploitant. A Eymoutiers, c'était aussi la succession des exploitations agricoles qui était apparue comme un facteur explicatif des évolutions paysagères, mais elle se caractérisait, selon les acteurs, par une reprise systématique des terres libérées par les plus grandes exploitations. Les changements paysagers étaient plus nuancés, liés aux changements de pratiques des éleveurs dans des exploitations à la taille grandissante². On l'a dit : les composantes visibles comme le relief ou l'occupation du sol sont aussi de nature fonctionnelle. Les pentes ou l'exposition sont des facteurs importants du maintien ou non de certaines activités agricoles. Mais des paramètres complémentaires doivent être collectés tels que les modes de

¹ Ces bases de données existent déjà dans les grandes villes, référencées à l'adresse postale (voir : <http://photos.pagesjaunes.fr>)

² En fait, la situation s'est avérée plus complexe. Dans certaines zones, les terres les moins intéressantes n'étaient pas reprises et se boisaient bel et bien. Mais ce phénomène était beaucoup moins massif qu'en Montagne thiernoise.

mise en valeur, les exploitations et les exploitants agricoles, le statut foncier, les caractéristiques agronomiques ou écologiques ou l'accessibilité. Dans d'autres zones il pourrait s'agir de données économiques ou sociales.

Contrairement aux données d'occupation du sol, les données de nature fonctionnelle sont loin d'être disponibles dans des bases de données sur étagère. Surtout leur collecte peut nécessiter un temps très long. Il faut donc mettre en place des stratégies adaptées en fonction du type de données dont on a besoin. Une solution est la cartographie à dire d'acteurs, utilisée depuis longtemps dans les pays en voie de développement, qui peut permettre de collecter rapidement des données de nature fonctionnelle (Caron 2001). On peut gagner en rapidité et en adéquation à la problématique ce qu'on perd en objectivité et en fiabilité, car ces données sont élaborées par et avec les acteurs locaux qui connaissent souvent bien le terrain.

Viscomtat se trouvait englobée dans une opération de gestion de l'espace coordonnée par le Parc Naturel du Livradois-Forez¹, dont la cartographie des enjeux était élaborée conjointement au niveau communal par les techniciens du Parc et les agriculteurs concernés, (Parc-Naturel-du-Livradois-Forez 1997) (Joliveau, Bessenay et al. 1994) (Vol. 2 DOC 3). Les agriculteurs de Viscomtat avaient été invités en réunion communale à reporter sur le fond cadastral de la commune la localisation du siège de l'exploitation, les caractéristiques de l'exploitant : âge, statut (double-actif, retraité, propriétaire ou non propriétaire de la parcelle), les limites du parcellaire mis en valeur et un descriptif de l'occupation du sol, selon une typologie adaptée à une réflexion sur la gestion de l'espace : prairies fauchables, prairies non mécanisées, terres labourables, dépendance d'habitat, eau, zones humides, friches, bois et forêts. Le statut de cette information est hybride. Elle combine critères descriptifs (bois, friches) et critères fonctionnels (fauchable, labourable, mécanisé). Il s'agit autant d'un état constaté à un moment précis (labours, pâtures) que d'une évaluation des potentialités de mise en valeur. Cette indication de potentialité est plus pérenne en un certain sens que l'utilisation du sol stricto sensu. Mais elle est aussi moins objective. Il s'agit d'une évaluation faite à un moment donné par un agriculteur spécifique et l'on peut s'interroger sur l'homogénéité du critère dans tout l'espace. L'avis peut dépendre des habitudes techniques de l'agriculteur, de ses objectifs et contraintes de production. L'homogénéité dépend entièrement du caractère collectif de son élaboration. Cet avis ne peut donc remplacer une analyse plus objective, fondée sur une collecte finalisée de données par des experts. Notons que le critère d'exhaustivité de la donnée n'était pas non plus parfait ; 61 des 808 parcelles, représentant 152 ha, n'ont pu être renseignées, à cause de l'absence du propriétaire ou du fermier ou suite à un oubli. La typologie était aussi trop centrée sur l'espace agricole stricto sensu et laissait de côté la dimension forestière, qui aurait été utile dans le cadre d'une gestion paysagère. Enfin d'autres caractéristiques pour analyser les stratégies de gestion de l'espace au niveau des exploitations manquaient : système de production, stratégies fourragères, quotas, données comptables...

La cartographie à dire d'acteurs permet d'obtenir des données variées et rapidement mobilisables, aussi bien sur les structures foncières et de mise en valeur que sur des contraintes physiques, ou même des données plus descriptives. Elle est fiable, si elle est établie collectivement, si les acteurs n'ont pas un intérêt particulier à dissimuler de l'information et s'ils ont une bonne connaissance de la donnée collectée. C'est le cas pour l'utilisation agricole de la part d'agriculteurs, mais cela serait beaucoup plus complexe pour une cartographie forestière

¹ Nous n'avons pas participé à ces réunions publiques, réalisées avant le début de notre projet

par exemple. Il faut en effet disposer de tous les acteurs, ou d'une majorité, ce qui dans la forêt du Massif central est peu réaliste pour ce qui concerne les propriétaires forestiers. Elle relève toutefois plutôt du pis-aller quand il est question de collecter des informations factuelles, car la précision et l'homogénéité de celles-ci est difficile à évaluer. Compte tenu des délais attendus pour les résultats, du manque d'autres données foncières, agricoles, agronomiques, pédologiques plus objectives et vu l'objectif d'une analyse globale du paysage de la commune de Viscomtat, c'est ce jeu de données qui a été retenu pour constituer la base de données géographique.

A Eymoutiers, la situation s'est avérée différente. La Chambre d'Agriculture avait constitué son SIG pour réaliser la cartographie d'études techniques comme les plans d'épandage ou des diagnostics communaux. Elle disposait donc de données géographiques numériques aussi bien à propos des contraintes physiques que du parcellaire foncier. Pour ce qui concerne les paramètres physiques, la carte géologique du BRGM (Bureau de la Recherche Agronomique et Minière) au 1:80 000 avait été digitalisée et nous disposions aussi des cartes pédologiques communales dressées au 1:10 000 par les experts pédologiques de la chambre pour décrire les sols dans une perspective de mise en valeur agricole (substrat, type de sol, profondeur, pierrosité, potentiel). Se posait à nous dans ce cas une question classique de réutilisation et de réinterprétation dans un autre contexte, et pour des objectifs différents, d'un jeu de données élaboré avec une finalité spécifique. Dans ce cas précis, nous ne sortions pas du champ d'application puisque nous restions dans un contexte d'évaluation de la contrainte pédologique à la mise en valeur agricole. Le problème se serait posé différemment, s'il s'était agi de réutiliser ces données avec un objectif d'un autre ordre, le risque de glissement de terrain par exemple. Dans un tel cas la solution passe par ce que J-P Legros (Legros 1996) appelle la thématization, c'est-à-dire la dérivation pour un usage opérationnel d'aménagement ou d'environnement, de données constituées dans un but scientifique général de description ou d'explication. Cette démarche pose des problèmes spécifiques, en particulier quand on part d'une carte conçue dans sa structure et sa nomenclature pour une utilisation manuelle (voir Michelin, Joliveau et al. (1995) (Vol. 2 DOC 7) pour un exemple de réutilisation au moyen d'un SIG de l'information d'une carte écologique). D'une manière générale, on assiste plutôt maintenant à la conception très en amont de descriptifs formalisés et rigoureux d'un point de vue scientifique, dont l'organisation numérique facilite les réinterprétations futures. Gérardin (1996) expose ainsi une application du Cadre Écologique de Référence québécois pour l'aménagement. Pour rester en France et dans le domaine des sols, le programme national d'Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) initié depuis 1992 par le Ministère de l'Agriculture et l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) est une bonne illustration d'un descriptif pédologique spatialisé, fondé sur des mesures et des expertises et effectué dans un cadre régional, qui facilite une interprétation pour différents usages opérationnels.

Du point de vue foncier, on disposait à l'époque des cadastres numérisés de deux communes sur les 11 du canton de Neddes et Augne réalisés par un prestataire privé, de la localisation des sièges d'exploitation agricoles, et de l'âge des exploitants ainsi que de l'existence d'un successeur. Les parcelles constituent les entités élémentaires de la gestion de l'espace. Elles sont de deux types : les parcelles foncières, décrites sur les documents cadastraux et les parcelles d'exploitation, plus mouvantes car liées à des fermages ou à des accords informels. Les premières sont indispensables pour une gestion fine de l'espace : échanges de terre, OGAF (Opération Groupée d'Aménagement Foncier), restructuration d'exploitation, mesures agri-

environnementales et gestion de primes. Mais l'échelle du parcellaire est importante pour la plupart des acteurs du territoire. Même si l'on n'envisage pas de travailler sur l'évolution paysagère à l'échelle de la parcelle cadastrale, des données importantes sont stockées à ce niveau. Il peut être nécessaire de les collecter pour les représenter ensuite à plus petite échelle ou les agréger dans des unités plus larges. Cette unité peut être l'îlot agricole, c'est-à-dire un regroupement des parcelles foncières contiguës exploitées selon la même utilisation par une même exploitation ou une unité paysagère plus globale. Structurer l'information au niveau de la parcelle permet à une approche paysagère de déboucher sur la prise en compte d'interrogations de type opérationnel, qui, dans les zones rurales, passent par des mesures de gestion foncière ou agricole.

A Viscomtat, alors que nous disposions de données à l'échelle de la parcelle, nous avons opté pour leur structuration dans des entités se rapprochant des îlots agricoles. Ce choix s'explique par notre objectif, qui était de demeurer à un niveau d'analyse général et non parcellaire, mais aussi pour des raisons techniques et organisationnelles. Nous voulions pour des raisons de souplesse travailler avec Idrisi, un logiciel simple et peu coûteux en mode raster. Il n'était donc ni utile ni réaliste de vouloir gérer toutes les parcelles foncières de la commune.

A Eymoutiers, nous ne disposions pas du cadastre numérisé sur l'ensemble du canton. Le travail de digitalisation systématique du parcellaire cadastral était hors de portée et en dehors des objectifs de l'équipe. Nous avons cependant testé, sur trois communes et dans un but méthodologique, une saisie rapide des données cadastrales par numérisation après recalage de chacun des plans cadastraux. Nous n'avons pas intégré les limites des parcelles mais seulement les points centroïdes de celles-ci en renseignant automatiquement les numéros de parcelle (voir la Planche 2-1, en fin de ce chapitre¹). En associant par jointure logique le fichier de points obtenus au fichier des exploitants, par enquête ou en utilisant les formulaires remplis par les agriculteurs pour le suivi de la Politique Agricole Commune (PAC), on peut ainsi représenter facilement l'espace des exploitations à petite échelle ou agréger ces données dans des unités plus larges (îlots, unités paysagères). Grâce à ces données associées, il est possible de quantifier la parcelle en surface, de qualifier son usage et d'identifier son exploitant. On ne peut pas caractériser la forme de la parcelle ni son voisinage précis, mais la superposition des points à un plan cadastral scanné ou à un orthophotoplan permet aux agriculteurs de se repérer facilement. Par ailleurs, ces points peuvent être réutilisés, dans un deuxième temps et en fonction des besoins, en leur superposant une digitalisation des limites des parcelles pour une zone d'étude précise. On peut aussi envisager si l'on souhaite une vision sous forme de surface, une reconstruction d'un parcellaire théorique par un calcul de polygones de Thiessen.

Le test a permis de montrer que les outils répondaient de manière satisfaisante aux besoins, mais que la saisie numérique de l'information reportée au 1:5 000 demeurait un travail très lourd, même en généralisant l'information parcellaire et en négligeant dans un premier temps le parcellaire forestier, secondaire pour la problématique envisagée. Il n'était pas envisageable de l'étendre dans le cadre du projet à l'ensemble des trois cantons, ni même simplement à celui d'Eymoutiers. Certes cette méthode n'a d'utilité que quand les limites précises des parcelles ne sont pas nécessaires dans le système paysager et donc que l'on demeure dans une gestion

¹ Nous avons regroupé toutes les planches présentant des cartes couleurs dans un cahier à la fin de ce parcours. Il est important de noter que les documents présentés dans ces planches ne se veulent pas des cartes finales de communication, mais des visualisations rapides de résultats de traitement, du type de celles qu'on obtient sur écran.

paysagère globalisante. Par ailleurs, on pourrait penser que les progrès dans les bases de données disponibles vont la rendre inutile. Certes la systématisation de la numérisation du cadastre, la mise en place progressive par l'IGN du Référentiel aux Grandes Échelles (RGE), qui intégrera une composante parcellaire réalisée à partir des données de la Direction Générale des Impôts (IGN 2001), les exigences de contrôle liés à la Politique Agricole Commune et la systématisation de l'inventaire parcellaire graphique rendu obligatoire par le règlement européen qui prévoit que tous les Etats membres devront disposer d'un SIG informatisé pour l'identification des parcelles agricoles (IGN 2003) sont autant de facteurs qui font qu'à moyenne échéance les données parcellaires seront numérisées. Cependant, la mise en place d'un RGE avec un parcellaire cadastral vectoriel ne concernera en priorité que les zones urbaines denses. Dans les zones rurales, les données cadastrales risquent de rester pendant un temps peut-être long sous forme d'image, et les données ponctuelles peuvent s'avérer utiles (CNIG ss date). Il semble même que l'IGN se dirige vers la fourniture d'un fichier parcellaire de points associés à l'image raster du cadastre. Par ailleurs, cette méthode reste indispensable quand il s'agit de saisir rapidement des données historiques sur des cadastres anciens¹.

La composante documentaire

Les données documentaires regroupent les différentes représentations externes du paysage, sous quelque support que ce soit : photographies sur papier ou numériques, films, documents sonores, texte. Le statut de ces documents peut varier en fonction du protocole qui a conduit à les produire. Les photographies d'un observatoire du paysage peuvent être élaborées selon un protocole objectivant : échantillonnage, répétitivité, prises de vue standardisées. Il est aussi possible de donner carte blanche à des photographes. Dans la réalité, comme le montrent les observatoires photographiques de l'autoroute A89 ou du paysage de Montreuil, la solution est intermédiaire. Une sélection des points de vue est faite mais la facture des photographies reste la plus neutre possible. Les objectifs de leur utilisation peuvent jouer un rôle. On peut ainsi se servir d'une collection de cartes postales pour documenter objectivement la réalité d'un paysage à une date donnée ou analyser les représentations (mentales cette fois) du paysage à travers la carte postale. Les documents peuvent donc renvoyer à la dimension matérielle, visible et idéale du paysage.

Pour être stockées informatiquement, il faut bien sûr que ces représentations mentales aient été médiatisées sur un support dont on a la trace : un discours sur une bande magnétique, un texte dans un document, un dessin ou une aquarelle sur une feuille de papier, une photo sur un négatif... Tous ces supports peuvent être numérisés et relever alors d'une analyse avec des outils informatiques (analyse de discours, descripteurs d'images...) pour faire apparaître les grandes types de représentations paysagères d'une région. On peut ainsi analyser l'ensemble des photographies prises par un groupe d'habitants, un corpus de cartes postales historiques ou une collection iconographique, de manière à analyser la répartition des points de vue, la densité de description de l'espace...

Pour structurer ces données dans une base de données géographiques, il faut que le contenu puisse être directement ou indirectement géoréférencé. Cela peut se faire de manière plus ou moins précise. On peut localiser les points de prise de vue des photographies ou les endroits où le peintre a vraisemblablement posé son chevalet. On peut aussi cartographier les limites des aires visibles dans

¹ Comme on le verra dans le Parcours 5, ce principe de géoréférencement des données par centroïdes de parcelles cadastrales est très ancien. Il a été proposé par le géographe T. Hägerstrand dès 1955.

la photographie ou le tableau. Si les représentations sont continues comme le film de la descente en canot du Rhône à Lyon à la fin du XIXème ou des textes décrivant une promenade ou un panorama, elles peuvent être séquencées en fonction du trajet géographique correspondant. L'intérêt de structurer les données dans un SIG est de pouvoir naviguer spatialement dans ces représentations¹, qu'elles soient considérées comme exprimant le paysage matériel, le paysage visible ou le paysage idéal. On peut alors comparer des vues d'un même lieu, de différents types ou prises à différentes dates, analyser les espaces les plus représentés ou reconstruire les séquences visuelles liées à des cheminements (Autran 2001).

Synthèse sur l'intégration des données paysagères

Depuis nos premières recherches, les bases de données numériques utilisables pour une gestion paysagère se sont à la fois généralisées, précisées et enrichies. L'information géographique de base nécessaire pour commencer à rendre compte du paysage se met en place, pas partout ni partout au même rythme, mais de manière continue et par des biais divers (enrichissement des bases de données de l'IGN, apparition de nouvelles sources de données, développement des SIG locaux...). Le développement des observatoires photographiques du paysage et la numérisation des collections iconographiques contribuent aussi à augmenter le volume des données documentaires disponibles.

Si l'accès aux données de base a été facilité sur la majeure partie du territoire, il reste cependant des difficultés importantes dans l'obtention des données nécessaires à une gestion élaborée du paysage tant pour ce qui concerne la dimension visible (typologie de bâti, équipements, cartes de la végétation) que fonctionnelle (données agronomiques, pédologiques ou écologiques, par exemple).

2.3. Structuration des données paysagères

Il n'est pas nécessaire de revenir de manière détaillée sur le caractère indispensable d'un SIG pour géoréférencer, organiser, préparer des jeux de données d'origine aussi diversifiée. Des fonctions de recalage, de changement de format et d'organisation topologique parfois complexes sont nécessaires pour rendre les données compatibles et exploitables et pour en extraire une information pertinente.

Une question plus problématique reste la question du ou des modèles de données adaptés aux besoins variés de la gestion paysagère. Pour se cantonner au domaine visible, l'idée qu'il était possible de proposer une spécification de base de données permettant la modélisation de tout paysage existant a été avancée. Le bureau d'étude Géo-Vision Avenir (GVA) travaille dans la modélisation et le rendu numériques du paysage, en collaboration avec l'IGN pour les données géographiques et le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) pour la modélisation des données végétales. Il a déposé le mot BDpaysage®, outil susceptible « de vérifier par immersion en tout point d'un paysage existant, la mesure de l'impact visuel des projets et l'évolution, par la simulation de croissance des végétaux dans le temps » (Géo-Vision-Avenir), (Thébaud 2001). C'est le signe qu'émerge la

¹ On trouvera dans (Borodkine, Griselin et al. 2000) une illustration d'un système intégré de gestion et d'analyse d'une banque d'images ne s'appuyant pas sur un SIG. (Griselin et Nageleisen 2004) utilisent comme outil de structuration un gestionnaire électronique de données images.

question de la standardisation des méthodes de données paysagères. Existe-t-il un modèle de données adapté à la gestion paysagère ?

Il semble difficile d'envisager un modèle de données générique intégrant dimensions visible et fonctionnelle du paysage. Les structures de données que nous avons utilisées dans nos projets n'ont pas d'originalité particulièrement notable. Les modèles conceptuels restent très simples et le modèle classique par couches ou plans d'information Entités vecteur \Leftrightarrow table, ou Grille raster \Leftrightarrow table proposé par les logiciels que nous avons utilisés s'est avérée globalement adaptée à nos besoins. Nous passerons en revue les limites de ces modèles en gestion paysagère.

Une limite pénalisante est l'inadéquation des modèles de données classiques à la gestion des dynamiques spatio-temporelles. Ce n'est pas spécifique au paysage, mais cela complique ou restreint les travaux d'analyse ou de simulation d'évolution de l'occupation du sol, de l'armature d'exploitations agricoles, etc.. Cette limite est reconnue depuis longtemps et plusieurs propositions de modèles de données adaptés à la gestion du temps dans les données géographique ont été formulées, soit comme extension des modèles relationnels soit au moyen de modèles de données de type objet. La bibliographie sur ce domaine est très importante. On pourra par exemple consulter le numéro 1/1999 de la Revue Internationale de Géomatique. Il existe encore peu d'outils à l'heure actuelle qui soient implémentés dans les logiciels courants. Dans le cadre de nos projets, nous avons utilisé un système de programmes récursifs produisant autant de grilles raster que d'unités de temps.

La troisième limite perceptible est au cœur même des Systèmes d'information Paysagers. Elle est liée au caractère tridimensionnel des objets qu'ils intègrent. Dans les SIG, la dimension verticale est le plus souvent rendue en associant à chaque point de planimétrie de coordonnées (x,y) une valeur z (Goodchild, Kemp et al. 1996). Ces valeurs z peuvent être projetées en perspective et donner l'illusion d'une représentation tridimensionnelle. Le modèle de données sous-jacent n'est pas réellement en 3D. Le z de la hauteur est considéré comme un attribut d'un point et non comme une coordonnée à part entière. Il ne peut donc y avoir plusieurs valeurs de z pour une même paire de coordonnées (x,y). C'est la raison pour laquelle on parle souvent de modèle 2,5D, qui rend compte de la variation de surface mais pas du volume. Un modèle de données réellement tridimensionnel suppose le codage des entités dans un système de coordonnées en trois dimensions (x,y,z). Il permet de décrire des entités volumiques, même si elles sont complexes. Nous n'entrerons pas dans le détail des différents types de modélisation 3D possibles. On trouvera un historique et une revue de la littérature chez Wadembere (2000). Les techniques ont été développées depuis longtemps dans le domaine de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Les spécialistes distinguent les modélisations surfaciques au moyen de primitives graphiques, de Bêta-splines ou NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines), les modélisations volumiques par décomposition en polyèdres ou cellules cubiques, les représentations par frontières (B-Rep) ou par arbre de construction CSG (Constructive Solid Geometry) (Couwenbergh 1998). L'emploi de ces techniques dans les bases de données géographiques pose des problèmes spécifiques, liés à l'intégration des dimensions topologiques et attributaires de ces données (Li 1994). De multiples solutions sont proposées en prolongement des modèles de données des SIG 2D. En mode vecteur, les arcs-nœuds-polygones des structures SIG 2D sont remplacées par des 0-simplex (nœud), 1-simplex (arcs), 2-simplex (triangles) et 3-simplex (tétraèdres) (Zlatanova 2000). Un objet volumique est donc modélisé comme un polyèdre irrégulier et se traduit sous forme d'un arbre de construction par combinaison de ces formes élémentaires que sont les simplex. Kolbe et Gröger proposent quant

à eux un modèle de données vecteur pour les bâtiments qui prend en compte la variation du niveau de détail en fonction de la distance de visualisation (Kolbe et Gröger 2003). Les modèles raster 2D sous forme de cellules de grille ou de quad-tree sont eux remplacés par un modèle plus général, respectivement le voxel cubique ou l'octree, qui héritent en 3D des avantages et inconvénients du mode raster : une structure simple et facile à gérer mais qui produit un gros volume de stockage, spécialement si l'on attend une forte résolution de l'information.

Malgré ces avancées conceptuelles et techniques, le champ reste caractérisé par la cohabitation de modèles de données issues des trois principales disciplines participant à l'informatique du paysage : la géomatique, la CAO et l'infographie. L'intégration dans un même modèle de constructions humaines comme des bâtiments et des ponts, d'objets naturels comme des falaises, des arbres et des lacs et de couches descriptives de la surface du sol reste problématique. Toutefois, trois facteurs concourent à une convergence : la mise en cohérence des formats des données 2D de ces disciplines, le rôle unificateur du projet scientifique et technique de la réalité virtuelle qui nécessite des méthodes compatibles, et la contrainte de standardisation forte de la visualisation 3D sur Internet qui aboutit à un langage standard de modélisation de scènes 3D tel que VRML (Virtual Reality Modeling Language) ou ses prolongements. Terminons ce très rapide tour d'horizon en remarquant que les modèles de données *objet* semblent a priori mieux adaptés que les modèles de données *couche* des SIG pour décrire des entités complexes assemblées à partir d'unités plus simples, disposant de propriétés de visualisation ou de comportement. C'est d'autant plus vrai quand on envisage les questions d'animation ou de mouvement. Notons aussi que les modèles de données 4D qui ajoutent à ces 3 dimensions la dimension temporelle envisagée précédemment restent encore à notre connaissance largement théoriques.

Même si l'on trouve mention dans la littérature de l'intérêt de ces modèles de données géographiques 3D en paysage ou "Landscape Architecture", leur développement est largement tiré par d'autres domaines : géologie et hydrogéologie, prospection minière, océanographie, météorologie et aussi, à une autre échelle, mais les techniques sont les mêmes, imagerie médicale. En effet, dans ces domaines, non seulement la visualisation des données en volume est cruciale : il est nécessaire de rendre compte des trous, des cavités ou des objets inclus dans les autres. Mais c'est surtout l'analyse des données en volume qui est requise. Les modèles de données deviennent complexes en intégrant par exemple une structuration de type topologique des entités volumiques. Les modèles géographiques 3D génèrent des volumes de données et des temps de calculs qui peuvent être prohibitifs quand les objets, les analyses ou les requêtes deviennent complexes. Leur utilisation hors de cas d'école en modèle réduits s'est donc longtemps heurtée à deux problèmes : les limitations des environnements informatiques couramment utilisés d'une part, et le manque de données disponibles en z d'autre part. Ces deux limitations sont progressivement levées par suite des progrès du matériel informatique et des outils de saisie à distance de données.

Dans le domaine du paysage, les solutions dominantes restent celles qui associent deux modélisations séparées, une pour la description d'objets 3D et l'autre pour la modélisation de la surface du sol en 2,5D et des entités en 2D, même si des tentatives d'hybridation existent en articulant modèles d'altitudes vecteur de type TIN et modèles surfaciques de type B-Rep issus de la CAO (O.C. Tse et Gold). On peut l'expliquer par plusieurs raisons. D'abord les entités du paysage sont, comme on l'a vu, parmi les plus diverses et les plus complexes à décrire numériquement. Ensuite parce les objectifs de visualisation en 3D ont longtemps prédominé

dans le domaine du paysage et qu'une modélisation volumique complexe ne s'impose réellement que dans certains cas particuliers. Les modèles en 2,5 D sont par nature incapables de représenter les falaises ou les façades et les trous et cavités. Dans les situations simples (falaises naturelles, entrées de tunnels) des solutions sont trouvées au moment de la visualisation (textures, images). Les cas les plus complexes se posent dans les zones urbaines denses, composées de nombreux bâtiments comportant des creux ou des redans ou sous lesquels passent des routes, et de constructions complexes comme des échangeurs routiers empilant des objets à plusieurs niveaux. Les solutions sont alors l'imbrication d'objets 3D issus de modèles CAO dans la surface du terrain modélisée en 2,5D par "creusement" du sol. Les limites de cette double modélisation sont évidentes quand on quitte la simple visualisation pour l'interrogation ou l'analyse de la base de données. En effet, si les données ne sont pas intégrées dans un modèle unique, il devient difficile ou impossible de faire des requêtes topologiques en 3D, par exemple trouver les bâtiments ayant une face contiguë avec un autre mais qui le dépassent en hauteur ou des requêtes de visibilité comme la recherche de tous les bâtiments qui sont visibles depuis un point. Les analyses de visibilité sont aussi tronquées : une façade peut être à moitié cachée en hauteur, ce qui ne peut être rendu que dans un système en 3D. Les modèles de données actuels sont inadaptés à ce type de question.

Faut-il parier sur l'existence à terme d'une architecture de données générique des systèmes d'information géographique 3D ? On peut analyser ce qui s'est passé dans le domaine des données géographiques 2D. On a constaté une lente convergence conceptuelle des modèles de données au cours du temps, accompagnée du maintien de formats logiques propriétaires liés aux différents logiciels d'une part et de l'existence de modèles conceptuels minoritaires se posant en alternative au modèle dominant ou répondant à des applications spécifiques d'autre part. Si ce phénomène se produit pour la 3D, on assistera à l'apparition d'un mode dominant de structuration des données géographiques 3D, qui permettra une homogénéité de la production de l'information et facilitera les échanges de données entre logiciels et applications. Le niveau de complexité du modèle pourra varier en fonction des objectifs que l'on poursuit : structuration 3D simple ou gestion topologique 3D, de la même manière que les logiciels SIG sur micro actuels offrent des modèles de données 2D simplifiés non topologiques, qui satisfont une majorité d'utilisateurs, tandis que d'autres modèles permettent des traitements ou des applications plus complexes.

2.4. Exploration/interrogation de données paysagères

Compte tenu de ce que nous venons d'écrire à propos des modèles de données, ce volet ne nécessite aucun exposé particulier. Les techniques nouvelles et émergentes restent réservées à des outils de laboratoire et concernent des jeux de données le plus souvent fictifs ou limités. Les outils d'exploration et d'interrogation d'une base de données paysagères sont les outils classiques disponibles depuis longtemps dans les SIG :

- Exploration de la base à travers différentes vues sur les données : navigation dans une vue spatiale des données sous forme de pseudo-carte (légende simplifiée, échelle optionnelle), vue thématique sous forme de tableau, vue graphique et vue tridimensionnelle pour les logiciels les plus récents.
- Interrogation de la base au moyen d'un langage de requêtes : requêtes logiques attributaires (sélections, requêtes statistiques, mesures spatiales et requêtes spatiales).

On relèvera cependant que deux fonctions directement utiles dans les systèmes d'information paysagers se sont généralisées ces dernières années. On dispose maintenant systématiquement d'outils permettant d'interroger et de visualiser des documents multimédias localisés décrits dans la base de données géographiques. On peut donc maintenant appliquer des requêtes spatiales et attributaires sur des données iconographiques, tels qu'une banque de photographies. Les vues spatiales de type zénithal sont systématiquement complétées par des outils de navigation interactive (zoom, pointage, orientation), dite "en temps réel" de vues obliques des couches d'information. Ces fonctions de visualisation, aussi disponibles maintenant dans des logiciels gratuits ou au travers de plug-in Internet, transforment l'exploration d'une base de données paysagères. Il faut mentionner aussi que les potentialités d'analyse spatiale des SIG ne doivent pas éclipser l'intérêt des analyses exploratoires visuelles. L'analyse des évolutions d'un paysage peut être facilitée par la production d'un film cartographique. On peut comparer deux situations en faisant clignoter deux cartes placées l'une sur l'autre à l'écran ou en visualisant interactivement l'un à côté de l'autre deux documents placés dans une même géométrie sous forme de zooms liés (Joliveau, Dupuis et al. 2001).

2.5. Transformation et analyse de données paysagères

La diversité des fonctions utilisables en analyse paysagère est particulièrement grande. Nous laisserons de côté les fonctions d'analyse parfois sophistiquées qui sont utilisées pour des objectifs très prosaïques de changement de structure ou de format afin de rendre les données compatibles entre elles ou plus facilement visualisables. Nous avons déjà évoqué la polygonisation de Thiessen pour visualiser des données ponctuelles. Un autre exemple est l'utilisation de combinaisons de couches et d'extraction de paramètres statistiques pour vérifier la fiabilité des données à dire d'acteurs. Par exemple, le calcul d'une couche des pentes à partir du MNT permet d'extraire les pentes moyennes des différentes unités cartographiées : terres labourables, terres non mécanisables et de vérifier la cohérence générale des informations.

On prendra comme principe de classement les trois dimensions du modèle du paysage.

Analyse du paysage matériel et fonctionnel

Par définition, les analyses que nécessite le paysage objet ne sont pas spécifiquement paysagères. Elles sont par ailleurs très classiques de l'analyse avec des SIG et ne nécessitent pas d'explications détaillées. Nous serons donc assez rapides et insisterons particulièrement sur les applications utiles en gestion paysagère.

Indicateurs de structures et motifs spatiaux

L'analyse des structures spatiales du paysage peut d'abord passer par un calcul d'indices de composition appliqués à des entités de référence définies *a priori* : entités administratives, unités paysagères, périmètres de gestion. Ces indicateurs peuvent être très nombreux et leur choix dépend évidemment de la nature du projet. On peut distinguer cependant les indicateurs de diversité qui s'intéressent au nombre de types d'éléments présents dans une unité et les indicateurs de complexité qui expriment le nombre d'éléments présents, indépendamment de leur type (Antrop 1985). D'autres subdivisions existent. Les indices de diversité topologiques prennent en compte la forme et la dimension des éléments (Antrop, *op.cit.*). Les outils de combinaisons des couches d'information des logiciels SIG permettent, moyennant quelques manipulations, de calculer assez aisément ce type d'indice. Nous donnons comme exemple une

carte à usage interne du projet Eymoutiers qui cherchait à exprimer la complexité de l'occupation du sol des unités paysagères en rapportant la longueur des limites internes des zones d'occupation du sol à la surface de la zone. L'idée était de synthétiser en un seul indice la complexité liée à la fois au nombre de zones différentes et au degré de circonvolution des limites de ces zones (Planche 2-2). Le calcul s'appuie sur une transformation des polygones des zones d'occupation du sol en polylignes, une intersection de ces polylignes avec la couverture des unités, une somme des longueurs par unité et un rapport d'attributs.

Les outils SIG raster permettent des calculs du même type, non plus sur des unités de référence mais en continu dans l'image en fonction de voisinages dont on peut définir la taille ou la forme. Les indices calculables sont en très grand nombre : indice de diversité, de richesse relative, de fragmentation, etc.. Sur ce principe du voisinage raster, J.-M. Robbez-Masson a construit une méthode de classification permettant de produire en tout point une typologie d'agencement des objets dans l'espace définie à partir de zones de référence. Elle s'appuie sur la reconnaissance de motifs d'organisation spatiale dans des cartes de critères qualitatifs qui sont comparées au moyen des histogrammes de répartition des critères dans un voisinage donné (Robbez-Masson 1994). L'outil développé, Clapas, est directement connectable à des logiciels SIG (Robbez-Masson, Foltête et al. 1999) (Robbez-Masson 2001).

Enfin on rappellera pour mémoire le corpus de méthodes développé dans le domaine de l'écologie du paysage. Celle-ci s'intéresse moins aux unités fonctionnelles homogènes que sont les écosystèmes qu'aux paysages, parties de la surface terrestre constituée d'unités écologiquement différentes : forêt, pâtures, haie, rivière... dont elle analyse la composition spatiale. Les écologues du paysage ont élaboré des concepts leur permettant de formaliser l'analyse de l'hétérogénéité d'un paysage : *la matrice* générale de l'organisation de l'espace, sur laquelle se détachent les éléments aréaux individualisés que sont les *taches* et les éléments linéaires et allongés qui sont *les corridors*. Les relations entre ces éléments sont liés à des effets de contiguïté, d'éloignement et de connectivité (Baudry 1985). Des outils, eux aussi connectés aux logiciels SIG, permettent de réaliser ce type d'analyse (McGarigal, Cushman et al. 2002).

Les dynamiques spatiotemporelles

Les outils SIG, s'ils ne prennent pas encore bien en charge la dimension temporelle¹, offrent des moyens simples pour repérer des évolutions. Les différences de cartes ou les combinaisons croisées à plusieurs dates sont susceptibles d'aider à comprendre où se localisent les changements et à quantifier ceux-ci. Par combinaison des cartes d'occupation du sol de 1835, 1960 et 1985 de Viscomtat du type de celles de la Planche 2-3, il est possible de produire des cartes d'évolution.

Celles-ci peuvent ensuite être comparées avec les facteurs susceptibles d'expliquer les évolutions passées ou de déterminer les évolutions futures. La pente, le sol, le temps d'accès aux parcelles agricoles ou forestières, les règlements de boisement, le statut foncier, les droits à produire sont autant de facteurs qui jouent un rôle. Certains paramètres sont directement intégrables à partir de données sur les exploitations agricoles. D'autres peuvent être estimés en mobilisant des fonctions plus ou moins complexes : topologie pour le calcul d'un indice

¹ Cela évolue. Idrisi offre par exemple tout un ensemble de fonctions utilisables pour analyser, en mode raster, les évolutions temporelles.

d'enclavement, modèles d'ensoleillement pour le calcul de l'intensité lumineuse reçue. Certains facteurs aussi importants et plus subtils jouent : le niveau d'adaptation de l'exploitation au marché, les variations de prix, l'évolution des structures culturelles, les effets de la Politique Agricole Commune.

Une première analyse exploratoire en mode vecteur peut se faire d'abord par des comparaisons visuelles à l'écran, puis par l'expression de requêtes permettant de visualiser interactivement les zones qui correspondent à deux critères ou plus. On peut par exemple localiser les zones boisées entre 1835 et 1960 en fonction de classes de distance aux hameaux. En mode raster, on peut aussi produire des indicateurs statistiques comparatifs plus continus. On peut par exemple comparer l'histogramme des altitudes des cellules de la grille qui étaient labourées en 1835 et qui le sont encore en 1960, avec celui des cellules qui se sont boisées ou transformées en pâture. Différentes analyses interactives de ce type montrent que trois critères jouent un rôle dans la localisation de l'abandon des labours à Viscomtat : la pente, l'altitude et la distance aux hameaux.

La mise en évidence de relations plausibles entre les changements constatés et les facteurs susceptibles d'en être la cause peut conduire ensuite à la mise en œuvre d'outils statistiques plus sophistiqués (comme des régressions multiples par exemple) mais moins subjectifs que les outils de visualisation de l'analyse exploratoire. Enfin, on peut éventuellement tenter d'en tirer une matrice de probabilité des changements d'état. Il n'est pas sûr, étant donné la complexité du système qui peut produire l'occupation du sol, que la recherche d'un modèle explicatif général soit dans ce cas la bonne solution. L'intégration des valeurs parcellaires fiscales de Viscomtat dans le SIG semble montrer que se sont boisées avant 1945 les terres considérées en 1835 comme ayant la plus faible valeur et situées à proximité de zones déjà boisées, mais le phénomène est loin d'être systématique. La compréhension fine des phénomènes nécessiterait la recherche d'autres facteurs comme les structures sociodémographiques, économiques, et culturelles. Dans une telle recherche, que nous n'avons pas menée dans le cadre de nos projets paysagers, le SIG peut servir autant d'outil exploratoire pour une visualisation rapide de données permettant de tester rapidement une hypothèse, que d'outil confirmatoire supportant des analyses statistiques.

L'analyse topographique

Dans nos communes de moyenne montagne, le relief est une composante importante de la réalité paysagère comme on l'exposera plus loin. Il structure fortement la vue, participe à nombre de phénomènes physiques et contraint les pratiques d'acteurs. Les fonctions de calcul de pente et d'exposition à partir du MNT sont depuis longtemps présentes dans les SIG raster. Les utilisateurs oublient cependant trop souvent que les valeurs sont toutes théoriques. Elles sont les résultats d'un calcul qui dépend de la qualité et des propriétés du MNT d'une part et de l'algorithme utilisé. En effet, il existe différents algorithmes de calcul qui produisent des résultats variables et plus ou moins valides en fonction du contexte et des objectifs (Chrisman 1997; Burrough et Rachael 1998). Une analyse plus poussée de ces méthodes se trouve dans (Dunn et Hickey 1998). Même si Burrough et Rachael (1998) remarquent qu'il est rassurant que la plupart des logiciels commerciaux proposent les mêmes méthodes, il faut garder en mémoire qu'à toutes ces méthodes sont associés des biais, qui peuvent être plus ou moins dommageables en fonction des objectifs. La Planche 2-4 présente le calcul de pentes effectué dans Idrisi selon la méthode proposée par Zevenbergen et Thorne (1987).

On trouve maintenant dans les logiciels SIG des fonctions de calcul permettant de distinguer différentes formes topographiques (crêtes, talweg, pentes convexes et concaves,...) au moyen d'indices morphométriques plus ou moins complexes et spécialisés, voir Burrough et Rachael, (*op. cit.*) et la thèse de (Wood 1996), auteur du logiciel gratuit *Landserf*, spécialisé dans la visualisation 3D et l'analyse topographique de grilles raster. La méthode est basée sur la comparaison multiscalaire d'indices locaux calculés sur des fenêtres glissantes de taille différente (Fisher, Wood et al. 2004). En fonction de l'altitude de la cellule par rapport à celle de ses voisines, l'algorithme la classe en 6 types théoriques : Pit (creux), Channel (vallée), Pass (col), Ridge (crête), Peak (pic), Planar (régulier). La Planche 2-5 illustre deux classifications du MNT du canton d'Eymoutiers sur une fenêtre 3x3 et 25x25. Le logiciel permet aussi un classement de type logique floue basé sur la probabilité qu'une cellule de grille raster soit classée dans un type donné en réalisant tous les calculs entre deux tailles de fenêtre. Ce type d'algorithme permet donc, moyennant une analyse fine et une vérification des résultats sur le terrain, de caractériser systématiquement les formes ou les profils topographiques. Les fonctions hydrologiques de délimitation automatique des bassins versants peuvent aussi être utiles. Dans des reliefs aussi compartimentés et aussi humides que ceux du Massif central Nord, les bassins versants structurent fortement le milieu physique et il est donc nécessaire de les prendre en compte.

Les calculs de distance

L'accessibilité est un critère important d'une gestion paysagère d'un espace rural. C'est un paramètre fort de mise en valeur agricole et forestière, de choix de localisation résidentielle, d'intensité de fréquentation etc. On dispose dans les logiciels SIG de différentes fonctionnalités de calcul de distance : à vol d'oiseau, selon un réseau ou en fonction de contraintes de déplacement (barrières, pénibilité...). Les techniques varient selon que l'on se trouve en mode raster ou vecteur. En mode raster, il est possible de procéder à des calculs de distance-temps en jouant sur des intensités de friction et donc des vitesses de déplacement variables en fonction du terrain sur lequel on se trouve. Il est même possible avec certains outils de faire jouer le paramètre de friction de manière anisotropique, en fonction de l'angle que fait l'axe du déplacement avec l'axe d'effet du phénomène (orientation de la pente ou du vent) (Schneider et Robbins 1995). Cette modélisation du déplacement a l'avantage de pouvoir gérer en continu tous les modes de déplacements pédestre ou motorisé par une transformation d'une carte combinant occupation du sol et voies de communication. Elle ne peut fonctionner que si le réseau forme un graphe planaire. Si le réseau est formé d'intersections sans connexion (pont autoroutier par exemple) ou si les règles de déplacements sont compliquées par des sens uniques, il faut disposer d'un modèle vecteur ou utiliser des outils extérieurs aux SIG classiques. A Viscomtat, nous avons utilisé un calcul de distance-temps nécessaire pour se rendre en tracteur de n'importe quel point de la commune aux sièges d'exploitations pérennes. A Eymoutiers, nous avons calculé la distance-temps pour rejoindre par la route un certain nombre de lieux stratégiques du canton (Centre d'Eymoutiers, lac de Vassivière), la vitesse moyenne variant en fonction du réseau (60 km/h pour les routes revêtues et 30 km/h. pour les routes non revêtues) (Planche 2-6). Dans le cas de déplacements à pied, il faut gérer les zones impossibles à traverser (lacs, falaises) et une variation de la vitesse moyenne de déplacement en fonction du terrain.

Analyse du paysage visible

Ce thème est au cœur de la gestion paysagère et nous lui consacrerons un exposé plus approfondi. Les bases conceptuelles de l'analyse du paysage visible ont été mises en place très tôt par l'équipe des géographes de Besançon. Elle a décliné les conséquences du principe d'une boîte « sous-système visible » objectivable dans un système paysager et en cherchant à mettre au point des méthodes permettant cette objectivation. Notre travail personnel a porté sur l'application de ce type de méthode avec les outils de base des SIG. Cette objectivation peut se faire dans deux grandes directions : l'analyse spatiale des relations d'intervisibilité (du rapport vu-voyant dans le vocabulaire des géographes bisontins) et l'analyse de l'aspect du paysage visible (de l'image du paysage) pour déboucher sur une typologie puis une spatialisation de cette typologie. Cela suppose par définition une méthode rigoureuse et formalisée, capable de produire des résultats indépendants de l'opérateur. Elle suppose aussi une collecte de données entachées du moins de biais possible. Les méthodes originelles s'appuyaient sur la prise de photographies selon un échantillonnage aléatoire ou systématique et l'analyse selon un protocole formalisé de l'espace visible sur la photographie et du contenu de l'image. Les méthodes manuelles de collecte, de description et d'analyse ont été informatisées dès l'apparition du micro-ordinateur (Brossard et Joly 1988).

Le calcul de la visibilité

Si le paysage visible existe indépendamment d'un observateur, tous les points d'un espace ne sont pas également perceptibles, suite aux conditions variables de la topographie, de la présence de végétation ou de bâti. Les caractéristiques de ce paysage visible théorique contribuent de manière significative aux représentations que les acteurs peuvent avoir du paysage. Pouvoir représenter en tout point de l'espace le degré de visibilité ou de « soumission à la vue » est donc un facteur important de gestion paysagère. Les méthodes de report visuel sur carte à partir de photographies des cônes de soumission à la vue théorique ou réelle, puis le comptage des superpositions et le calcul manuel de courbes d'iso-soumission à la vue (Massonie, Mathieu et al. 1982) ont été remplacés par des algorithmes informatiques afin de répondre aux besoins de l'entraînement des pilotes d'avion, l'optimisation de liaisons de télécommunication ou la localisation de tours de surveillance des incendies plus que pour des approches spécifiquement paysagères (Burrough et Rachael 1998 p. 200).

Le principe général est de calculer les lignes de vue (*sight line*) entre deux points placés sur une surface et de mesurer si elles sont ou non interrompues par un obstacle. Il existe plusieurs algorithmes, mais la plupart sont fondés sur la comparaison de la valeur de l'angle que forme le point cible avec tous les angles formés par les points situés sur la ligne entre le point de vue et le point cible (Chételat 2004). S'il est plus grand, le point cible et le point de vue sont connectés visuellement. On peut donc calculer automatiquement tous les points visibles depuis un point donné et voyant ce point, que l'on appelle bassin de vue ou bassin de visibilité (*viewshed*). On peut distinguer 4 grands types d'opérateurs élémentaires donnant des résultats différents (Chételat, *op. cit.*). Un opérateur booléen donne une valeur de 1 au point s'il est vu, de 0 sinon. Un opérateur intégrant la distance pondère la vue par l'inverse de la distance (un point proche a une valeur proche de 1, les points lointains une valeur proche de 0). Un opérateur probabiliste donne la probabilité d'être vu pour un point en fonction d'un calcul d'erreur. Un opérateur d'élévation donne la hauteur de laquelle un point doit être haussé pour devenir visible, ou baissé pour le rester.

Des fonctions élémentaires d'analyse de visibilité ont été implémentées rapidement dans les logiciels SIG sous le nom de *viewshed analysis*. Elles utilisent couramment les MNT stockés sous forme de grille raster ou dans des modèles TIN et calculent l'espace visible depuis des cibles matérialisées sous forme de points vecteurs ou de cellules de grille raster. Le plus couramment, on détermine les points ou les cellules considérés comme des points de vue et le logiciel calcule l'espace vu et voyant les cibles en fonction de paramètres associés à la vue (hauteur de la vue au-dessus du sol, distance maximale de la vue, angles horizontaux et parfois verticaux du regard ...). Dans les premières versions, l'opérateur était de type booléen : un point était vu ou non par au moins une cible. Dans les versions plus récentes, si les points de vue sont multiples, le résultat prend la forme d'une fréquence de points ou de cellules cibles en vue, ce qui permet donc de mesurer l'intensité de la soumission à la vue. Les algorithmes de calcul de visibilité sont relativement lents et peuvent demander des temps de calculs de plusieurs heures dès que le nombre de points cibles devient important¹. Un des problèmes est que des variations dans les résultats peuvent être liées aux caractéristiques du MNT ou à l'algorithme de calcul utilisé, dont Fisher (1993) remarque qu'ils ne sont souvent pas mentionnés dans les logiciels. Cheng et Shih (1998) ont confirmé cette variation en comparant sur le même MNT les algorithmes utilisés dans les logiciels ARC/INFO et Grass et un programme développé à partir de l'algorithme de dessin de ligne de Bresenham. Ils montrent cependant que si les limites des zones visibles calculées selon ces trois modes ne coïncident pas exactement, il existe une forte corrélation entre elles, les variations les plus importantes semblant se produire quand la pente varie localement de manière importante. Par ailleurs, les calculs de visibilité ne s'appuient pas sur des modèles de données réellement 3D mais sur des variations de surface. Ils sont mal adaptés à la visibilité à l'intérieur de volumes complexes, tels que les espaces urbains ou même les zones densément bâties. Enfin, les calculs de visibilité sont souvent assez théoriques. On peut en effet considérer que la taille perçue d'un objet diminue dans la réalité proportionnellement avec la racine carrée de la distance (Chételat 2004). L'opacité atmosphérique et le contraste de l'objet avec son environnement influent sur la netteté de la perception (Lagacherie, Blachère et al. 2000). Brossard, Wieber et al. (1998) remarquent que la surface apparente de l'objet varie en fonction de l'angle de la pente du sol par rapport à l'axe vertical du regard et de l'orientation du sol par rapport à l'azimut de la vue ; Chételat (*op.cit.*) fait les mêmes remarques et propose des paramètres de correction. Un facteur comme la taille de l'objet joue aussi un rôle. Une parcelle boisée massive située à une grande distance peut être plus visible qu'une parcelle de taille plus réduite mais plus proche. D'autres biais liés à la présence d'un « attrape-l'œil » (Antrop 1985) dans la scène seraient à prendre en compte.

Il nous semble éclairant de distinguer trois grandes manières d'utiliser ces outils dans l'analyse du paysage visible, qu'on peut classer du local au global. Dans ce qu'on peut appeler une approche *locale*, on décrit les caractéristiques d'une zone visible depuis un lieu circonscrit et bien déterminé, représenté par un ou plusieurs points ou cellules cibles. On peut alors comparer les caractéristiques des espaces visibles depuis différents points de vue. Une approche *catégorielle* vise à caractériser l'espace vu de manière générale depuis une catégorie de lieux : les routes, les cours d'eau, les espaces ouverts, ... On peut soit repérer le sous-ensemble de l'espace vu depuis cette catégorie de lieux, soit quantifier en tout point la part de cette catégorie

¹ L'évolution de la puissance des ordinateurs (plus que l'amélioration des algorithmes ?) réduisent progressivement ces temps de calcul qui demeurent très longs sur des micro-ordinateurs même puissants.

susceptible d'être perçue. Enfin, le troisième type d'approche est *global*. Il vise à caractériser l'espace visible en tous points et dans toutes les directions. Les calculs et les outils nécessités par ces trois approches sont les mêmes mais le caractère plus ou moins global de l'analyse a des répercussions à la fois techniques, au niveau du traitement des données, et conceptuelles dans la manière dont elle peut être utilisée en gestion paysagère. Les trois approches nécessitent en effet de construire des lignes de vue, mais la première ne construit que celles qui lient un ou quelques points précis à tous les points de l'espace. L'approche catégorielle nécessite de calculer les lignes de vue entre un grand nombre de points et tous les points de l'espace, et l'approche globale les relations entre chaque point et tous les autres. Les approches catégorielles et globales demandent donc des temps de calcul importants dès que l'on utilise une représentation détaillée de l'espace. Par ailleurs, le degré d'abstraction des résultats est bien entendu en relation avec le niveau de généralité. Alors que la délimitation de la zone visible depuis un point ou une petite zone correspond à une expérience empirique dont les résultats sont vérifiables et compréhensibles pour tout public, les résultats des approches catégorielle et globale sont beaucoup plus théoriques car ils reconstituent sous forme synoptique la vue d'un observateur mobile et même ubiquiste doté d'une vision panoptique.

Décrire l'espace visible. Approche locale

Délimiter la zone visible depuis un point ou un ensemble de points contigus est une opération que réalisent depuis longtemps les logiciels SIG ayant une orientation analytique. On se place dans une logique de type booléen : un point est vu ou n'est pas vu¹. Le paysage visible peut être envisagé comme un volume compris dans une enveloppe dont une partie a un support terrestre, que l'on peut représenter en deux dimensions sur une carte ou tenter de décrire au moyen d'indices divers. Les exemples que nous allons présenter concernent quatre localisations ponctuelles et trois villages de Viscomtat. Le calcul simple du bassin de vue est en lui-même porteur d'une information utile à la gestion paysagère. Il est possible de calculer très rapidement l'extension de l'espace potentiellement visible depuis une localisation précise. On peut donc très facilement présumer si un aménagement (ligne à haute tension, infrastructure routière, bâtiment volumineux, ...) se trouvera dans le champ visuel d'un observateur situé en un lieu donné. On peut aussi déterminer l'impact d'un processus en cours ou simuler l'impact d'actions sur les limites de cet espace visible. A Viscomtat, nous avons ainsi calculé l'effet de l'extension des boisements entre 1960 et 1984 sur les limites du bassin de vue dans la commune depuis le hameau de Begon, en calculant le Modèle Numérique d'Élévation à résolution 10 m à partir d'une couverture d'occupation du sol obtenue par photo-interprétation. On constate sur la Planche 2-7 que l'impact de la végétation est ambivalent et plus complexe qu'on ne le croit souvent a priori. En effet la végétation produit deux effets. Elle joue d'abord un rôle évident d'écran. Les arbres bloquent la vue, ce qui diminue la surface visible. Mais quand ce sont des zones en prairie, culture ou landes situées dans des creux, des cuvettes ou des dépressions qui se boisent, alors que le sol nu ou couvert d'une végétation rase était invisible, la canopée des arbres peut devenir visible. L'étendue de l'espace visible s'accroît donc, ainsi d'ailleurs que la

¹ La zone cible ou source est considérée comme vue ou non. Si elle est constituée de plusieurs points ou cellules, il suffit qu'un au moins d'entre eux voie un endroit pour que celui-ci soit marqué comme vu. On laisse donc de côté l'intensité de la vue, qui sera utilisée dans l'approche catégorielle et l'approche par la logique floue qui pourrait nuancer le résultat " être vu ou non" (Fisher 1994).

part de zone boisée vue, qui profite des deux effets, écran et hauteur de visibilité. On peut utiliser ce type d'analyse pour tester l'impact visuel pour des points de vue déterminés d'actions diverses (coupes de bois et plantation, lotissements...) ou de politiques plus générales (réglementation du bâti, des boisements, aides agricoles...).

On peut aussi tenter de décrire et comparer les vues depuis différents endroits en trouvant des indicateurs quantifiés. Les paramètres envisageables sont très nombreux et peuvent être regroupés en deux catégories : les indicateurs géométriques décrivant l'enveloppe correspondant au bassin de vue et les paramètres décrivant l'organisation et la composition de la surface visible. Les exemples sont toujours pris dans la région de Viscomtat (mais la zone d'étude déborde des limites de la commune). Ils ont été calculés dans Idrisi au moyen d'un programme de macro-commande conçu dans cet objectif. Le Modèle Numérique d'Élévation se base sur l'image d'occupation du sol en 1989 tirée de l'interprétation d'image SPOT effectuée dans le programme Parkview. Les indices géométriques classiques décrivant l'enveloppe de la vue sont les suivants :

- La profondeur de la vue évaluée par trois indices : la distance à la cellule visible la plus proche, la distance à la cellule visible la plus lointaine, la distance moyenne aux cellules visibles.
- L'ampleur de la vue, estimée par la surface de la zone visible.
- On peut aussi calculer la répartition de cette surface entre différents plans visuels, dont le nombre et la définition peuvent varier en fonction des types de relief. Nous avons choisi une segmentation en 3 plans (0-200 m, 200-1000m, > 1000m) et le calcul de deux indices pour chaque plan : la surface vue en premier, second et troisième plan et sa part dans la surface totale et la proportion dans chaque plan de la surface vue par rapport à la surface totale située dans l'étendue du plan, qui permet de pondérer les valeurs en fonction de la localisation dans l'espace des points de vue.
- Un indice d'angle de visée aussi parfois appelé indice de relief (Baldwin, Fisher et al.) composé de trois mesures de l'angle que forme la ligne entre la cellule du point de vue et la cellule de vue avec l'horizontale (l'angle minimum, l'angle maximum et l'angle moyen de visée).

Nous calculons aussi deux nouveaux indices qui nous paraissent utiles pour caractériser la vue :

- Un indice de "commandement" de la vue peut être exprimé par le ratio entre la surface de la zone visible située au-dessus de l'altitude du point de vue et la surface située au-dessous.
- D'accord avec Baldwin et al., (*op. cit.*), il nous aussi semble utile d'estimer "le volume d'air" incorporé dans la vue, qui peut mesurer l'impression de volume de la vue. Dans l'attente d'un indice plus affiné et aisé à calculer, nous avons choisi d'estimer le volume de l'enveloppe la plus large de la vue en cumulant les différences entre l'altitude de la cellule la plus haute de la vue et l'altitude de chaque cellule vue, somme que nous multiplions par la superficie de la cellule vue pour obtenir un volume.

La Planche 2-8a présente les bassins de vue de quatre points de vue ponctuels situés le long de la route dans la commune de Viscomtat et le Tableau 2-2 récapitule pour chacun d'entre eux les descripteurs géométriques. Le point de vue de la Loge se caractérise par une grande ampleur, une grande profondeur et un volume très largement supérieur aux autres points de vue. Il se distingue aussi par son commandement équilibré (autant de surface en position supérieure que

de surface en position inférieure). Les trois autres points de vue ont des ampleurs équivalentes mais des profondeurs différentes. Le point de vue de Glay a un volume supérieur aux autres, ce qui est confirmé par un angle de visée moyen plus obtus. Le point de vue de Les Palles est caractérisé comme celui de La Loge par une forte domination de l'arrière plan, contrairement aux deux autres plus équilibrés entre deuxième et troisième. On peut aussi utiliser ce système de mesure pour caractériser des lieux non ponctuels, pourvu qu'ils restent de surface limitée, soient d'un seul tenant et de forme assez compacte¹. Nous illustrerons l'analyse par une comparaison entre les vues depuis trois hameaux de Viscomtat en ajoutant aux paramètres déjà calculés, des indicateurs de contenu de la vue (Planche 2-8b et Tableau 2-3). On constate que la vue depuis le hameau de Fontbonne est une vue d'altitude, d'ampleur et de profondeur plus réduite que les deux autres et où dominant les résineux. Les vues depuis les hameaux de Begon et de La Vachie sont géométriquement assez proches. Elles diffèrent essentiellement par leur composition. La première est caractérisée par une forte présence de feuillus, tandis que la seconde est plus équilibrée entre résineux, feuillus et prairies. Il serait bien entendu possible de distinguer la composition selon les différents plans, ce que nous ne ferons pas ici pour ne pas allonger l'exposé.

Ce type de quantification trouve son intérêt quand il s'agit de formaliser au moyen d'indicateurs quantitatifs les impressions que peut avoir un observateur depuis des lieux particuliers. Il serait nécessaire de les étalonner et de les valider par enquête en comparaison avec les impressions de spectateurs *in situ* ou confrontés à des photographies panoramiques de type Quicktime VR. Ils ne remplacent bien entendu pas la vue sur le terrain, ni l'analyse *de visu*. Mais ils peuvent être utilisés avant la visite pour décrire un certain nombre de points de vue envisagés et organiser la visite puis faciliter, objectiver ou contrôler l'analyse.

¹ Les indicateurs fondés sur un calcul de distance entre la cellule voyante et la cellule vue (profondeur, angle vertical) supposent de pouvoir mettre en correspondance ces deux cellules, ce que la structure de la macrocommande ne permet plus quand il y a plusieurs cellules voyantes. Le calcul de distance est alors déporté vers les cellules en bordure de la zone voyante et le biais n'est acceptable que si celle-ci n'est pas trop étendue. Si ce n'est pas le cas, les indicateurs n'utilisant pas de fonction distance restent corrects.

Tableau 2- 2. Paramètres géométriques décrivant l'espace visible depuis 4 points de vue à Viscomtat

Une approche locale de ce type suppose de disposer de points de vue *a priori*, pour lesquels on doit faire une analyse de visibilité ou de soumission à la vue. Il peut s'agir de la création de belvédères, de sentiers ou d'itinéraires paysagers. Une autre utilisation est la recherche d'indicateurs objectifs des paysages appréciés, en reportant ces points de vue, à partir d'une enquête photographique par exemple.

Décrire l'espace visible. Approche catégorielle

Dans cette approche on cherche à déterminer les espaces vu/voyant pour des objets appartenant à une catégorie définie, composée de cellules ou points non contigus : lignes à haute tension,

NOM POINT DE VUE	GLAY	LA LOGE	LES PALLEES	MALAPTIE
Type	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel
Altitude Point de vue (m)	651	780	609	793
Distance minimale (m)	10	10	10	10
Distance maximale (m)	3826	6547	8726	1576
Distance moyenne (m)	1670	3334	5078	1855
Profondeur de la vue (m)	3816	6537	8716	1566
Surface de la vue (Ha)	283	1326	250	254
Surface visible du premier plan (Ha)	7	5	4	9
Surface visible du second plan (Ha)	100	76	13	52
Surface visible du troisième plan (Ha)	177	1246	233	192
Surface visible / totale premier plan	0,57	0,37	0,34	0,71
Surface visible / totale second plan	0,33	0,25	0,08	0,17
Surface visible / totale troisième plan	0,04	0,29	0,05	0,45
% vue premier plan / vue totale	2	0	2	4
% vue second plan / vue totale	35	6	5	20
% vue troisième plan / vue totale	63	94	93	76
Surface supérieure (Ha) (1)	279	692	246	241
Surface inférieure (Ha) (2)	4	634	4	13
Ratio de commandement (1 = équilibrée)	0,01	0,92	0,02	0,05
Volume de la vue (Km ³)	10,7	52,5	7,3	5,7
Angle visée verticale minimale (°)	12,3	7,4	6,2	9,9
Angle visée verticale maximale (°)	89,1	89,3	89,1	89,3
Angle visée verticale moyenne (°)	34,1	17,2	14,5	33,0

espaces en eau, zones boisées, routes, ou habitat. Le calcul nécessite alors de prendre en compte un grand nombre de points et il fournit la fréquence (au sens statistique) de points vus/voyant en fonction du nombre total de points dans la catégorie. Nous sommes dans le cas où la symétrie de la vue n'est pas parfaite. Une cellule de champ peut voir une cellule de bois (plus exactement le haut des arbres) tandis que la cellule sous les arbres ne voit que du sous-bois. Il en va de même pour l'habitat. Si le toit d'une maison est visible d'un point, il faut monter sur le toit pour voir le même point. Le point de vue lié à l'habitat ne sera donc pas calculé à partir des cellules d'habitat elles-mêmes, mais à partir des cellules voisines.

Tableau 2-3. Paramètres décrivant l'espace de Viscomtat visible depuis 3 hameaux

Les exemples d'application porteront cette fois sur le canton d'Eymoutiers dans sa partie centrale, entre Eymoutiers et le lac de Vassivières. La Planche 2-9 présente la carte IGN au 1:100 000 de la zone d'étude. Le Modèle Numérique d'Élévation combine le MNT de l'Institut Géographique National au pas de 50 m et une occupation du sol en 1991 tirée de la base de données de l'Institut Forestier National. Comme ces données ne prennent en compte que les espaces boisés, nous avons ajouté les cours d'eau et les plans d'eau à partir de la base de données Carthage (IGN). Nous avons procédé aussi à une localisation approximative des espaces bâtis, groupés et épars, par l'application d'un filtre local sur une couverture ponctuelle de l'habitat digitalisé à partir du Scan100 de l'IGN. Les calculs de visibilité ont été réalisés, sauf mention particulière, en mode raster avec Idrisi. Compte tenu des données utilisées, il s'agit d'une représentation très générale de la surface terrestre et des écrans visuels liés aux objets

NOM POINT DE VUE	<i>Hameau BEGON</i>	<i>Hameau La Vachie</i>	<i>Hameau Fontbonne</i>
Type	Aréal	Aréal	Aréal
Altitude Point de vue (m)	722	688	893
Distance moyenne (m)	3447	3240	1843
Profondeur de la vue (m)	6263	6382	4598
Surface de la vue (m)	1319	1080	440
Surface visible du premier plan (Ha)	19	15	17
Surface visible du second plan (Ha)	67	57	97
Surface visible du troisième plan (Ha)	1080	1007	326
Surface visible / totale premier plan	76	64	85
Surface visible / totale second plan	21	18	30
Surface visible / totale troisième plan	25	24	8
Ratio de commandement (1 = équilibrée)	0,16	0,24	1,60
Volume de la vue (Km ³)	48	43	11
Angle visée verticale moyenne (°)	17,5	17,9	32,2
% Forêt de conifères	22	30	37
% Forêt mélangée	12	12	9
% Forêt de feuillus	45	29	33
% Prairie	15	20	17
% Autre	5	8	5

présents sur le sol. La vaste taille des cellules (un quart d'hectare) a conduit, pour garder une cohérence au calcul, à l'adoption de certains principes. Dans le cas d'objets linéaires et ponctuels comme les routes, les cours d'eau ou l'habitat, on est conduit à considérer que l'ensemble de la cellule est à l'altitude du sol nu. Il s'agit donc de la visibilité, non depuis la route ou le cours d'eau stricto sensu, mais depuis une cellule dans laquelle est présente un cours d'eau ou un plan d'eau. On construira donc des MNE différents pour chaque catégorie d'objet.

Pour calculer l'espace visible depuis les zones situées à proximité des rivières, les trouées forestières des routes, beaucoup plus étroites que 50 m ne sont pas décrites. On ne voit que de la forêt.

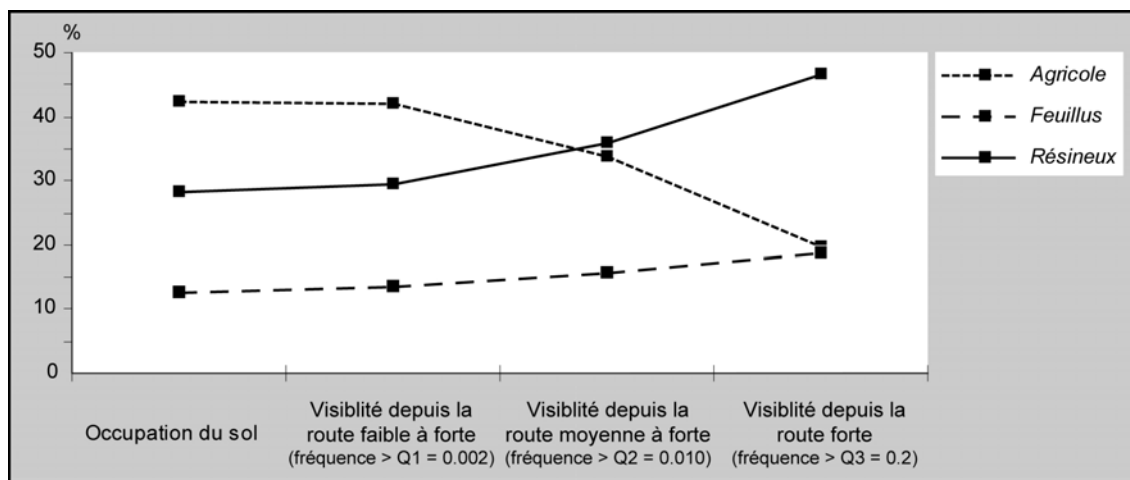
Il faut distinguer deux cas. Le plus simple est celui où les cellules d'où l'on calcule la visibilité sont vues mais non voyantes. C'est le cas des lignes électriques à moyenne tension par exemple. Après création d'un Modèle Numérique d'Élévation intégrant l'occupation du sol et une hauteur de 15 mètres pour les lignes électriques, on calcule la fréquence de vue de la ligne électrique en tous points depuis 1m 70, hauteur moyenne du visage d'une personne, sous forme d'une valeur comprise entre 0 et 1. Une valeur 0 indique qu'aucune cellule de la ligne n'est vue, une valeur 1 que toutes les cellules le sont. Le calcul donne des fréquences en tous points, mais les seules valeurs utilisables sont celles qui correspondent aux espaces ouverts. En effet ne peuvent pas être retenues les cellules dont l'élévation ne correspond pas à l'altitude du point de vue (zones boisées, landes et bâti). On obtient alors une carte de l'impact visuel théorique des lignes électriques en 1991. La Planche 2-10 montre qu'en certains endroits du canton d'Eymoutiers, jusqu'à 40% du linéaire électrique était théoriquement visible depuis les espaces ouverts.

Dans un deuxième cas, celui d'un réseau routier par exemple, les cellules prises comme référence pour le calcul de visibilité peuvent être à la fois vues et voyantes. Deux calculs sont alors possibles : la fréquence du réseau routier visible en tous points de la zone d'étude et la fréquence de l'espace de la zone d'étude que l'on peut voir depuis la route. On peut évaluer où le réseau routier est peu ou beaucoup visible et où, sur le réseau routier, la vue sur le paysage est plus ou moins ample. Le premier calcul s'effectue en prenant comme cibles les cellules du réseau routier. Le second en prenant comme cibles l'ensemble complémentaire des cellules hors du réseau routier. Dans le premier cas, on calcule la proportion du total des "cellules routières" que voient les cellules de la zone d'étude. Dans le second, on calcule la proportion du total des cellules de la zone que voient les cellules routières. La Planche 2-11.a présente la fréquence du réseau routier visible en 1991. Cette carte peut être lue de deux manières. Elle indique en chaque point la proportion de route qu'il voit. C'est une mesure de l'impact visuel de la route. Elle indique aussi le degré de visibilité de ce point depuis la route, envisagée comme un tout. Si un point voit 15 % de la route, c'est que 15% de la route le voit. C'est ce qui rend légitime de ne pas se limiter aux espaces ouverts. Même si, *stricto sensu*, une personne située dans un bois ne pourra pas voir la route, le haut des arbres sera visible depuis celle-ci. La Planche 2-11.b cartographie l'ampleur de vue depuis la route en fonction de la part de la surface de la route qui est vue. Certains tronçons en belvédère voient jusqu'à 12 % de la surface de la région. Une exploitation directe de ces résultats est évidemment un calcul du contenu des zones les plus vues de la route. On a ainsi calculé les superficies des types d'occupation du sol visibles en fonction de trois niveaux d'intensité de visibilité depuis la route. La comparaison avec l'occupation du sol effectivement présente est très intéressante. Les objets situés souvent dans les zones les plus basses (habitat, eau) disparaissent des espaces les plus visibles depuis la route. La part de l'espace agricole tombe aussi très rapidement de 40 % effectivement présent à 20 % de l'espace visible, tandis que les espaces boisés situés plutôt sur les pentes occupent une part beaucoup plus importantes des espaces visibles de la route (Figure 2-5).

Figure 2-5. L'effet de l'intensité de la visibilité depuis la route sur la composition de l'espace visible (Eymoutiers)

Un calcul du même type peut être réalisé à propos de l'habitat. La différence est que l'on ne calcule pas l'espace visible depuis les cellules habitat, mais depuis les cellules voisines qui sont en espace ouvert. La Planche 2-12.a met bien en évidence les bassins de vue des différents villages (Eymoutiers à l'ouest, Neddés au sud-est). La Planche 2-12.b présente les fréquences de l'espace de la région visible depuis les zones bâties. Pour l'obtenir, on a regroupé les zones d'habitat et on a attribué à chacune d'entre elle la moyenne des fréquences de visibilité des cellules voisines de la zone. Ce mode de calcul explique les valeurs faibles de la visibilité depuis l'habitat. La carte met cependant en évidence les fortes visibilités depuis les hameaux sur les versants de la Vienne au sud d'Eymoutiers qui voient jusqu'à 15 % de la région considérée.

Il n'est guère utile d'insister sur l'intérêt de cette analyse catégorielle de la visibilité pour la gestion paysagère. Dans le projet d'Eymoutiers, le même type de calcul a été effectué à l'époque avec le module raster Spatial Analyste du logiciel Arcview. La principale différence



tient au fait qu'il prend en cellules cibles les points d'un fichier vecteur et non les cellules d'un fichier raster. Les temps de calcul de l'époque nous avaient contraints à calculer les zones visibles de l'ensemble du canton depuis 159 points de vue régulièrement choisis le long des routes départementales (et non du réseau routier complet comme ci-dessus). Les résultats obtenus montraient que les résineux étaient significativement surreprésentés dans les espaces que l'on voit quand l'on circule sur les principales routes du canton et cela a conduit le groupe de travail à réinterroger le problème délicat de la place des résineux dans le canton : problème effectif ou problème de perception ? La tempête de décembre 1999 a mis à plat du jour au lendemain à la fois les plantations et la question des analyses de visibilité qui n'avaient plus de sens avec des données sur l'occupation du sol rendues obsolètes. Si l'on dispose de données à jour, ces outils sont indispensables pour gérer les impacts visuels et répondre à une question du type : où doit-on limiter les plantations de résineux si l'on veut qu'elles ne soient pas visibles depuis la route ? Mais il est possible de réfléchir aux différentes perceptions visuelles selon que l'on circule sur les routes principales, les routes secondaires ou les chemins, que l'on habite dans les bourgs ou dans les hameaux, que l'on se promène dans les pelouses d'altitudes ou le long des ruisseaux, etc.. Cette réflexion appuyée sur des documents cartographiques permet de

relier pratiques de l'espace et perceptions et donc d'objectiver en partie certaines représentations : compte tenu de où j'habite et où je vais, quel est le paysage que je perçois ?

Décrire l'espace visible. Approche globale

L'augmentation de la puissance des ordinateurs permet de calculer la fréquence de visibilité pour chaque point de l'espace étudié et en fonction de tous les autres points. Toutefois ce calcul pose le problème déjà soulevé plus haut. Puisqu'il s'appuie pour tracer les lignes de vue sur un Modèle Numérique d'Élévation unique, les fréquences de visibilité obtenues concernent à la fois des cellules situées à hauteur du sol et des cellules situées à hauteur de la surface supérieure des objets : forêt, habitat... Nous ne sommes donc pas dans les conditions de vision d'un observateur humain. On doit en toute rigueur ne représenter la visibilité que depuis les espaces ouverts à hauteur du sol. Les autres ont une visibilité limitée à leur voisinage immédiat. L'indice global de visibilité (Planche 2-13) n'a donc de sens que pour les espaces ouverts. Il indique alors la fréquence de vue sur l'ensemble de la région. L'espace visible des autres espaces n'est composé que de la cellule elle-même, puisque la vue y est circonscrite, si on laisse de côté la question des lisières et des effets de transparence, qui devraient faire l'objet d'un traitement spécifique. On retrouve dans la carte obtenue les structures de visibilité déjà esquissées, avec une forte visibilité et soumission à la vue des versants supérieurs sud de la vallée de la Vienne qui ont en vue et sont en vue de 10 à 17 % de l'espace en question.

Connaissant la proportion de toutes les cellules qui voient ou sont vues par une cellule donnée et connaissant aussi le nombre total de cellules de la grille, on peut en déduire le nombre absolu de cellules qui sont en vue. On peut alors décomposer l'espace selon une partition thématique déterminée et calculer en tout point le nombre absolu de cellules d'une classe donnée qui sont visibles puis le ratio du nombre de cellules visibles de la catégorie sur le nombre de cellules visibles total. On décrit alors la composition de l'espace visible en tout point en fonction des catégories souhaitées, pourvu qu'elles forment une partition de la région considérée. Pour illustrer cela, nous prendrons trois partitions successives : un découpage selon les grandes catégories de l'occupation du sol, un découpage selon un étalement en trois plans (0-200 m, 200-1000m, >1000 m) et un découpage selon le type de profil topographique que l'on voit.

La Planche 2-14 correspond à la décomposition thématique de la vue en chaque point selon les grandes catégories de l'occupation du sol. Les bois dominant et en particulier les plantations de résineux qui composent plus des 2/3 de la vue dans la partie ouest de la région alors que les pâtures et terres agricoles sont prépondérantes dans les vues de l'ouest. Les vues sur les plans d'eau sont plus localisées et le lac de Vassivière n'est visible que dans un voisinage restreint. Les vues sur les cours d'eau, l'habitat, les landes sont localisées un peu partout mais ne constituent qu'une faible part de la plupart des vues.

Ces données, combinées avec l'occupation du sol, permettent de cartographier la prégnance d'une catégorie dans la perception du paysage, depuis l'immersion complète jusqu'à la perception la plus ténue. La Planche 2-15 compare la prégnance dans la perception des feuillus et des résineux. Les valeurs s'échelonnent de 0 (aucun résineux vu) jusqu'à 1 (localisation à l'intérieur d'une forêt de résineux). La comparaison des deux cartes illustre la domination dans le paysage perceptible des résineux sur les feuillus, qui va au-delà de leur domination proprement surfacique (représentée dans la carte par la valeur 1). Cela généralise les résultats présentés plus haut sur les visibilités depuis la route.

On peut aussi appliquer le principe de décomposition à un découpage en plans plutôt qu'en catégories d'occupation du sol. On applique alors des limites de distance dans le calcul du bassin de vue (Planche 2-16).

Nous avons utilisé le logiciel Landserf pour reclasser automatiquement le MNT de la zone centrale du canton d'Eymoutiers en 6 classes de profil topographique selon la procédure proposée par Wood. Pour cette application prioritairement démonstrative, nous n'avons pas adopté la comparaison d'indices multiscalaires. Nous avons simplement utilisé l'extraction simple sur une fenêtre 3x3 qui permet de faire apparaître dans un relief comme celui d'Eymoutiers les zones qui se trouvent approximativement en position de crête, de talweg ou qui ont un profil régulier, pentu ou non. Un calcul de pente suivi d'un reclassement nous a permis de distinguer pour ce dernier deux sous-ensembles et donc de distinguer 4 types topographiques généraux : le profil vallée, le profil crête, le profil versant et le profil zone plane. Un calcul de visibilité a permis de reconstruire pour chaque point la composition de la vue entre ces quatre profils (Planche 2-17).

La multiplication des composantes des vues générée par ces traitements devient rapidement difficile à interpréter. Il est donc nécessaire d'en proposer une classification synthétique. Plusieurs méthodes classiques sont utilisables. Le problème est que les outils de classification proposés par les logiciels SIG restent très limités. Idrisi, au profil pourtant très analytique, ne propose que des méthodes adaptées à la classification de données satellitaires. Il faut donc mobiliser d'autres outils. Par ailleurs nos grilles sont constituées de plus de 65 000 cellules, nombre trop élevé pour qu'elles soient exportées et traitées comme des individus dans des outils statistiques classiques. Nous avons donc procédé dans la zone correspondant aux espaces ouverts au tirage d'un échantillon systématique de 6 283 points, structurés sous forme de fichier vecteur. A chacun de ces points ont été associés les différents indicateurs caractérisant les vues. Cet échantillon a été traité dans un outil de cartographie statistique plus adapté, en l'occurrence le logiciel Philcarto développé par Ph. Waniez. Les résultats ont ensuite été réintégrés sous forme de grille raster dans Idrisi pour être généralisés à l'ensemble des cellules. Les trois composantes (composition de la vue en occupation du sol, en plan et en profils topographiques) ont été traitées séparément.

L'organisation en plans de la vue est donnée par 3 variables dont la somme est égale à 100. L'analyse la plus simple est la visualisation classique sur un diagramme triangulaire ou, ce qui est moins aisé, par comparaison de 3 graphiques de dispersion bivariés. Philcarto propose un module d'analyse exploratoire permettant de visualiser interactivement la répartition spatiale à l'aide d'un diagramme triangulaire. Nous l'avons utilisé pour visualiser la segmentation standard du triangle en 12 classes et la regrouper finalement en 6 types réellement présents à Eymoutiers. L'ensemble des cellules a été reclassé dans Idrisi en fonctions des valeurs seuils des classes (Planche 2-18).

Pour la classification de la part des grands types d'occupation du sol dans la vue (9 variables) et des profils topographiques en vue (4 variables), nous avons procédé, toujours avec Philcarto, à une classification ascendante hiérarchique de manière à distinguer respectivement 8 et 7 catégories. La généralisation de la typologie à l'ensemble des pixels à partir des points de l'échantillon s'est faite en détournant les procédures statistiques disponibles dans Idrisi pour réaliser une classification supervisée d'image satellite. Nous avons considéré les cellules correspondant aux points échantillons comme des "parcelles d'entraînement", et extrait les "signatures types" correspondant aux différentes catégories. Les cellules ont ensuite été classées

au moyen d'une analyse discriminante¹. On obtient alors une typologie des vues depuis les espaces ouverts en fonction de l'occupation du sol dominante (Planche 2-19) et en fonction des profils topographiques les plus en vue (Planche 2-20).

On peut enfin chercher à produire des typologies combinant ces trois indicateurs. Une première piste est la production d'une typologie automatique, par regroupement des points ou des cellules en fonction de la " ressemblance " plus ou moins grande de leurs modalités dans les trois caractères. Le manque d'outil de classification automatique de variables nominales dans les logiciels SIG en général nous a conduit à utiliser sur l'échantillon de points la procédure *two-steps* du logiciel SPSS². Nous l'avons mise en œuvre dans une démarche exploratoire, en produisant des découpages successivement en 2 puis 3, 4, 5 et 6 classes et en analysant soigneusement les contenus des classes obtenues à chaque étape. Finalement, nous avons conservé le découpage en 6 classes, auxquels nous avons ajouté deux classes empiriques, la vue sur les lacs et la vue sur l'habitat, que la procédure automatique ne faisait apparaître que dans un nombre plus grand de classes mais qu'il nous semblait difficile de ne pas prendre en compte (Planche 2-21). Toute classification de ce type, qu'elle soit semi-automatique ou obtenue par regroupement logique, est discutable. Dans une logique de SIG, il nous semble tout aussi utile de procéder à des requêtes en cherchant par exemple à cartographier directement des combinaisons opérationnelles. Par exemple, on pourra élaborer dans le langage du logiciel une requête visualisant les zones dont les points de vue dominants sont sur les crêtes et qui voient principalement des résineux.

Cette méthode de description systématique et globale de l'espace visible est proche de celle adoptée par Brossard, Joly et al. (1994) sur la région de Saint-Claude. Même si les chercheurs de Besançon ont appliqué ce type de méthode dans des projets commandés par des collectivités territoriales pour l'évolution du boisement, les conséquences de la déprise agricole, l'aménagement de pistes de ski, la confection d'atlas des paysages (Brossard, Joly et al. 1993), il faut bien reconnaître que son emploi est plus courant dans un contexte d'analyse scientifique que de gestion. Sa complexité peut en effet poser des problèmes de communication avec les commanditaires ou avec les habitants si l'approche est participative. La mise en œuvre de l'approche globale nécessite, si l'on veut dépasser la simple quantification de l'espace visible, des opérations de combinaison et de classification complexes et techniques qui peuvent générer un effet boîte noire nuisible à la mobilisation des acteurs. Notre hypothèse est que l'analyse globale de l'espace visible ne peut pas être utilisée comme méthode unique. Pour être efficace, il faut la combiner avec les approches locales et catégorielles, et articuler les descriptions du paysage visible avec les autres analyses.

Analyse du paysage idéal

L'analyse du paysage idéal relève d'un autre domaine et nécessite d'autres outils. Il s'agit de décrire et d'analyser des représentations mentales, des valeurs, des attachements, des préférences. Les outils d'analyse relèvent donc plus de l'enquête sociale, qu'elle soit administrée par questionnaires ou sous forme d'entretiens, appuyée ou non sur des photos. A

¹ L'erreur mesurée sur le reclassement des cellules de l'échantillon est acceptable : 9 pour 1000 mal classés dans le cas des indices topographiques et 15 pour 1000 pour les indices de vue.

² Un outil de classification de carte de variables nominales fondé sur le voisinage comme Clapas, qui a l'avantage de travailler directement en mode raster, aurait pu aussi être utilisé.

Viscomtat ou Eymoutiers, l'équipe a utilisé plusieurs systèmes différents. Appliquant la méthode conçue par Michelin (1998), L. Magnin a réalisé des entretiens avec des habitants à partir de photos qu'ils avaient prises selon un cahier des charges fourni (Magnin 1999). A. Vacher a procédé à des enquêtes auprès d'habitants et de touristes à partir d'une sélection de ces photos (Vacher 2000). Cette enquête a ainsi montré qu'il existait un décalage très important entre le paysage idéal des habitants, ce qu'ils pensaient être le paysage idéal des touristes et le paysage idéal effectif de ces derniers. Les SIG ne sont donc pas les outils principaux de l'analyse du paysage idéal, qui mobilise plus des logiciels statistiques ou d'analyse du discours. Toutefois, ils sont utiles quand on tente de localiser les paysages préférés ou les lieux correspondant à des valeurs paysagères divergentes.

La démarche proposée par M-C. Falque (1994)¹ se fonde sur une logique d'évaluation paysagère. Le principe est de localiser sur une zone d'étude les types de paysage appréciés ou dépréciés, à partir d'une enquête et de recherches bibliographiques, puis de caractériser l'espace visible correspondant à ces paysages. Une fois ces caractéristiques connues, on recherche sur l'ensemble d'une zone l'ensemble des lieux qui ont un niveau de ressemblance suffisant avec ce type prédéfini. Le niveau de ressemblance est obtenu par combinaison de critères pertinents vis-à-vis du type de paysage que l'on recherche. Nous sommes donc dans une logique multicritère dans laquelle les critères sont pondérés puis ajoutés entre eux. Par exemple l'analyse des différentes études et guides disponibles permet de décrire les caractéristiques des paysages remarquables reconnus du département de l'Hérault en quatre grands types : paysage esthétiques et pittoresques, paysages « naturels », paysages « culturels » et patrimoniaux, paysages historiques. Les paysages esthétiques et pittoresques correspondent aux représentations esthétiques du XIX^e siècle avec des reliefs marqués, un caractère sauvage et naturel dominant, la présence de ruines et de plans d'eau. Les paysages « naturels » sont marqués par une diversité et une qualité écologiques et l'absence de vue sur des éléments construits. Les paysages « culturels » et historiques sont liés à la présence d'éléments anciens ou à caractère identitaire : terrasses d'olivier, villages historiques... On délimite le poids de chacune de ces caractéristiques dans l'évaluation du type. A chacune des caractéristiques d'un type de paysage visible remarquable, il faut faire correspondre une ou plusieurs variables descriptives du paysage matériel, sous forme de plan d'information d'un SIG. La localisation d'un type de paysage remarquable se fait par calcul des espaces de visibilité de ces variables, qui sont combinés entre eux par agrégation pondérée. On peut aussi simuler l'impact d'interférences d'aménagements dépréciant un paysage comme une carrière, une route en pondérant négativement un type d'objet visible, comme une carrière ou une autoroute. On obtient donc à la fin une cartographie de la potentialité que les points de vue appartiennent à un type paysager donné.

J. Chételat part, lui, d'une analyse des discours tenus par des gestionnaires sur le paysage jurassien dont ils ont la charge (Chételat 2004). Il isole trois modèles globaux de représentation du paysage : une tendance conservatrice, une tendance pragmatique et une tendance romantique. La tendance conservatrice est portée par les acteurs traditionnels. Ils ont une bonne connaissance pratique de leurs paysages et en ont une représentation essentiellement fonctionnelle. Le paysage est évalué en fonction de la capacité du territoire à accueillir les

¹ Cette démarche a donné lieu ensuite au développement d'un outil logiciel Epi (Évaluation Paysagère Interactive) spécialement adapté à ce type d'analyse par Fabrice Thévenon et Jean-Marc Robbez-Masson, UMR Agro.M-INRA de Science du Sol de Montpellier. <http://sol.ensam.inra.fr/Produits/Epi/Default.asp>

activités traditionnelles que sont l'élevage et l'exploitation forestière. L'espace doit être alloué à l'activité pour laquelle il a le meilleur potentiel, et la cohabitation des deux devrait se faire essentiellement dans les zones de moyenne productivité en lait ou en bois. Toute autre utilisation du sol (landes, friches, bâti non agricole...) est dévalorisée. La tendance pragmatique est aussi orientée vers une utilisation optimale du sol, mais avec une vue plus générale des fonctions socio-économiques du territoire, qui ne se réduisent pas au lait et au bois. Les fonctions touristiques et écologiques sont aussi prises en compte et certaines traces d'exploitation traditionnelle précaires ou fragiles sont plutôt dépréciées. La tendance romantique caractérise les acteurs qui ont une relation sensible, essentiellement visuelle, au paysage. C'est la dimension scénographique du paysage qui leur paraît importante. Composition et structure des scènes, alternance de vues fermées et de grands panoramas, présence d'éléments symboliques sont autant de signes de la qualité d'un paysage, envisagé plutôt comme un spectacle que comme un lieu de travail. Certains effets liés à la production sont alors nettement dépréciés : suppression de chemins, regroupement de parcelles, installations touristiques... A partir de ces profils, Chételat cherche alors des indicateurs qui lui permettraient de caractériser les préférences spatiales correspondant aux différentes tendances : potentiel productif, type de pâturage, utilisation du sol, diversité ... Ces indicateurs sont décrits par une note. Il est alors possible de quantifier l'espace visible depuis un point en fonction des trois systèmes de préférence spatiale et de comparer le niveau d'adéquation du paysage d'un point de vue donné aux différents modèles de représentation mis en évidence.

Les deux méthodes ont en commun l'analyse d'éléments spatialisables caractéristiques de paysages appréciés ou dépréciés, le calcul de la visibilité de ces éléments et une combinaison multicritères permettant une évaluation globale. Elles diffèrent cependant dans l'ordre des opérations. La première approche procède d'abord à une série d'analyses catégorielles du paysage visible, qui sont ensuite combinées et pondérées. On joue donc sur le poids des types d'espace visibles. La seconde approche combine d'abord, en les pondérant, les éléments du paysage matériel, puis calcule un indice global qui cumule les notes des cellules comprises dans l'espace visible. L'application qu'en fait J. Chételat est locale, il compare entre eux quatre points de vue. Mais on pourrait envisager une généralisation du calcul à toutes les cellules de la grille, pourvu que l'on dispose d'un algorithme de calcul qui ne soit pas trop long.

On peut refuser d'emblée et par principe toute pertinence à des évaluations de préférences paysagères faites selon des procédures automatiques de combinaisons arithmétiques d'indicateurs quantifiés, plus ou moins fidèles à des valeurs sociales ou esthétiques beaucoup plus subtiles. Il nous semble plus constructif de veiller à la pertinence, à la rigueur et à l'objectivation des opérations. De ce point de vue, les deux approches diffèrent dans la nature des indicateurs intermédiaires choisis. Ceux de M-C. Falque sont concrets : il s'agit de la présence d'un objet donné dans un espace visible borné. Ceux de J. Chételat sont beaucoup plus abstraits : ils cumulent en une note différents paramètres nés d'une appréciation plus subjective. Le résultat semble plus artificiel. Il s'agit en tout cas de pistes qui demanderaient à être poursuivies. Une autre critique courante de ces approches porte sur la validité de l'indice de synthèse calculé à partir d'éléments complètement hétérogènes. Une même valeur synthétique peut correspondre en effet à de multiples combinaisons différentes. Or il existe différents modes d'agrégation de critères et plusieurs manières d'effectuer ces agrégations (Molines 1997) et les outils disponibles maintenant permettent un pilotage fin de ces agrégations et une analyse de la sensibilité des résultats aux paramètres introduits. Nous revenons dans le Parcours 4 sur le

couplage des SIG et des méthodes d'analyse multicritères qui ont montré tout leur intérêt dans la gestion territoriale ; on ne voit pas pourquoi il n'en irait pas de même en gestion paysagère. Il reste vrai que le jeu sur les poids des critères induit directement la spatialisation obtenue. Si le caractère interactif des procédures rend les aller et retour possibles entre le choix de la pondération et ces résultats, la question centrale dans une logique de gestion est celle de la manière dont s'élaborent ces pondérations : expert unique, collège d'experts, assemblée de représentants, groupe élargi ? La légitimité du résultat ne sera pas la même selon l'option choisie.

On envisagera pour terminer une troisième manière de spatialiser le paysage idéal. Il s'agit d'utiliser une cartographie des types de vues paysagères comme celles de la Planche 2-21 pour sélectionner aléatoirement certains points de vue d'où l'on prend des photographies, classiques ou panoramiques. Ces photographies seraient ensuite soumises à une enquête d'appréciation ou d'évaluation, dont les résultats peuvent alors être attachés aux différents types paysagers et spatialisés à travers ceux-ci.

2.6. Modélisation et simulation spatiales

Dans le domaine du paysage, les outils de modélisation et de simulation spatiale ont essentiellement pour objectif de comprendre et éventuellement de simuler la répartition des différents objets matériels susceptibles d'être perçus. Cela peut concerner la modélisation directe de processus produisant cette répartition d'objets, comme des modèles de croissance végétale ou de diffusion écologique. Cela peut concerner aussi la modélisation de logiques d'acteurs, de structures de décision, de processus sociaux qui sont autant de filtres ayant une influence sur le paysage. La modélisation paysagère, au sens où nous entendons le mot paysage, recouvre un si grand nombre de modélisations de processus particuliers, qu'ils soient écologiques, économiques, démographiques, sociaux ou décisionnels, qu'on peut se demander si elle n'en perd pas toute identité propre. Et pourtant, les projets de gestion paysagère se trouvent confrontés à cette question de pouvoir extrapoler, généraliser, simuler la spatialisation d'objets paysagers en s'appuyant sur des données et des modèles. Cette modélisation pour la gestion paysagère se heurte à plusieurs limites fortes : la complexité des modèles spatiaux, l'articulation de différents modèles entre eux, la disponibilité des données et les contraintes de temps de la gestion paysagère. C'est pourquoi, loin d'un impossible traité de modélisation paysagère, nous donnerons quelques pistes de réflexion liées à nos expériences sur les modèles de potentialité et la question de la simulation.

Modèles de potentialité

Principe

Le paysage nécessite une approche globale. Or comme nous le remarquons ailleurs (Joliveau et Etlicher 1998) (Vol. 2 DOC 12), il est illusoire d'espérer modéliser rigoureusement l'ensemble des processus biophysiques, sociaux, économiques permettant de rendre compte des structures paysagères et de leurs évolutions. Bien sûr la tâche des scientifiques est de proposer des modèles mathématiques spatialisés, testés et validés, permettant de rendre compte rigoureusement des phénomènes. Quel que soit le type de méthode utilisée, ces modèles sont cependant difficiles à mobiliser dans un projet de gestion paysagère. Ils sont soit généralisables mais ne couvrent que des processus très partiels, soit plus génériques mais leur mise en place

demande une collecte d'information très grande, soit globaux mais avec une marge d'erreur telle que leur application à des espaces plus réduits n'a guère de sens. Sauf si l'on travaille sur des terrains bien instrumentés et modélisés depuis plusieurs années par de nombreuses équipes scientifiques multidisciplinaires, et encore faudrait-il s'interroger sur la perturbation du fonctionnement social par des dispositifs d'observation aussi lourds, on en est souvent réduit en gestion paysagère à se rabattre sur des modèles analogiques, semi-quantitatifs ou qualitatifs pour évaluer la potentialité qu'un processus se produise ou se localise quelque part.

Le mot potentialité caractérise quelque chose qui existe en puissance mais il recouvre deux notions un peu différentes : d'un côté il marque l'éventualité, la possibilité de quelque chose et de l'autre l'aptitude, la capacité d'un objet à répondre à une fonction. C'est dans le second sens que les analyses de potentialité ont connu un grand succès dans le domaine des SIG suite à la diffusion des méthodes dites de planification écologique (voir Parcours 4). On peut aussi utiliser ce type de méthode dans le premier sens du mot potentialité, quand on cherche non une adéquation à un objectif, mais un degré d'éventualité, un niveau de possibilité qu'un phénomène se produise quelque part. On voit bien les limites et les défauts de ce type d'approche qui ne se fonde pas sur un modèle quantitatif composé d'équations liant les composants de l'explication, mais sur une combinaison de critères susceptibles d'influencer ou de limiter le phénomène : pas de quantification, pas de prise en compte d'effets de seuil, pas de mesure d'erreur... Si l'on dispose d'éléments de modélisation plus rigoureuse ou plus exacte, il faut les utiliser. Sinon, on tente d'approcher le phénomène au moyen de ces modèles de potentialité. L'intérêt pratique est qu'il est possible d'intégrer des résultats de modèles quantitatifs formalisés sectoriels dans un modèle qualitatif de potentialité. Le principe consiste à lister les facteurs spatialisés supposés avoir un effet sur le phénomène en question et à établir des règles explicites de combinaison de ces différents facteurs. Les facteurs ne sont pas simplement locaux, il est possible d'intégrer dans les calculs des distances à des objets ou l'appartenance à un "motif" spatial élaboré de manière plus ou moins complexe. Les facteurs sont combinés en utilisant les fonctions classiques de combinaisons géométriques et d'algèbre de carte des SIG. Les combinaisons peuvent s'établir en fonction de références scientifiques validées empiriquement ou à partir de dires d'experts. Dans le premier cas, les résultats du modèle peuvent être quantifiés, dans le second les valeurs de potentialité restent relatives : toutes choses égales par ailleurs, la potentialité sera considérée comme plus forte à tel endroit qu'à tel autre. Une application classique du premier type est l'évaluation du risque d'érosion des sols par l'utilisation de l'Universal Soil Loss Equation (USLE), estimation de la potentialité d'érosion des sols grâce à l'équation universelle des pertes en terre de Wischmeier and Smith définie de manière expérimentale à partir de mesures parcellaires aux Etats-Unis (Collet 1992). (Burrough 1986) propose un autre exemple d'évaluation de l'adéquation des sols à la culture du maïs par la FAO, qui combine 4 critères : disponibilité en eau, disponibilité en oxygène, richesse du sol en éléments nutritifs et risque d'érosion. Ces critères sont obtenus par calcul et reclassement à partir de données pédologiques et d'un MNA, pour produire des classes de potentialité à partir d'un modèle de combinaison intégrant des connaissances d'expert.

Il faut toujours tenter de valider le plus rigoureusement possible un modèle de potentialité. Cela peut se faire en interrogeant un expert indépendant, dont les connaissances n'ont pas été mises à contribution pour construire le modèle, ou en comparant les résultats avec une cartographie à dire d'expert dressée par ailleurs. Quand on dispose d'observations indépendantes indicatrices du phénomène dont on cherche à estimer la potentialité, on peut par exemple vérifier que la

plus grande partie des zones où le phénomène a été attesté est compris dans la zone potentielle. Un exemple de modèle de potentialité intégrant des relations horizontales entre les lieux en plus des combinaisons attributaires est celui où B. Etlicher estime la potentialité d'apparition de congères dans le Haut-Forez par combinaison de facteurs globaux empiriquement vérifiés comme favorables (Bessenay et Etlicher 1993). Ce modèle combine température du sol et situation topographique par rapport aux crêtes. Ce modèle, sans être une modélisation physique au sens strict, s'appuie cependant sur un modèle statistique puisque les paramètres de distance aux crêtes sont issus d'un calcul de corrélation effectué sur une série de photographies aériennes présentant des congères dans les années précédentes. On peut être aussi conduit à calculer la diffusion potentielle des visiteurs ou des touristes le long d'un réseau de chemins à partir d'une observation ou d'une enquête sur les comportements : temps de marche, éloignement maximum, ambiances préférées,... (Bessenay 1995). Des modèles de potentiel fondés sur la prise en compte de voisinages spatiaux plus ou moins sophistiqués ont été aussi utilisés en écologie, pour repérer les niches écologiques potentielles du grand tétras (Brossard, Joly et al. 1994), l'habitat favorable d'animaux terrestres dans des milieux fragmentés (Pain, Baudry et al. 2000) ou gérer la faune sauvage en milieu urbain (Le Lay et Clergeau 2001). Dans la gestion paysagère, où les déterminations anthropiques sont déterminantes, les modèles de potentialité sont moins mécaniques et moins réalistes. Même s'ils ne sont qu'un pis aller, ils constituent souvent un vrai progrès. Leur principal intérêt est de conduire à expliciter des raisonnements qui restent souvent implicites, de procéder à une recherche formalisée et systématique d'indicateurs, et à s'interroger sur la validité des résultats.

Exemples

A Viscomtat, nous avons estimé des potentialités de boisement des parcelles à partir de critères définis avec les différents experts agricoles et forestiers de la zone : terres mécanisables ou non, distance aux sièges d'exploitation, proximité de la forêt, degré d'enclavement des parcelles (Joliveau et Michelin 1998), (Vol. 2 DOC 10). A Eymoutiers, l'approche a porté sur les potentialités paysagères des terroirs, à partir d'une typologie établie lors d'une enquête sur les pratiques d'élevage auprès de 33 exploitants et intégrant l'analyse détaillée de 74 îlots parcellaires. Elle a permis d'établir une typologie des îlots dans la pratique de l'éleveur ainsi que des critères descriptifs permettant d'établir cette typologie (Lauprêtre 1998). Les données disponibles dans le SIG (inventaire pédologique, MNT, distance aux interfluves) ont permis une spatialisation de cette typologie dans l'ensemble du canton, qui a servi de base à la production de cartes de fragilité paysagère (Denis 1998).

Modèles spatio-temporels

La prise en compte du temps est fondamentale en gestion paysagère et une approche par scénario est une des manières les plus mobilisatrices de réfléchir sur le paysage. Les techniques les plus utilisées en simulation spatiotemporelle sont les techniques de simulation discrète (Coquillard et Hill 1997). Elles facilitent la modélisation d'un système réel et permettent de le faire évoluer dans le temps. Le principal avantage de la simulation discrète est que le modèle est fourni par un algorithme et non pas par un formalisme mathématique. Elle est donc utilisable même si, pour une raison ou pour une autre, on ne dispose pas d'équations décrivant le fonctionnement du système. Il existe différentes techniques utilisables en simulation spatiotemporelle : simulation Monte-Carlo, automates cellulaires, simulation à événements

discrets. Nous commencerons l'exposé par les méthodes tout à fait artisanales et modestes que nous avons employées avant d'envisager deux types de méthode bien adaptées à la simulation spatio-temporelle.

A Viscomtat, la technique employée pour élaborer des scénarios de boisement a été la plus simple possible. Nous avons transformé notre carte des potentialités en carte des priorités. Nous avons assumé que les zones au potentiel de boisement le plus fort se boiseront en premier. Les scénarios étaient fondés sur un rythme annuel de boisement plus ou moins rapide, dont la référence était calée sur le rythme passé. Il s'agissait d'une forte simplification mais qui correspondait au contexte de réflexion des acteurs.

A Eymoutiers, la demande de simulation a porté sur une autre question. L'enquête auprès des exploitants sur les systèmes d'exploitation et les réunions avec le groupe de travail avaient mis en évidence les contraintes des exploitants dans leur conduite d'exploitation et le retentissement de celle-ci sur le paysage. Deux facteurs étaient apparus comme déterminants pour le maintien de paysages entretenus : la taille de l'exploitation et la distance de la parcelle au siège d'exploitation. Une grande exploitation ne laisse que peu de temps pour des tâches d'entretien paysager. Par ailleurs l'organisation du travail dans l'exploitation conduisait à délaissé des parcelles éloignées. Le facteur principal d'impact paysager des systèmes agricoles apparaissait être l'agrandissement régulier des exploitations par reprise des exploitations en cessation d'activité. On nous a donc demandé de produire rapidement un cadrage de l'évolution spatiale du système d'armature agricole pour évaluer l'impact paysager de ces évolutions (Joliveau et Michelin 2001) (Vol. 2 DOC 13). Trois scénarios ont finalement été retenus : l'agrandissement non maîtrisé dans lequel seules les exploitations les plus grandes s'agrandissent en reprenant les terres des exploitations en cessation ; l'agrandissement contrôlé qui voyait les exploitations les plus petites être les seules reprenues : on assistait à une homogénéisation des tailles d'exploitation au cours du temps ; l'agrandissement stoppé : les exploitations libérées étaient reprises par des jeunes agriculteurs qui s'installaient hors cadre familial ; l'armature des sièges d'exploitation (leur nombre et leur répartition) restait stable. Il s'agissait à la fois du scénario « souhaitable » et du maintien de la structure de taille actuelle des exploitations. Le principe était de simuler la succession de cessions et de reprises d'exploitations en fonction des règles de chaque scénario, puis de calculer le risque paysager associé aux armatures simulées. Compte tenu du peu de temps disponible, la réalisation s'était faite à l'époque par un chaînage successif de requêtes spatiales pour chacun des trois scénarios. Bien que très simplifié par rapport à la réalité complexe et nuancée des successions d'exploitation et de reprise de terre, le travail de simulation a illustré l'impact du mode de succession par agrandissement sur la taille des exploitations et permis de visualiser l'éloignement croissant des zones mises en valeur par rapport au système des sièges d'exploitation. Une version automatisée a été adaptée avec le macromodeleur d'Idrisi (voir plus loin) à la reprise de parcelles dans le cas de cessions d'exploitation sur la commune de Viscomtat, pour laquelle nous disposons des données parcellaires.

Ces deux applications de modélisation restent simplistes et ne correspondent que de manière caricaturale à la simulation spatio-temporelle. L'utilisation d'automates cellulaires devrait permettre de développer des modèles spatiaux permettant de simuler des changements dans l'occupation du sol (Antoni 2002), et de tester la validité des modèles théoriques qui existent en grand nombre en ce domaine (Agarwal, Green et al. 2002). Mais il semble difficile de modéliser les changements dans l'occupation du sol de paysages anthropisés en se fondant seulement sur

les logiques des changements d'état observés dans le passé et des conditions physiques locales. Il faut s'appuyer aussi sur des facteurs externes sociaux et économiques. Il est nécessaire d'intégrer dans cette modélisation spatiale des paramètres liés au système de décision ou aux objectifs des acteurs du territoire. D'un point de vue technique, la combinaison de simulations par automates cellulaires et de systèmes multi-agents est une piste prometteuse. Elle permet d'articuler règles d'action d'acteurs et simulation spatio-temporelle d'une occupation du sol. La recherche conduite par (Etienne et Le Page 2002) sur le Causse Méjean constitue une piste intéressante. Un modèle écologique permettant de simuler les accrus spontanés de pins issus de boisements naturels de pin sylvestre ou de reboisements de pins noirs en fonction de l'âge du semencier, du vent dominant, de la position topographique et des pratiques de gestion pastorale ou forestière a été implémenté sur une plate-forme d'automates cellulaires de résolution de 2 ha. Les pratiques des différents acteurs présents sur le territoire (agriculteurs, forestiers, naturalistes du Parc) ont été intégrées dans un modèle multi-agents couplé à la plate-forme de simulation. Un première discussion avec les acteurs a conduit à l'élaboration de scénarios fondés sur différents types de comportements des acteurs (laisser-faire la nature, laisser faire les acteurs locaux, associer forestiers et naturalistes, ...). Un jeu de rôle a ensuite été organisé sur un espace simplifié pour servir de médiation entre les différents acteurs locaux, qui a facilité la concertation entre acteurs soumis à une même dynamique écologique, leur a permis de mieux comprendre leurs objectifs et contraintes spatio-temporelles respectives et a fait émerger des solutions nouvelles. La modélisation a ensuite été utilisée pour mettre en place un plan local d'aménagement concerté. Cette recherche permet de mieux envisager ce que les outils de simulation peuvent apporter à la gestion paysagère. Il faut cependant rappeler les conditions relativement exceptionnelles de l'expérience ; le Causse Méjean a fait l'objet d'un investissement très ancien et très intense des chercheurs, qui ont emmagasiné données et connaissances et développé un fort réseau de coopération avec les acteurs.

2.7. Visualisation et communication de données paysagères

Etant donné notre objectif paysager, nous focaliserons notre intérêt sur les méthodes de visualisation en trois dimensions. Les outils de cartographie classique sont bien sûr indispensables, y compris pour présenter les résultats d'analyse de visibilité. Mais les données paysagères ne présentent à cet égard aucune spécificité notable. Les outils de visualisation de l'information en 3D sont devenus extrêmement courants, qu'ils soient intégrés dans les logiciels SIG ou disponibles sous forme de modules autonomes. Comme les modèles de données 3D, les outils de visualisation 3-D ne sont pas spécifiquement paysagers. Ils peuvent être utilisés pour visualiser des données en volume (aquifère, couches géologiques...) ou des données de n'importe quel type, la densité de population d'un pays par exemple, pourvu que la représentation obtenue ait un sens pour l'utilisateur final. Dans le cas de la gestion paysagère, ces outils sont particulièrement utiles pour visualiser et contrôler les données de visibilité, de topographie, etc.. Mais nous réserverons le terme de *vue paysagère numérique* au résultat informatique de la visualisation en 3D d'objets ou de phénomènes concrets et visibles situés à la surface ou au-dessus du sol. Sont donc exclues de cette définition toutes les vues 3D de phénomènes ou processus abstraits ou invisibles. Par ailleurs, nous ne nous plaçons pas dans une logique de réalité virtuelle, qui vise à simuler l'immersion d'un observateur humain dans une réalité reconstruite numériquement. L'interaction avec les objets n'est pas de l'ordre d'une immersion, qui passe par une interaction complexe entre l'œil, le corps et le cerveau humains mais de celle, beaucoup plus simple, de la prise de vue par l'intermédiaire d'une caméra virtuelle posée en différents endroits, ce qui est sensiblement différent.

Le principe de construction d'une vue paysagère numérique

Les procédures techniques concrètes liées à la visualisation paysagère numérique varient beaucoup selon le générateur de vue paysagère utilisé (Joliveau, Belvèze et al. 2002). Les outils logiciels utilisables sont multiples (VTP 2004). Dans la Figure 2-6, nous avons tenté de construire sous forme d'un modèle conceptuel simplifié les entités qui contribuent à la construction d'une vue paysagère numérique et les relations qu'entretiennent ces entités. Son objectif est de définir conceptuellement les objets que manipule un concepteur de vues paysagères, en formalisant un vocabulaire précis : vue scène, prise de vue... Il ne correspond aux procédures d'aucun logiciel en particulier, mais tente de faire émerger une représentation générale des principes de construction, élaborée à partir des logiques différentes mises en œuvre par plusieurs logiciels commerciaux¹. Dans les faits, il faudrait utiliser plusieurs outils différents actuels pour couvrir l'ensemble des possibilités répertoriées.

On appelle vue paysagère (numérique) un objet numérique qui reproduit une portion d'espace visible. Une vue paysagère combine toujours une scène paysagère, une prise de vue et un trajet. La scène rassemble ce qui est à voir et les conditions dans lesquelles cela peut être vu. Elle est caractérisée par des paramètres d'éclairage et de condition atmosphérique, des réglages topographiques et autres. Elle regroupe un certain nombre de composants correspondant aux objets paysagers visibles dans l'espace de référence. Ces composants sont mis en scène chacun au moyen d'une ou plusieurs méthodes de rendu. Ils correspondent souvent aux différentes couches d'information ou objets d'un SIG. La prise de vue détermine la cible visée en intégrant un nombre plus ou moins grand de paramètres qui déterminent la vue : focale ou angle de vue

¹ Ce schéma a été élaboré en collaboration avec Bernard Dupuis et s'appuie sur la pratique de Vistapro, Genesis, ArcView 3D Scene, Visual Nature Studio, Geoimage Space Eyes 3D, Geoconcept 3D...

horizontal, angle de vue vertical, distance maximale de vue. Enfin, le trajet se compose d'au moins un point de vue localisé précisément dans l'espace et les organise séquentiellement s'il y en a plusieurs. Enfin les vues paysagères peuvent être regroupées en séquences paysagères, comme l'enchaînement des vues observables le long d'une route par exemple.

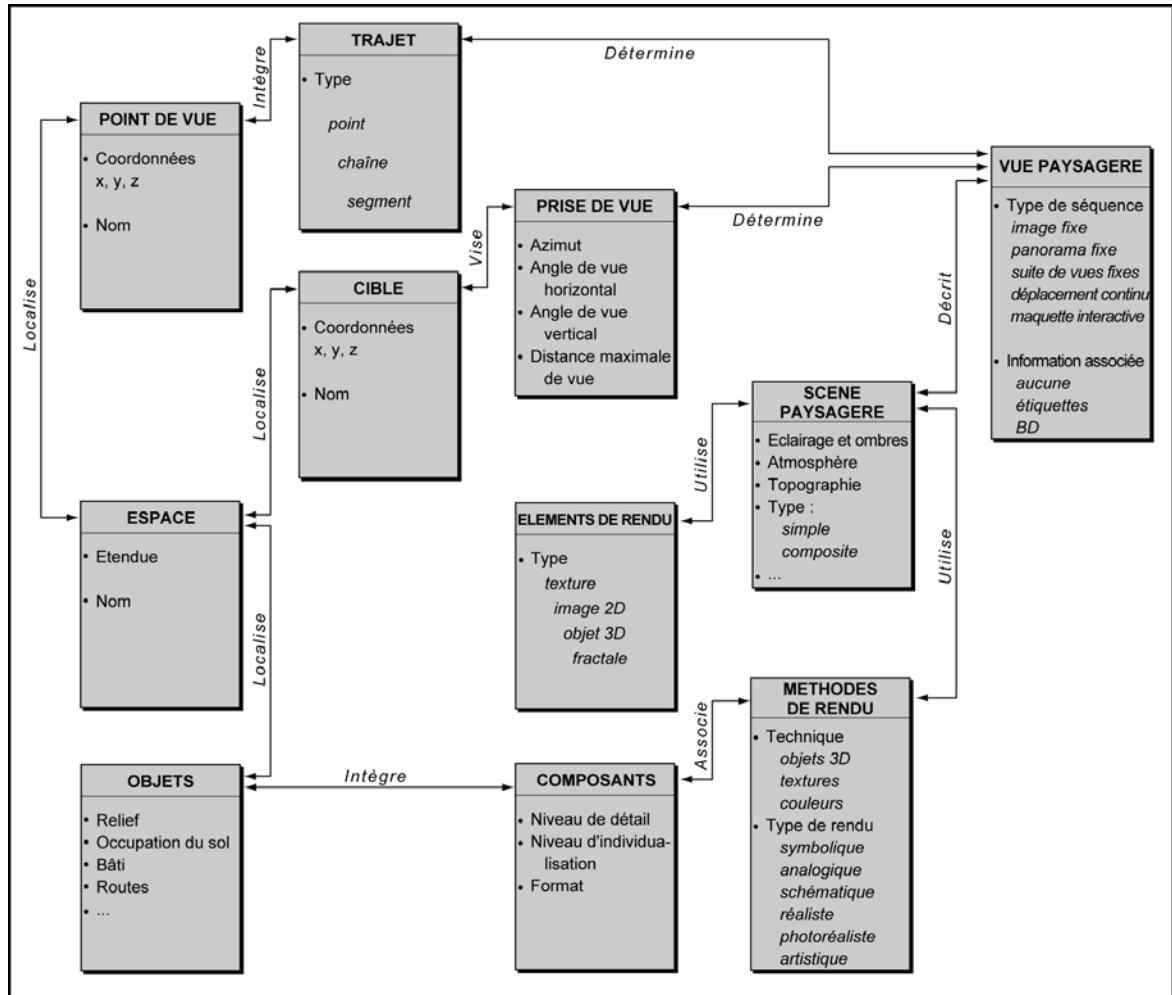


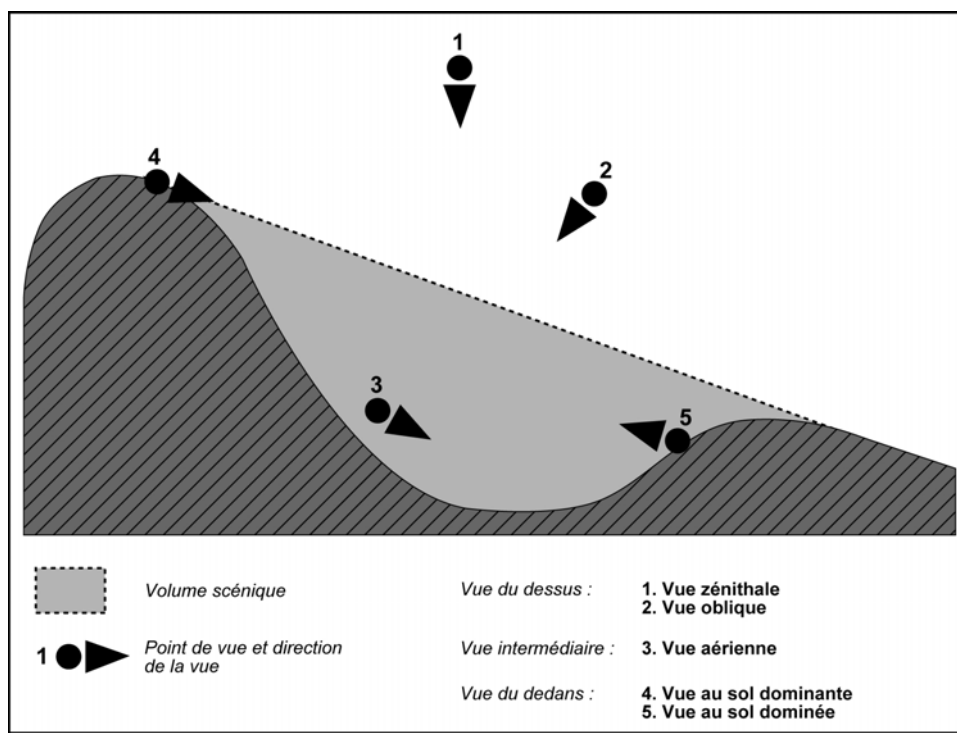
Figure 2-6. Modèle conceptuel de construction de vues paysagères numériques

Les points de vue

Avec les outils numériques, on peut adopter n'importe quel point de vue, au sol, même dans des endroits qui sont en réalité inaccessibles, ou en l'air à n'importe quelle altitude. On peut choisir un point de vue zénithal en plein centre, ou bien déporté sur la périphérie de l'espace étudié, se placer à hauteur d'homme sur un relief dominant toute la région ou au plus creux d'un talweg. On peut donc passer d'un clic de souris d'une vue du dessus du paysage à une vue en dedans (Wieber 1985). Pour Rougerie (1985) ce choix a une épaisseur épistémologique. Une vue du dessus du paysage suppose une approche objectivante et déductive, objective mais déshumanisante du paysage tandis que la vue du dedans qui incorpore la perception d'un observateur potentiel est plutôt inductive, subjective et même affective. Le choix de la localisation du point de vue est donc primordial. Se placer à l'intérieur du « volume scénique », c'est privilégier les vues obliques ou frontales, depuis le sol ou légèrement en hauteur, tandis

que se placer en dehors c'est chercher des vues de type cartographique ou satellitaire, extérieures et plus abstraites. Tout point de vue placé au sol nécessite, s'il n'est pas surplombant, une gestion des premiers plans. Si on s'élève suffisamment au-dessus du sol, le premier plan disparaît et on quitte progressivement la vue du dedans pour une vue du dessus (Figure 2-7). Les points de vue peuvent être isolés ou organisés sous forme de trajets de points de vue successifs ou de segments continus.

Figure 2-7. Points et prises de vue



Les prises de vue

Si la vue est toujours attachée à un point de vue, le choix de celui-ci est inséparable de celui des paramètres de la prise de vue. Il peut se faire en fonction d'une cible ou par le choix d'un azimut, d'une focale, d'un type de perspective (cavalière, axonométrique). Elle détermine ainsi si la vue sera à champ large ou étroit, en plongée ou contre-plongée, etc..

L'espace de référence

La description des limites de l'espace de référence a son importance. En effet la vue peut porter parfois très loin en dehors de l'espace étudié. Si on ne dispose pas de données sur les espaces visibles éloignés, on risque de tronquer les vues de leurs plans lointains. De plus, les effets de bord jouent à plein. Un point de vue en périphérie de la région risque d'avoir la majorité de sa vue en dehors de cette dernière. Il faut donc déterminer très en amont de la production des vues paysagères les objectifs de celle-ci et les limites maximales du bassin de vue pertinent. La surface de l'espace joue aussi un rôle. Plus l'espace est vaste, plus le volume de données nécessaire pour le décrire avec un niveau de détail donné augmente.

Les objets

Il n'est pas possible de lister tous les objets susceptibles d'être mobilisés dans une vue. Dans un espace rural, il faut prendre en charge les grandes structures du paysage : formes du relief, de l'habitat, de la végétation, des structures d'organisation (voirie, limites parcellaire, cours d'eau, ...), des objets caractéristiques spécifiques d'un paysage (arbres isolés, murets de terrasse, clôtures, édifices remarquables, ...). Les objets peuvent être naturels ou artificiels, isolés ou regroupés en structures linéaires ou surfaciques. Ils peuvent être statiques (une maison) ou mobiles (un véhicule, une foule, un troupeau,...). Ils peuvent être figés ou animés, comme des arbres au feuillage tremblant ou qui ondulent sous l'effet du vent.

Les composants

Les composants traduisent les objets de la réalité en objets numériques. Ces composants se distinguent par leur niveau de détail. Un composant adapté à la vue généralisée du paysage à l'échelle d'une commune ou d'un canton doit simplement rendre compte du modelé général, du couvert forestier, des espaces ouverts et semi-ouverts, des linéaires arborés hauts et denses et des objets de grande taille. Un composant adapté à l'échelle d'un paysage rural de proximité comme celui d'un vallon ou le terroir d'un hameau doit décrire très finement les micro-modelés tels que les talus ou les terrasses, les différentes strates de la végétation, les linéaires arborés de taille, de densité et de nature variables, l'emprise au sol des cours d'eau et des routes, le descriptif précis du bâti des hameaux et des bourgs et des fermes, les arbres isolés et les divers objets artificiels, même de petite taille, qui sont caractéristiques : murets, rocs... (Belvèze, Joliveau et al. 2003). Entre ces deux cas limite, plusieurs niveaux de visualisation intermédiaires existent. Le niveau d'individualisation du composant est aussi un facteur très important. Dans la réalité, chaque objet est unique. Un arbre ne ressemble pas exactement à un autre arbre de la même espèce, un bâtiment diffère toujours d'un autre bâtiment, même s'il est construit sur le même plan. Il est donc impossible de faire correspondre un composant à chaque objet réel. Il faut donc combiner des composants aux typologies uniformisées et des composants individualisés pour les objets remarquables ou significatifs. Les composants se distinguent aussi par leur format informatique : couche vecteur ou raster SIG, image bit-map, géoréférencée ou non, en fonction du générateur de vue utilisé. Les composants sont mobilisés dans une scène par l'intermédiaire de méthodes de rendu.

Les méthodes de rendu

Le rendu des différents composants peut se faire avec différentes techniques :

- codes couleurs et aplats monochromes ; ils peuvent servir à colorer des objets vectoriels, des images aériennes ou satellitaires, des cartes topographiques afin de simuler une occupation des sols non interprétée ;
- textures procédurales (motifs créés et gérés par un programme informatique) ;
- textures fractales qui se positionnent aléatoirement ou sont soumises à différents facteurs de déformation, d'étagement, de rugosité...
- objets graphiques (billboard), éléments détournés et extraits de photographies par des procédés infographiques ; ils sont positionnés selon un axe vertical, n'ont pas d'épaisseur et s'orientent face à l'observateur ;

- procédure d'extrusion par ajout d'une hauteur uniforme à une entité polygonale vecteur ;
- objets volumiques courants (artificiels, urbains ou architecturaux) décrits par des primitives géométriques (points, segments, facettes) et formant des solides sur lesquelles on appose des textures ;
- formes fractales récursives pour modéliser certains objets naturels ; plus l'objet sera proche de l'observateur, plus il sera complexe ; il existe aussi des techniques de génération d'objets naturels 3D à la fois bioréalistes et déterminées aléatoirement.

L'effet visuel de ces différentes méthodes peut être analysé au moyen de la version simplifiée bien connue de la sémiotique de Peirce en trois signes : *l'indice*, qui a un rapport physique, matériel avec la chose qu'il désigne, *l'icône* qui a un rapport de similitude qualitative ou quantitative avec la chose représentée et *le symbole*, qui n'a qu'un rapport arbitraire avec cette chose, fondé sur un code ou une habitude. Les codes couleur "naturels" des pixels d'une photographie aérienne dans le spectre du visible sont de type indiciel. Ils traduisent une continuité physique entre la couleur qu'a l'objet pour l'œil humain et les pigments qui le représentent dans la photographie. La traduction d'un objet sous forme d'un figuré quelconque (un triangle ou un rond pour un arbre) par exemple est de type iconique : le degré de ressemblance sera d'autant plus fort que l'icône choisie comportera un niveau de détail élevé. Une représentation symbolique fera correspondre un objet à un symbole arbitraire : un code couleur, ou un symbole, comme sur une carte. La reconnaissance des objets réels nécessite alors de décrypter le code qui associe un objet à un symbole, au moyen d'une légende. Il est des cas où un rendu peut correspondre à plusieurs signes. Les codes couleurs attribués aux compositions colorées intégrant un canal infra-rouge peuvent être considérés comme symboliques. Ils participent d'une tradition de rendu bien connue des photo-interpréteurs et télédéTECTEURS mais incompréhensible à qui ne dispose pas du code. On peut aussi les qualifier d'indiciels, car ils indiquent une propriété physique, l'activité végétative. Enfin, on peut considérer qu'il s'agit d'une icône de type quantitatif (un diagramme) qui traduit sous forme de dégradé de couleur l'intensité chlorophyllienne.

On peut alors distinguer cinq types de rendu en fonction de la sémiologie. Un rendu symbolique passe par l'association à des objets de codes couleur ou de symboles. Une carte topographique ou chorographique drapée sur un relief en constitue un bon exemple. La vue paysagère nécessite une légende pour être comprise. Un rendu analogique transcrit les objets en fonction de codes couleurs issus de la télédéTECTION. Replacés dans l'agencement des textures et des structures et l'étagement des plans de la vue en 3D, les codes couleurs indiciels de la photographie aérienne forment en effet une image intuitivement lisible. Dans un rendu schématique, la représentation des objets se fait au moyen de formes graphiques iconiques plus ou moins stylisées. Un rendu réaliste utilise des figurés dont le niveau de détail est plus élevé. On peut parler de rendu photoréaliste quand le degré de ressemblance est tellement fort que l'on ne peut distinguer le rendu de l'objet d'une photographie faite *in situ*. Un rendu artistique s'appuie sur des techniques infographiques émergentes de rendu non photo-réalistes qui s'inspirent de techniques (aquarelle, dessin à la plume...) ou de styles graphiques (impressionnisme) (Ostromoukhov 2002). Si elles ne sont pas disponibles dans les générateurs actuels, on peut attendre dans le futur des vues paysagères numériques dans le style de Dürer ou de Cézanne ! Une vue paysagère hybride combine ces deux modes de ressemblance.

Les scènes

C'est dans la scène que se fabrique la vue par la combinaison des différents composants et la sélection de nombreuses options : niveau d'exagération du relief et de différents paramètres topographiques, réglage de l'éclairage et des ombres, dosage des effets atmosphériques, nuages, brumes, transparence de l'air, palettes de couleur en fonction des saisons... Le niveau de détail des composants utilisés a une influence sur les choix de point de vue et de prise de vue. En effet, selon la distance à laquelle se place l'observateur et l'étendue de l'espace couvert, le niveau de détail des composants pourra ou non être acceptable. Il est envisageable dans le futur que l'on puisse adapter automatiquement le niveau de détail du composant en fonction de la distance au point de vue : haut niveau de détail en premier plan et simplification en arrière plan. Avec les techniques actuelles, le rendu est très dépendant du niveau de détail du composant. Si l'on a besoin d'un détail très élevé des objets proches, il faut utiliser un composant détaillé qui alourdit significativement les calculs alors qu'il est inutile pour les plans lointains.

Une scène peut être composée d'un unique composant associé à une méthode. Elle est alors dite simple. Mais la plupart du temps une scène est composite. Elle combine différents composants avec des méthodes de rendu différentes. Certains objets artificiels sont rendus au moyen de composants vecteurs avec des modèles 3D, certains objets naturels par des composants vecteurs avec des modèles fractaux ou des objets 2D tandis que les autres objets sont rendus au moyen de composants vectoriels avec texture et d'une photographie aérienne en codes couleur.

Les vues paysagères

La sélection d'une scène, d'un trajet et d'une prise de vue génère une vue paysagère numérique, en un temps plus ou moins rapide selon la complexité, le niveau de détail, la taille du paysage et les paramètres sélectionnés pour la scène. La vue paysagère est un objet numérique visualisable sur un écran qu'on peut différencier en fonction de deux grands critères. Le type de séquence caractérise la logique d'observation qui produit la vue. Elle est déterminée en partie par le trajet des points de vue. La vue paysagère la plus simple est une image numérique fixe depuis un point de vue spécifié. On peut produire aussi depuis ce point de vue un panorama numérique à 360° centré sur le point de vue. Si l'on observe le long d'un trajet, deux solutions sont possibles : la génération d'une suite de vues fixes ou la production d'un "film" correspondant à une visualisation continue en fonction du déplacement. Enfin, une vue paysagère peut prendre la forme d'une maquette numérique explorable en "temps réel". Ce type de vue permet la reconstruction instantanée et continue de la vue paysagère par un clic de souris en un point donné de la maquette. L'image numérique est dynamique et devient le support même de la sélection du point de vue et de la prise de vue, dans une scène dont les paramètres ont été fixés antérieurement. Ce type d'interaction qui permet une navigation fluide et continue dans le paysage englobe conceptuellement les autres types de séquence. Elle a vocation à les remplacer à terme : on peut depuis la maquette envisager de sauvegarder une vue fixe, un panorama, une série de vues ou un film. Dans les faits, ce mode d'interaction est extrêmement coûteux en ressources informatiques et ne fonctionne pour l'instant qu'avec des composants de taille limitée et des méthodes de rendu de type symbolique, analogique ou géométrique. Avec des rendus de type photoréaliste, le temps et les outils de création de la scène doivent être distincts du temps et des outils de visualisation. La navigation dans la maquette interactive se fait grâce à un visualiseur qui ne permet qu'un paramétrage simplifié des points de vue et des prises de vue.

La vue paysagère numérique peut être interrogeable ou non. Elle peut être uniquement graphique ou porteuse d'une information sur les caractéristiques des objets présents dans la vue, que l'utilisateur peut afficher ou interroger : nom, attributs et coordonnées géographiques. Il peut s'agir d'étiquettes visualisables de différentes manières avec la souris ou de véritables liens à une base de données interrogeable par l'intermédiaire d'un langage de requêtes attributaires ou spatiales.

On a souvent tendance à vouloir caractériser le niveau de réalisme d'une vue paysagère numérique. Dans le système simplifié de Peirce, une vue paysagère, si on la définit comme la transcription d'éléments visibles et qu'on la considère dans sa globalité, doit être considérée comme un indice et une icône et plus rarement comme un symbole. C'est un indice car, tout comme la carte (Fontanabona 2001), une vue paysagère numérique est toujours présumée correspondre à une prise d'information sur le réel ; une vue paysagère numérique selon cette définition ne peut pas être imaginaire. Elle peut correspondre à une réalité virtuelle (voir le Parcours 4 sur cette question) mais elle ne peut pas être inventée. Une vue paysagère est aussi une icône car elle a un degré de similitude avec la réalité. Ce degré de similitude dépend du niveau de détail des composants utilisés, du type de rendu utilisé pour les intégrer dans la scène, des paramètres d'éclairage (ombres, reflets) de celle-ci. Mais ce niveau de réalisme lié à la similitude de la vue avec le réel observable est aussi influencé par le type de séquence de la vue. Une vue moyennement réaliste mais dans laquelle on peut se déplacer en différé ou en continu, monter et descendre, tourner autour des objets, peut produire un effet de réalisme fort, quoique différent de celui d'une image photoréaliste léchée mais statique. C'est pourquoi il nous semble plus adéquat de décrire les paramètres des différents composants de vue que de la caractériser par un niveau déterminé de réalisme.

Des données à la vue paysagère

Le mode d'interaction, le mode de ressemblance et le type de figuré de la vue paysagère doivent être choisis très en amont de la constitution du système d'information paysager. En effet, il faut pouvoir disposer des composants nécessaires au type de visualisation souhaitée et donc vérifier que les données sont disponibles ou peuvent être collectées dans un temps raisonnable par rapport à celui du projet. Compte tenu des contraintes informatiques, le niveau de détail des composants est bien entendu inversement proportionnel à la taille du paysage. Les contraintes seront moins fortes si on envisage une vue paysagère sous forme d'image fixe que sous forme de maquette interactive. Si les points de vue doivent être choisis au sol, il faudra disposer de composants suffisamment précis pour obtenir des premiers plans satisfaisants. C'est moins nécessaire si l'on se contente de vues plus générales depuis des points de vue situés à quelques dizaines de mètres du sol. Mais on s'éloigne alors de la vue d'un observateur réel.

La transformation des données en composants d'une scène paysagère nécessite une préparation à partir des informations collectées lors d'une campagne de terrain sur l'apparence visuelle des objets, les couleurs, formes et hauteurs caractéristiques des bâtiments, les essences, densités et hauteurs des principales composantes végétales. Cette campagne permet aussi de valider les données disponibles et de procéder à un reclassement ou un regroupement éventuel des classes d'occupation du sol ou des types d'objets. Ce travail de structuration des composants d'une scène paysagère, bien que général et conceptuel, reste très dépendant des choix techniques de l'outil informatique qui sert à générer la vue paysagère. Nous sommes encore loin d'une

standardisation des modèles de données et des procédures en ce domaine. Nous avons proposé ailleurs une classification des générateurs de vue existants (Joliveau, Belvèze et al. 2002).

Une vue paysagère numérique se construit en 5 étapes :

1. Un inventaire des objets disponibles dans les librairies du générateur de vue pour choisir les caractères visuels existants ou créer les objets graphiques et les textures manquantes.
2. L'établissement d'une grille de correspondance entre les codes d'occupation des sols et les objets disponibles dans les librairies du générateur et la mise en place des éléments figuratifs.
3. L'import des données paysagères et l'attribution et tests des caractères visuels déterminés au préalable.
4. La production de la vue.
5. L'évaluation de la qualité figurative du résultat et la validation de la vue.

Cette procédure est itérative. Une évaluation négative du résultat visuel conduit à modifier les paramètres des objets figuratifs ou à remettre en question les choix des caractéristiques visuelles et leur détermination, voire oblige à en créer de nouvelles, plus satisfaisantes. L'itération de certaines phases de production est liée aux compétences infographiques, à la connaissance des structures paysagères de l'opérateur ainsi qu'aux possibilités et à la facilité d'usage du générateur de vues paysagères. Les phases de choix et d'attribution des caractères visuels, l'étape de mise en place des données paysagères, mais surtout la validation de l'image alourdissent les temps de réalisation d'une représentation satisfaisante du paysage.

Quelques grands types de vues paysagères numériques

La série d'illustrations des Planches 22 à 28 présente différents types de visualisation réalisés au CRENAM de Saint-Etienne, la plupart sur les régions d'Eymoutiers et Viscomtat. Seule la Planche 28 correspond à une vue de type urbain. Il ne s'agit pas de productions exemplaires. Certaines illustrations que l'on peut consulter sur les sites des fournisseurs de logiciels sont plus spectaculaires. Mais ce sont des images représentatives de ce que l'on peut obtenir sans retouche à partir de données géographiques numériques classiques. Ce sont donc des rendus utilisables en gestion paysagère courante. Un tableau complète les vues en indiquant les propriétés des entités mobilisées pour produire la vue.

2.8. Conception et pilotage d'un projet de système d'information paysager

Les tâches de conception et le pilotage d'un SIG, tels que nous les avons définis dans le Parcours 1 recouvrent deux aspects. La conception est la phase la plus en amont et correspond d'une part à l'identification du ou des problèmes spatiaux à résoudre et d'autre part à la recherche des solutions. Le pilotage renvoie à la stratégie de mobilisation des ressources technologiques, informationnelles et humaines nécessaires et à programmer les différentes étapes du projet.

La conception : penser le problème paysager

Les types de projet

K. Hanna (1999) passe en revue différents projets paysagers dans lesquels des SIG ont été mis en œuvre aux Etats-Unis et les regroupe en grandes catégories : la conception paysagère, l'élaboration de schémas directeurs de parcs ou d'espaces de loisirs, l'analyse visuelle, la planification générale et la gestion des ressources naturelles. La variété des échelles, des objectifs et des méthodes de ces différents projets apparaît cependant comme considérable. Il nous semble qu'on peut distinguer en fait quatre grands contextes de démarche paysagère (Joliveau 2003) : le projet paysager, le paysage de projet, le paysage d'aménagement et le paysage de territoire. Le projet paysager a pour objectif la création directe de formes nouvelles ; nous sommes moins dans la gestion que dans la conception, le design d'objets paysagers, démarche parente de celle de l'architecture pour les bâtiments, même si le projet est souvent une réponse à un diagnostic préalable. On peut parler de paysage de projet quand il est question d'évaluer l'impact visuel d'un équipement : autoroute, éolienne, bâtiment, etc.. Le paysage d'aménagement répond à un objectif d'action paysagère par le truchement d'une procédure d'aménagement : la dimension paysagère dans les PLU, les ZPPAUP, les chartes paysagères. Le paysage est alors la finalité, tandis que le moyen est la procédure d'aménagement. On préférera parler de paysage de territoire, quand le paysage n'est plus une fin de l'action mais un moyen d'analyse. L'objectif est de réfléchir et d'agir sur un territoire à partir d'une entrée paysagère. Les atlas paysagers départementaux peuvent être rangés dans cette démarche. Même si chacun de ces contextes est caractérisé par un niveau de perception qui va du plus local au plus global, il existe une continuité entre eux, et les professionnels du paysage travaillent souvent sur les différents types de projet. La méthodologie de système d'information paysager que nous venons d'exposer concerne en priorité le paysage de territoire et s'applique dans les procédures de projets de territoire ou de pays et de chartes paysagères.

Les types de tâche

D'après Gorgeu et Jenkins (1995), un projet de charte paysagère se compose très classiquement d'une phase de diagnostic, permettant de dégager des principes d'intervention qui conduisent à l'élaboration d'un programme d'action, qu'il faut ensuite suivre et contrôler dans le temps. Le SIG peut jouer un rôle à toutes ces étapes. Mais si le système d'information ne se construit pas au moment du diagnostic, il y a peu de chance que cela se produise ensuite. C'est au moment où se pose le problème paysager pour lequel il faudra trouver des solutions que la conception du système doit avoir lieu. Selon les mêmes auteurs, on peut distinguer cinq grands types de tâches à réaliser dans un diagnostic paysager :

1. Identifier les caractères fondamentaux du paysage : les ambiances, les objets paysagers. Cette approche est à la fois objective (les objets) et sensible (les ambiances, les valeurs).
2. Proposer un découpage en unités paysagères fondé sur des ressemblances morphologiques ou sensibles (ambiances).
3. Analyser le fonctionnement des unités paysagères : comprendre l'ordonnancement des éléments naturels et culturels, les formes, l'occupation du sol, reconstruire les modes de gestion passés qui ont produit ces formes et les modes de gestion actuels qui vont les maintenir ou les transformer.

4. Mettre en évidence les facteurs d'évolution du paysage (changements de pratiques agricoles, projets d'aménagement, développement de l'urbanisation, évolution économique) et repérer les tendances d'évolution (prospective).

5. Cerner les points forts, les pressions sur le paysage et les problèmes paysagers.

Il serait fastidieux et inutile de revenir en détail sur l'intérêt des différentes fonctionnalités que nous venons de lister pour répondre à ces différentes tâches. On perçoit clairement que les outils géomatiques peuvent trouver leur place dans chacune d'entre elles. Nous ne prendrons comme illustration que la tâche n°2, le découpage en unités paysagères, que nous avons pratiquée avec Yves Michelin à Viscomtat comme à Eymoutiers. Il s'agit d'une opération de régionalisation par segmentation du territoire en ensembles paysagers cohérents, décrits ensuite un à un pour faire l'objet d'analyses et de recommandations spécifiques. Ce découpage s'appuie sur de multiples facteurs : géologiques, morphologiques, utilisation du sol... mais aussi solidarités visuelles et logiques socio-économiques. Il s'effectue traditionnellement par de nombreux aller-et-retours entre lecture de cartes et observation de terrain. Le caractère très peu formalisé des critères et des méthodes de combinaison fait que c'est une opération longue, dont le résultat est très lié au savoir-faire et à l'expérience du paysagiste.

Les outils SIG fournissent d'abord une aide à cette démarche d'expert en structurant les données, facilitant la gestion et la comparaison des cartes papier et en calculant des données dérivées (pentes, orientations, bassins versants...) qui aident à l'interprétation. A Eymoutiers, nous ne disposions pas de l'ensemble des techniques présentées plus haut. Pourtant, même avec des fonctionnalités réduites, le SIG a été activement utilisé pour informer, piloter et contrôler le découpage paysager. Il a grandement accéléré l'analyse sur documents et permis de planifier et d'organiser les visites terrain. Les capacités de visualisation simples des SIG, aussi bien en 2D qu'en 3D ont fait gagner un temps précieux sur le terrain en permettant au chargé d'études de se rendre directement aux endroits les plus significatifs du paysage. La simple visualisation des informations sur une représentation en 2D d'un MNT "illuminé" a accéléré la structuration du relief et facilité grandement le tracé des limites paysagères. Un calcul des pentes a permis de visualiser de manière systématique les zones de replats de certaines alvéoles, entités caractéristiques de ce type de relief. Les courbes de niveau extraites du MNA ont servi par superposition au contrôle des limites. Les coupes topographiques, réalisées automatiquement sur des transects choisis ont permis de caractériser et différencier les unités. Enfin les unités ont pu être calées aisément sur les limites de la carte géologique. Les SIG constituent donc une assistance à l'analyste confronté à une logique de délimitation d'unités paysagère.

Bien entendu un spécialiste, géomorphologue ou paysagiste, dispose de capacité de lecture et de compréhension des cartes qui relativisent pour lui l'intérêt des capacités des maquettes 3D interactives. Mais d'une part, on ne voit pas pourquoi il se priverait de ces outils ; ils peuvent lui permettre de gagner du temps sur le terrain et de contrôler ces analyses en laboratoire. Et d'autre part, c'est un outil d'explication et de présentation très puissant à l'attention des non-spécialistes, qui leur permet de comprendre et de valider une logique de segmentation qui reste souvent le résultat indiscutable et indiscuté d'une l'alchimie d'expert. Par ailleurs, les fonctions d'analyse spatiale des SIG peuvent même contribuer à proposer des segmentations automatiques exploratoires, qui n'ont pas vocation à remplacer les travaux de terrain, mais qui peuvent servir à guider l'expert ou à préciser des limites. A Viscomtat, nous avons comparé *a posteriori* le découpage paysager qu'Yves Michelin et ses étudiants avaient effectué par étude des cartes et exploration du terrain avec une analyse combinant une recherche de motifs spatiaux à partir

d'une combinaison des pentes et de l'altitude et un découpage automatique des bassins versants. Les résultats sont suffisamment proches, non bien sûr pour dire que le travail de terrain était inutile, mais pour penser, que dans ce type de relief au moins, l'utilisation d'analyses systématiques aurait permis de gagner du temps. Si certaines limites extraites automatiquement étaient plus précises que celles repérées et tracées visuellement, en revanche certaines unités délimitées n'avaient pas de pertinence aux yeux de l'expert.

Intégrer les travaux géomatiques dans le phasage du projet

Le principal facteur de réussite reste toutefois l'intégration et le phasage des tâches utilisant des traitements géomatiques avec les autres tâches du projet. A Eymoutiers, comme c'est courant, nos partenaires de l'étude étaient porteurs d'un objectif contradictoire : connaître le plus précisément possible le plus de facteurs possibles sur la zone la plus étendue possible. Il a ainsi été difficile de fixer et conserver durant le projet une échelle d'analyse précise. On a longtemps mené de front deux systèmes d'information différents : le premier à l'échelle de trois communes pour la gestion parcellaire (validité entre le 1:2 500 et le 1:5 000) et le second pour la planification stratégique au niveau des trois cantons (validité entre le 1:25 000 et le 1:50 000). Cette difficulté à opter pour une échelle et une problématique s'explique en partie par la dimension participative et collaborative du projet et sa dimension de recherche. Ses objectifs s'élaboraient dans un cadre partenarial très mouvant, adaptatif et largement improvisé, ce qui n'a pas toujours permis une gestion de l'information planifiée et structurée. Dans une logique d'étude "classique", il aurait été plus aisé de mettre en place une stratégie homogène et cohérente de gestion de l'information des partenaires tout au long du projet et de planifier les différentes tâches d'intégration, de structuration, d'analyse et de communication des données. D'une manière plus générale, un SIG apparaît cependant comme un outil un peu lourd à manœuvrer dans un projet paysager qui nécessite, pour être pertinent, une forte interaction avec différents acteurs. La place du SIG dans le projet paysager est aussi parfois un peu incertaine : elle oscille entre le système central de gestion de l'information du projet et un outil annexe qui permet quelques analyses ou cartes simples et le dessin de la carte finale.

A partir des nombreux projets paysagers qu'il a réalisés, C. Steinitz a formalisé un modèle général de raisonnement d'un projet paysager (Steinitz 1990; Steinitz 1993b). Celui-ci s'appuie sur la recherche de réponses valides à 6 questions successives, chacune correspondant à un modèle différent : 1. Comment peut-on décrire le paysage ? (Modèle de représentation) 2. Comment fonctionne actuellement le paysage ? (Modèle de fonctionnement) 3. Le fonctionnement actuel est-il satisfaisant ? (Modèle d'évaluation) 4. Quels changements peut-on attendre ? (Modèle de changement). 5. Quelles différences résulteront des évolutions constatées ? (Modèle d'impact) ? 6. Le paysage doit-il être transformé ? (Modèle de décision).

Les SIG peuvent être utilisés, de manière différente, pour évaluer chacun de ces modèles. Pour Steinitz, le raisonnement doit être tenu au moins trois fois de suite : une première fois dans l'ordre croissant des questions, afin de définir le contexte et le champ du projet, une seconde fois dans l'ordre décroissant pour choisir la méthodologie à adopter et enfin une troisième fois, à nouveau dans l'ordre croissant, pour répondre à la question : le paysage doit-il être transformé ? Le processus doit être répété tant qu'une réponse claire n'a pu être donnée. Dans ce modèle, la mise en œuvre du SIG n'intervient qu'au troisième passage, après que le contexte et la méthodologie ont été choisis. L'organisation itérative de la réflexion permet un retour au modèle précédent si une réponse ne peut être apportée à une question. Malgré sa complexité

apparente, ce type de méthodologie mériterait d'être testé et résout nombre de problèmes de gestion de projet auxquels nous avons été confrontés. Il permettrait un déroulement plus formalisé du projet et une meilleure définition de la place du SIG aux différentes étapes de celui-ci.

Le pilotage : maîtriser les ressources du projet

Les données

Les coûts liés à la collecte ou à l'acquisition puis à la structuration des données paysagères ne sont pas négligeables, surtout si le projet est ambitieux et couvre une région vaste. D'une manière générale, hormis pour des objectifs de recherche, il apparaît peu réaliste de créer un SIG spécifiquement pour un projet paysager. A Viscomtat, le SIG du Parc Naturel Régional du Livradois-Forez était alors émergent et la Communauté de Chabreloche ne disposait d'aucune donnée géographique. Le système d'information de notre projet a donc été conçu *ex nihilo* par collecte spécifique de la majeure partie des données. Le principal problème auquel nous avons dû faire face a été le décalage dans la constitution du SIG par rapport aux besoins du projet de gestion paysagère lui-même. Certes les données de base sont maintenant disponibles partout, mais comme on l'a vu plus haut les thématiques paysagères nécessitent la collecte de données spécifiques. Il est toujours plus facile et moins coûteux d'adosser un système d'information paysager à un système d'information territorial. La diffusion rapide des outils géomatiques dans les organismes de gestion territoriale est un facteur favorable à l'utilisation de la géomatique en gestion paysagère.

Les outils : algèbre de cartes et visualisation numérique

La complexité et la lourdeur indéniables engendrées par l'utilisation de méthodes géomatiques en gestion paysagère ne s'expliquent pas seulement par les outils. Elles sont le prix de la formalisation et de la systématisation du raisonnement. Chaque traitement géomatique peut faire l'objet d'un protocole spécifique, déterminé et affiché. Contrairement au diagnostic et au rendu par expert, le raisonnement spatial utilisé doit être formalisé et explicité dans ses moindres détails. Certes les outils sont de plus en plus simples à manipuler. Mais, pour convaincre les agences d'architectes-paysagistes d'adopter les SIG, il est surprenant d'avancer que l'apprentissage des bases du logiciel Arcview s'acquiert en deux jours (Hanna 1999 p. 2)¹. Même si c'est vrai, la méthodologie SIG d'un projet paysager ne se résume pas à l'apprentissage d'un logiciel. Par ailleurs les fonctions de base d'Arcview sont loin de répondre aux besoins de la gestion paysagère. Il faut donc revenir rapidement sur les outils disponibles pour analyser et visualiser le paysage.

Les fonctions utilisables potentiellement en analyse paysagère couvrent une bonne partie de la panoplie des fonctions des SIG. Elles dépassent même ce que proposent en standard les logiciels du commerce. Il faut donc la plupart du temps procéder à des développements informatiques spécifiques. Comme on l'a vu dans le premier parcours, le géomaticien du paysage a trois stratégies à sa disposition.

¹ Un des objectifs de ce livre est de promouvoir l'utilisation des logiciels d'ESRI dans le Landscape Planning. Notons à ce propos que J. Dangermond, fondateur d'ESRI société qui a développé ARC/INFO est "Landscape Architect" de formation.

Il peut développer *ex nihilo* ses propres outils, en fonction de ses besoins. C'est la voie choisie par l'équipe de Besançon pour les besoins de sa recherche. Les outils produits sont mieux adaptés et plus efficaces car ils sont développés à l'extérieur des contraintes structurelles de données et de traitement des logiciels SIG existants. Mais l'utilisation de ce type de programme par un gestionnaire n'est pas aisée. En effet, de deux choses l'une. Soit l'outil reste un outil de recherche. Les fonctions analytiques fondamentales sont développées en priorité mais pas les fonctions secondaires d'interface utilisateur, de gestion et de préparation des fichiers. Son utilisation est impossible en dehors de l'équipe qui le développe et qui le connaît de l'intérieur. Soit l'équipe décide d'en faire un véritable logiciel autonome et le temps de développement est très largement allongé (doublé, voire triplé) car la transformation d'un outil interne en véritable logiciel autonome nécessite le développement d'interfaces et d'utilitaires, la prise en compte des compatibilités avec différents systèmes, des procédures renforcées de test et contrôle d'erreur, la rédaction des manuels d'aide... Très rapidement, la mise à jour du système se pose. En fait l'équipe risque de s'épuiser à fournir et maintenir un logiciel utilisable. C'est le problème auquel est confrontée l'équipe de développement du très intéressant logiciel Epi, déjà cité, dont la deuxième version est annoncée depuis plusieurs années (Munoz, Robbez-Masson et al. 2000).

Une solution intermédiaire consiste à développer des fonctions complémentaires d'un logiciel déjà existant, en s'appuyant sur les formats de données de ce logiciel, ce qui permet de ne pas avoir à redévelopper certaines fonctions. C'est le cas d'Epi, qui écrit et lit des fichiers au format d'Idrisi mais nécessite en retour l'usage de ce logiciel pour gérer et visualiser les données. On peut aussi développer directement de nouvelles fonctions à l'intérieur du logiciel en question. Comme les logiciels SIG de type *Open Source* restent encore faiblement diffusés, cela a pour conséquence de s'inscrire dans un système propriétaire.

Si le professionnel du paysage ne dispose ni d'un accès aux outils d'une équipe de recherche ni des compétences informatiques lui permettant de développer ses propres outils (en fait, il ne dispose quasiment jamais des délais et des ressources nécessaires pour le faire), il ne lui reste qu'à utiliser les logiciels SIG généralistes. C'est dans ce contexte technique qu'ont été menées les applications rapportées plus haut. Nous n'avons utilisé pour l'analyse que les fonctions d'ArcGIS, Spatial Analyst, 3D Scene et Idrisi. L'automatisation des fonctions ne s'est faite qu'à travers l'utilisation du système de macro-commandes en mode raster d'Idrisi qui ne demande pas de compétences spécifiques de programmation. Les limitations liées à ce choix sont très fortes. Ce type de langage, qui se branche au-dessus des structures de données et de traitements du logiciel, est beaucoup plus limité et contraint. Comme c'est le seul outil qui s'offre au thématicien même non paysagiste, il nous paraît utile de réfléchir sur l'intérêt et les limites des outils mais aussi sur le type de conceptualisation des problèmes qu'il suppose.

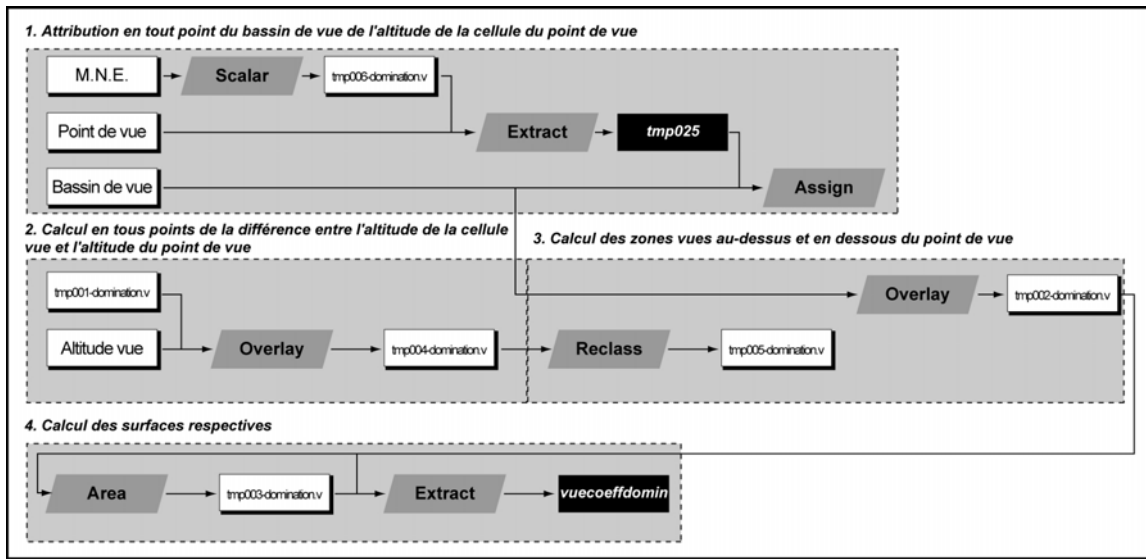


Figure 2-8. Modèle graphique de calcul de l'indice de domination de la vue dans le macro-modèleur d'Idrisi

Le concept de modélisation d'une solution à un problème spatial par combinaison de fonctions d'analyse de données structurées sous forme de grilles de cellule est ancien. Le principe de l'algèbre de cartes (Cicéri, Bertrand et al. 1977) accompagne l'apparition des systèmes raster comme GRID dès la fin des années soixante. Tomlin (1990) propose une formalisation des combinaisons des grilles sous forme d'un langage à vocation générique (voir Parcours 5). Les différents logiciels qui se sont développés ont soit repris en partie la syntaxe proposée par Tomlin, soit développé leur propre syntaxe comme Idrisi. La structure simple et homogène des données des logiciels raster facilite l'automatisation des traitements. Une grille en entrée produit une grille en sortie.

L'utilisation de macro-commandes pour chaîner plusieurs fonctions de base s'est rapidement imposée pour réaliser des traitements plus ou moins complexes. Si au départ, il ne s'agissait la plupart du temps que de macro-commandes simples, les structures de traitement se sont complexifiées au moyen de liens dynamiques et de rétroactions, de structures modulaires permettant l'appel de macros dans d'autres macros, et l'apparition d'interfaces graphiques qui en facilitent l'usage par des non spécialistes de l'informatique. Ils permettent donc la sauvegarde et la communication de véritables modèles de traitement, communicables à un public plus large. L'outil le plus complet est certainement le Macromodeler d'Idrisi. Mais Model Builder d'ESRI est du même type. La Figure 2-8 reproduit le modèle graphique de traitement qui nous a servi dans Idrisi à automatiser le calcul de l'indice de domination (part de la surface vue qui se situe plus haut que le point de vue par rapport à celle qui se situe plus bas). La Figure 2-9 présente le programme de macro-commande qui appelle les sous-modèles de calcul des indices de visibilité selon l'approche locale.

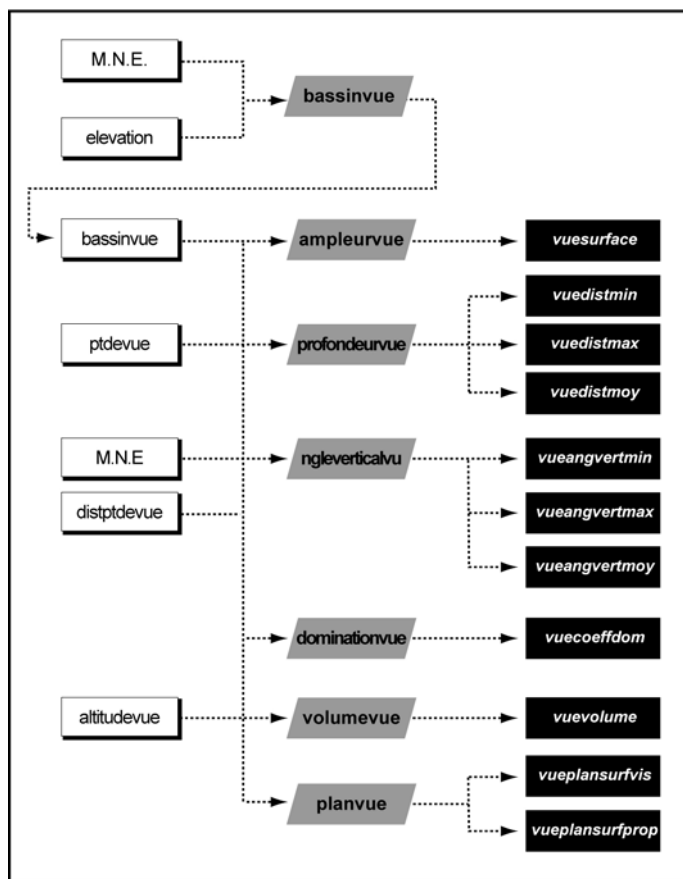


Figure 2-9. Macro-modèle de calcul des indices du bassin de vue dans le macro-modeleur d'Idrisi

Ce type de “programmation” par chaînage de fonctions, rétroactif ou non, est moins abstrait que la programmation “classique”. Il est directement en prise sur le raisonnement spatial qu’il automatise. Il est utilisable par n’importe quel utilisateur de SIG disposant de compétences de base en analyse spatiale. Même si sa formalisation est propre à chaque logiciel particulier, comme la nature des opérations raster est aisément décomposable en fonctions élémentaires, il est possible de transcrire relativement aisément un modèle d’un logiciel à un autre. Par ailleurs l’apparition dans les logiciels raster d’opérateurs de type automates cellulaires ou de matrices de transition probabilistes de type chaîne de Markov augmente largement les potentialités de simulation spatio-temporelle des modèles de traitement. Toutefois les inconvénients de ce mode de programmation restent importants. Il est plus limité et plus lent qu’un langage de programmation traditionnel. On ne dispose pas des outils classiques de débogage, de contrôle et de documentation qui en faciliteraient l’emploi. Les traitements complexes peuvent devenir rapidement inextricables et nécessitent le recours à l’emploi de langages de programmation classique.

Les macro-modeleurs en mode raster sont bien adaptés au développement de modèles de traitement spatiaux permettant de répondre à des questions générales comme des analyses d’accessibilité, des calculs de potentiels et des simulations spatio-temporelles simples. On peut les utiliser aussi comme nous l’avons fait pour des analyses plus spécifiques comme le calcul d’indice de visibilité dans une approche locale. Mais ils sont inadaptés à la création de fonctions très complexes. Il vaut mieux là encore articuler les différentes stratégies disponibles : macro-modeleurs, développement de fonctions à l’aide de composants logiciels, développement de programmes autonomes. Même si ces outils de macro-commandes sont accessibles à des non

informaticiens, ils nécessitent une bonne formation géomatique pour être utilisés avec efficacité et discernement. Il est donc nécessaire que ces compétences d'ordre spécifiquement géomatique soient disponibles dans l'équipe en charge du projet paysager.

La situation des générateurs de vues paysagères numériques est très différente. L'informatique paysagère n'est pas unifiée. Elle combine des emprunts à différentes disciplines : infographie, synthèse d'image, CAO/DAO (Conception et Dessin Assistés par Ordinateur), géomatique. Elle est pilotée par des domaines d'application très différents : applications civiles et militaires (navigation embarquée, simulation de vol aérien et théâtre d'opération, jeu vidéo et cinéma, multimédia). On peut faire l'hypothèse que les outils développés en fonction de ces besoins variés vont être de mieux en mieux intégrés. Pour l'instant ils restent d'une grande diversité. Leur nombre et leur variété sont telles que toute classification est hasardeuse (Munoz, Robbez-Masson et al. 2000) (Joliveau, Belvèze et al. 2002). Deux grands types d'approche cohabitent et convergent. Les logiciels SIG qui offrent une large palette de fonctions d'analyse des données se sont longtemps limités à des rendus de type symbolique, analogique ou schématique. Ils sont en train d'élargir leur gamme à des rendus plus réalistes. Par ailleurs, les générateurs de paysages complexes qui proposaient depuis longtemps des rendus réalistes proposent de plus en plus des interfaces de lecture des données SIG. Même si l'utilisation conjointe des deux types de systèmes demande encore des manipulations complexes et fastidieuses, une intégration progressive est observable. Mais le point fondamental n'est pas technique. Si les outils deviennent à la fois plus puissants et plus faciles à utiliser, la construction d'une vue paysagère numérique ne se résume pas à la simple pratique d'un programme informatique de synthèse de paysage ou à l'ajout d'une dose de réalisme dans la visualisation 3D d'un logiciel SIG. Elle demande une bonne connaissance des objets naturels et artificiels à modéliser, un sens et une pratique de l'observation des paysages, une sensibilité aux formes, aux couleurs, aux ambiances ainsi qu'une bonne maîtrise de la sémiologie graphique.

Les ressources humaines

La construction d'un système d'information paysager est un travail patient, cohérent et rigoureux qui demande à la fois des qualités de rigueur dans la mise en œuvre de raisonnements spatiaux formalisés pour l'analyse des structures spatiales du paysage visible et des qualités plus intuitives et créatrices pour la visualisation de ce paysage visible. Cela nécessite donc soit la collaboration d'un géomaticien spécialisé dans le paysage et d'un paysagiste ouvert à la manipulation d'outils informatiques, soit d'un géomaticien du paysage disposant d'une formation intégrant les deux profils. Ces spécialistes restent rares. Par ailleurs, et c'est un constat très classique en géomatique, on a tendance à sous-estimer les ressources humaines et le temps – et donc le coût humain – nécessaires à la mise en place d'une méthodologie SIG pour la gestion paysagère. Bien que mené dans un contexte de recherche, notre projet d'Eymoutiers en est une bonne illustration. La Chambre d'agriculture de la Haute-Vienne, principal partenaire du projet, disposait d'un SIG animé par une ingénieure SIG à plein temps. Le SIG fut beaucoup utilisé dans la première phase du projet quand un stagiaire DESS travaillait en permanence sur le projet paysager. Dans la deuxième phase, les traitements se sont faits en fonction des disponibilités du personnel permanent de l'équipe de recherche. Le temps que l'on a pu allouer à l'activité SIG sur le projet était sans doute trop faible. Alors qu'il aurait fallu avoir une activité régulière pour soutenir de manière continue la réflexion paysagère, les traitements SIG, surtout les plus complexes, ont été réalisés souvent dans l'urgence et concentrés sur des périodes trop

réduites pour irriguer correctement les travaux de l'équipe. Il est indispensable que le projet, surtout quand il a des objectifs analytiques ambitieux, puisse disposer de ressources humaines permanentes et spécialisées pour la gestion de l'information géographique.

Les freins à l'utilisation des SIG en gestion paysagère

Le coût des projets

Une critique courante porte sur le décalage entre le budget habituel d'une étude paysagère et le coût des outils et des données nécessaires à une approche numérique. Les professionnels pensent souvent qu'il n'y a guère que dans les études paysagères de projets très coûteux que des études paysagères mettant en œuvre des SIG puissent être couramment pratiquées. Thébaud (2001) évaluait en 2001 le coût d'une simulation numérique paysagère à une somme variant entre 20 000 et 100 000 €. Cela correspondait selon lui à entre 1% et 1/‰ du coût global des investissements de tout projet d'équipement ou d'aménagement, coût que lui paraissait largement équilibrer les nombreux avantages de cette technique en rapidité, pouvoir de conviction, meilleure gestion de la participation... Mais nous sommes là dans des projets qui impliquent la réalisation d'un bâtiment, d'une route ou d'un ouvrage d'art dans lesquels les coûts de la simulation paysagère viennent s'ajouter au coût de l'équipement lui-même. Il en va différemment quand on ne se situe pas dans un projet de ce type. Les budgets d'étude et d'analyse paysagère sont d'un volume beaucoup plus limité. On peut bien sûr arguer qu'un projet paysager ne s'élabore pas pour six mois mais pour une durée plus longue et que si la constitution de données paysagères numériques est plus coûteuse, leur utilisation ultérieure est largement plus diversifiée. Il suffit pour s'en convaincre d'observer les problèmes de valorisation que posent la plupart des atlas paysagers réalisés dans tous les départements de France sur support papier. Toutefois l'élaboration d'un système d'information paysager nécessite de mobiliser des ressources spécifiques qui ont un coût. Celui-ci va progressivement baisser, car les données et les outils nécessaires se banalisent.

Une réticence culturelle

On pourrait penser que sur le plan des principes, l'apport des SIG en gestion paysagère ne mérite pas de discussion : ils permettent une gestion continue et intégrée de l'information, là où régnaient l'hétérogénéité des supports et le hiatus entre les traitements (analyse visuelle, dénombrement, calculs statistiques...). Ils offrent des types de traitement utiles et impossibles à réaliser autrement ou bien ils peuvent simplement compléter avantageusement des démarches plus qualitatives. Pourtant ils restent sous-utilisés. Les réactions entendues lors de stages de formations à la géomatique paysagère où nous intervenons montrent que beaucoup de professionnels sont réticents à utiliser des outils géomatiques pour traiter du paysage.

Une première explication semble être une méfiance de principe par rapport à l'informatique paysagère. Le paysagiste Pascal Cribier écrivait dans *Le Monde* du 12/02/2003 que les techniques numériques donnent « une image idéale, mais fausse du paysage ». Pour lui « nos sens sont plus puissants que le plus puissant des ordinateurs » et l'approche physique et sensorielle de l'environnement doit être défendue contre la tyrannie de l'image. Cette réticence des praticiens du paysage fait écho à celle des théoriciens qui ont longtemps considéré que les traitements informatiques et quantitatifs étaient inadéquats à la nature même de l'analyse paysagère. Les outils informatiques sont souvent accusés de laisser échapper la part la plus

importante du paysage, sa dimension qualitative, esthétique, sensible et même sensuelle, l'expression nuancée d'un rapport culturel liant les gens et les choses. C'est une position défendue depuis longtemps par des auteurs ayant des conceptions différentes du paysage comme Ch. Avocat, A. Bailly, B. Fischesser (voir Rougerie et Beroutchvili (1991)). B. Fischesser a développé pendant 20 ans une très intéressante approche intégrée de gestion paysagère, fondée sur une analyse objective et une transcription graphique de la perception visuelle : lignes de forces, axes de vision, contours et limites visuelles (Fischesser 1994) (Rougerie et Beroutchvili 1991 p. 206). Il s'est ainsi toujours déclaré hostile aux approches quantitatives et multicritères du paysage. Or on ne voit pas pourquoi l'approche de B. Fischesser, telle qu'il l'a appliquée à la Chaise-Dieu par exemple, en combinant lecture du paysage, analyse des relations visuelles entre hameaux et typologies de clairières, perdrait quoi que ce soit à mettre en œuvre les outils géomatiques actuels (Fischesser 1991). Ceux-ci sont des auxiliaires précieux et seront toujours plus objectifs et plus efficaces qu'un observateur humain quand il s'agit de procéder à des analyses longues et systématiques de phénomènes objectivables. G. Bertrand remarquait à ce propos il y a déjà plus de 30 ans que les approches numériques ont le triple intérêt d'expliciter la logique du raisonnement et de la démarche, de renforcer la cohérence et l'homogénéité de l'information traitée et de formaliser le choix des descripteurs (Bertrand 1973).

Il nous semble que les critiques des approches informatiques du paysage mélangent trois niveaux d'appréhension du paysage : le niveau de la description, le niveau de l'interprétation et le niveau du projet. Au moment où le paysage n'est plus seulement une œuvre d'art ou une démarche esthétique, mais devient un facteur de choix d'aménagement et surtout un enjeu de réflexion collective sur le devenir du territoire, pourquoi vouloir faire confluer toutes les ressources d'expertise en un seul point ? Ne peut-on disposer à la fois de traitements informatiques systématiques, de l'expérience et du regard de l'expert et du talent et de l'imagination du créateur ? Pourquoi refuser des outils qui ont l'avantage de la rapidité, de l'automatisme et d'une (relative) objectivité et qui permettent de simuler des scénarios et de visualiser interactivement les vues paysagères correspondantes. Ce sont autant d'outils qui vont aider le paysagiste à exprimer la réalité paysagère d'une région. La place que donne l'expert aux outils informatiques par rapport à l'immersion personnelle, à sa transcription ou son expression graphique propre doit être décidée non sous forme d'une décision de principe *a priori* mais en fonction des besoins du projet, de l'information disponible et de l'échéancier.

Ces réticences trahissent en fait souvent une méfiance d'ordre culturel vis-à-vis de l'informatique en général, qui devrait s'atténuer peu à peu. Les paysagistes sont souvent architectes de formation. Or les architectes utilisent maintenant largement des outils de conception informatique dans la conception de bâtiments ou de quartiers urbains.

3. Orientations

3.1. Faire le point

Nous avons passé en revue les différents aspects liés à l'élaboration de ce que nous avons appelé un système d'information paysager. Un tel système peut s'envisager de manière autonome, mais il est plus logique de le penser comme un module complémentaire d'un système d'information territorial prenant en charge la gestion des dimensions matérielles, perceptibles et idéelles du paysage. Ces dimensions donnent dès sa conception des spécificités à un système d'information paysager, tant du point de vue des données que des outils de traitement. Le système de visualisation détermine une partie des données nécessaires, leur format, leur organisation mais aussi leur qualité et leur précision. Il supporte aussi les tâches d'analyse visuelle qui sont centrales dans un Système d'Information Paysager, puisqu'il doit rendre compte de la dimension sensible que les acteurs, habitants ou usagers, entretiennent avec les objets situés dans l'espace.

On a pu montrer à la fois le fait que la géomatique offrait des solutions techniques intéressantes pour la gestion paysagère, mais que certains aspects posaient encore de nombreux problèmes : modèles de données 3D, visualisation interactive réaliste... La nature des techniques utilisées en gestion paysagère a connu de nombreux bouleversements dans le passé et d'autres sont à venir. Mais comme le notait dès 1990 C. Steinitz, pionnier des SIG et de leur utilisation dans le paysage, si la recherche doit porter sur les questions proprement techniques liées aux données, à la visualisation, à la modélisation spatio-temporelle, elle ne doit pas délaissier la question des modes de mise en œuvre de ces techniques par les utilisateurs, qu'il s'agisse de décideurs, d'experts ou de citoyens (Steinitz 1993a). Avec la diffusion des SIG, les modèles de représentation, d'analyse, de modélisation des phénomènes disponibles se multiplient. Il devient nécessaire d'établir une stratégie de choix entre ces modèles et d'être capable de les relier entre eux. C'est donc une stratégie de gestion de l'information paysagère qui est nécessaire. Par ailleurs, les techniques géomatiques touchent des sphères moins formalisées, comme l'évaluation ou la décision. Les recherches doivent aussi porter sur l'utilisation de l'information géographique dans ces domaines en se rapprochant le plus possible des conditions des projets réels. Cela ne peut se faire de manière cohérente si l'on n'a pas pris la mesure des changements en cours dans le domaine de la gestion territoriale, thème que nous abordons dans le Parcours 4.

3.2. Direction

Nous envisageons la continuation de ce parcours selon deux axes. Le premier est plutôt d'ordre technique et analytique. Il s'agit de perfectionner les outils d'analyse et de visualisation présentés ici. Les indices de visibilité doivent être validés par des vérifications de terrain et comparés avec les perceptions d'un observateur au moyen d'enquêtes. Il faut aussi travailler à la mise au point d'autres indices liés à la physiologie de la vue et à la physique de la perception. Par ailleurs, afin de pouvoir calculer ces indices en tous points d'une image, il faut utiliser des techniques plus sophistiquées de développement informatique. Pour cela, nous sommes en train de monter un projet de recherche commun avec les équipes d'analyse d'image et de génie sensoriel du « Pôle Optique-Vision » de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne qui disposent des connaissances nécessaires en informatique et en vision. Dans le domaine de la visualisation, notre stratégie est de continuer à utiliser des logiciels du commerce, en particulier Visual Nature Studio, mais en mobilisant toutes leurs capacités. Les travaux de recherche menés au premier semestre 2004 par G. Rivat dans un mémoire de maîtrise et F. Jacquinod lors d'un stage de DESS SIG mené en collaboration avec l'Agence d'Urbanisme EPURES et la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) de la Loire ont montré toutes les potentialités de ce type d'outil.

Le deuxième axe porte sur la confrontation de nos méthodes et outils avec des problématiques de gestion paysagère d'espaces urbains et périurbains, qui présentent des contraintes différentes d'analyse et de visualisation. Nous comptons appliquer aussi ces méthodes à la reconstruction de paysages historiques dans le projet de système d'information de l'Y lyonnais mis en œuvre en collaboration avec Jean-Paul Bravard dans le cadre de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR), que nous avons rapidement décrit dans le Parcours précédent. Le programme de recherche STEPPES (Système Territoire Environnement Patrimoine Paysage à Saint-Etienne), financé par la Communauté d'agglomération Saint-Etienne Métropole, et qui regroupe géographes et historiens, sera aussi une occasion d'application de ces méthodes. Une première opération commence dès cet automne sur la commune de Saint-Chamond. Enfin, nous continuerons avec Y. Michelin les recherches commencées sur la question de la gestion participative des paysages ruraux, en nous appuyant à la fois sur ces méthodes renouvelées de traitement de l'information et des réflexions pratiques et théoriques à propos de la place de la géomatique dans la planification participative qui font l'objet du Parcours 4.

4. Planches cartographiques

Planche 2-1. Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Neddes (canton d'Eymoutiers. a) Comparaison avec une saisie polygone. b) Visualisation à l'échelle de la commune	161
Planche 2-2. Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m /ha) (Eymoutiers)	163
Planche 2-3. Évolution de l'occupation du sol (Viscomtat).....	165
Planche 2-4. Du MNT aux pentes (Eymoutiers).....	167
Planche 2-5. Profils topographiques théoriques à deux échelles (Eymoutiers)	169
Planche 2-6. Calcul de distance-temps par la route (Eymoutiers)	171
Planche 2-7. L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon	173
Planche 2-8. a) Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat a) depuis 4 points. b) depuis 3 hameaux	175
Planche 2-9. Région d'Eymoutiers, Scan100 IGN, Chambre d'Agriculture de la Vienne	177
Planche 2-10. Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers).....	179
Planche 2-11. Visibilité des routes (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel de la route. b) Ampleur de la vue depuis la route.....	181
Planche 2-12. Visibilité des zones bâties (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel des zones bâties. b) Ampleur de la vue depuis les zones bâties	183
Planche 2-13 . Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers).....	185
Planche 2-14. Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	187
Planche 2-15 : Prégnance d'une catégorie dans le paysage visible (Canton d'Eymoutiers)....	189
Planche 2-16 Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	191
Planche 2- 17. Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	193
Planche 2-18. Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	195
Planche 2- 19. Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	197
Planche 2-20. Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	199
Planche 2-21. Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers)..	201
Planche 2-22. Exemple de vue paysagère numérique	203
Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique	205

Planche 2-24. Exemple de vue paysagère numérique	207
Planche 2-25. Exemple de vue paysagère numérique	209
Planche 2-26. Exemple de vue paysagère numérique	211
Planche 2-27. Exemple de vue paysagère numérique	213
Planche 2-28. Exemple de vue paysagère numérique	215

(Les planches sont regroupées dans plusieurs documents séparés)

5. Bibliographie

- Agarwal C., Green G. M., Grove J. M., Evans T. P. et Schweik C. M.** (2002). *A Review and Assessment of Land-Use Change Models: Dynamics of Space, Time, and Human Choice*, United States Department of Agriculture Forest Service. Northeastern Research Station Indiana University. Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change 61 p.
- Antoni J.-P.** (2002). Urban sprawl modelling : A methodological approach . Modélisation de l'étalement urbain : une approche méthodologique. *Cybergéo* (No 207).
- Antrop M.** (1985). Télédétection et analyse d'image in *Paysage et système, de l'organisation écologique à l'organisation visuelle*. V. Berdoulay et M. Phipps. Ottawa, Editions de l'Université d'Ottawa: 125-138.
- Augoyard J.-F.** (1991). La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ? *Le Débat* (65): Champvallon, repris dans *La théorie du paysage en France (1974-1994)*, Champvallon, 334-345.
- Autran J.** (2001). *Analyse paysagère et Systèmes d'Information Géographique - Construction de bases de données et visualisation cartographique*. Marseille, UMR MAP-GAMSAU 7 p.
- Azouzi M. et Merminod B.** (1996). Qualité des données spatiales. *Mensuration, Photogrammétrie, Génie Rural* (décembre 1996).
- Baldwin J., Fisher P., Wood J. et Langford M.** *Modelling Environmental Cognition of the View With GIS*, Department of Geography University of Leicester Leicester LE1 7RH. 2004.
http://www.sbg.ac.at/geo/idrisi/gis_environmental_modeling/sf_papers/fisher_peter/baldwin.html
- Baudry J.** (1985). *Utilisation des concepts de Landscape Ecology pour l'analyse de l'espace rural*. Thèse de doctorat de Sciences. Rennes, Université de Rennes I: 487 p.
- Belvèze P., Joliveau T. et Dupuis B.** (2003). *Méthodologie d'élaboration de vues paysagères numériques. Système de pratiques et gestion des paysages : une démarche de simulation au service de la contractualisation*. Saint-Etienne, CRENAM- Convention interrégional du Massif Central 99 p.
- Berque A.** (1990). *Médiance, de milieux en paysages*. Montpellier, GIP-Reclus. 159 p.
- Berque A.** (1991). La transition paysagère comme hypothèse de projection pour l'avenir de la nature in *Maîtres & Protecteurs de la nature*. R. A. e. G. F. Seyssel, Champ Vallon: pp.217-237.
- Bertrand G.** (1973). Quelques remarques sur le rôle de l'outil mathématique dans les études intégrées de paysage. *L'espace géographique* (n°3): 197-198.
- Bertrand G.** (1978). Le paysage entre la nature et la société. *Revue de géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest* 49(2): 239-258.
- Bertrand G.** (1992). *L'irruption du sensible dans les politiques d'environnement et d'aménagement*, in Colloque le Paysage, Patrimoine et Enjeu de Développement,, Assemblée Nationale, 4 juin 1992. pp.18-20.
- Bertrand G.** (1996). *Composer le paysage, c'est recomposer la géographie*, in Conférence inaugurale de l'université d'été de l'Association française pour le développement de la géographie. Annonay. 1995. Repris dans "Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités", Paris, ap éditions Arguments. 311 p.
- Bertrand G. et Bertrand C.** (2002). *Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités*. Paris, ap éditions Arguments. 311 p.
- Besse J.-M.** (2000). *Voir la terre. Six essais sur le paysage et la géographie*, Actes Sud. 162 p.
- Bessenay C.** (1995). *La gestion des données dans un espace naturel sensible : le Système d'Information Géographique des Hautes-Chaumes foréziennes*. Thèse de Doctorat de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean-Monnet: 293 p.

- Bessenay C. et Etlicher B.** (1993). La répartition des congères en Haut Forez: l'outil SIG pour une modélisation. *Notes et C.R. du groupe de travail régionalisation du périglaciaire. Rennes* (18): 43-50.
- Borodkine R., Griselin M. et Ormaux S.** (2000). *Towards a landscape information system*, in Proceedings of the 5th International Conference on GeoComputation. "GeoComputation CD-ROM" & Internet, University of Greenwich,, 23 - 25 August 2000.
- Brossard T.** (1985). Regards sur le paysage et sa production : objets produits et forces productrices; la sensibilité fonctionnelle. *Revue géographique de l'est* (4): 365-377, cité par Rougerie et Beroutchachvili, op.cit. p.234,.
- Brossard T. et Joly D.** (1988). Contribution à l'étude du paysage visible. Gestion informatique et traitement des données. *Cahiers de géographie de Besançon. Séminaires et notes de recherche* (n°29): 179-191.
- Brossard T., Joly D., Laffly D., Vuillod P. et Wieber J.-C.** (1994). Pratique des systèmes d'information géographique et analyse des paysages. *Revue internationale de géomatique 4* (n°3-4/1994): pp. 243-256.
- Brossard T., Joly D. et Pierrat P.** (1993). Déprise agricole et fermeture des paysages. *Mappemonde* (3/1993): 17-21.
- Brossard T. et Wieber J.-C.** (1984). Le Paysage, trois définitions. Un mode d'analyse et de cartographie. *L'espace géographique* 13 (1): 5-12.
- Brossard T., Wieber J.-C. et Joly D.** (1998). Analyse visuelle systématique des paysages de cours d'eau par deux approches complémentaires. *Revue de Géographie de Lyon* 73 (4): 229-308.
- Brunet R.** (1974). Analyse des paysages et sémiologie. Eléments pour un débat. *L'espace géographique* (n°2): 120-126.
- Brunet R., Ferras R. et Théry H.** (1992). *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*. Paris, GIP RECLUS et La Documentation française., 2ème édition.
- Burrough P. A.** (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford, Clarendon press. 194.
- Burrough P. A. et Rachael M.** (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Oxford University Press. 333 p.
- Caron P.** (2001). Zonages à dires d'acteurs : des représentations spatiales pour comprendre, formaliser et décider. Le cas de Juazeiro, au Brésil. in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: 343-357.
- Cheng C.-P. et Shih T.-Y.** (1998). *The Variation of Viewshed Analysis Result Caused by Different Implementations*, in 19th Asian Conference on Remote Sensing, Manila, 16-20 Novembre, National Mapping and Resource Information Authority and Asian Association of Remote Sensing (AARS). Poster.
- Chételat J.** (2004). *Eléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique*. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne: 223 p.
- Chrisman N.** (1997). *Exploring geographic information systems*. New-York, John Wiley & Sons. 298 p.
- Cicéri M.-F., Bertrand B. et Rimbert S.** (1977). *Introduction à l'analyse de l'espace*. Paris, Masson. 173.
- CNIG** (ss date). RGE : Référentiel aux grandes échelles in *Fiches techniques maîtrise d'ouvrage SIG*. C. N. d. I. I. G. Adigéo. Paris.
- Collet C.** (1992). *Systèmes d'information géographique en mode image*. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 186.
- Coquillard P. et Hill D. R. C.** (1997). *Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets*, Masson. 273 p.
- Couwenbergh J.-P.** (1998). *La synthèse d'images. Du réel au virtuel*. Allier, Marabout. 576 p.
- Cueco H.** (1982). Approche du concept de paysage. *Milieux, repris dans La théorie du paysage en France (1974-1994), Champvallon, 168-181* (7/8).
- de Joinville O., Saur S. et Bretar F.** (2003). Le levé laser aéroporté : techniques, applications et recherche. *Bulletin d'Information de l'IGN* (n° 74 2003/3).
- Debroux J.** (1992). *La construction sociale des paysages en crises*, in L'avenir des paysages ruraux européens, entre gestion des héritages et dynamiques du changement, Lyon, 9-13 juin 1992. pp. 201-205.
- Deffontaines J. P. et Pringent P.** (1987). Agronomie et paysages. *Mappemonde* 87(4): 34-38.

- Denis C.** (1998). *SIG et maîtrise des territoires sensibles. Une approche par le paysage*. Mémoire de DESS SIG & Gestion de l'espace. Section de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 67 p.
- di Salvo M. et Troipoux G.** (2001). La troisième dimension géographique, utilisation des modèles numériques de terrain illustrée par la BD ALTI de l'IGN. *Collection Dossiers du CERTU* (numéro 124): 98 p.
- Donadieu P.** (1994). Pour une conservation inventive des paysages in *La théorie du paysage en France (1974-1994)*. A. Roger, Champvallon: 400-423.
- Dunn M. et Hickey R.** (1998). The Effect of Slope Algorithms on Slope Estimates within a GIS. *Cartography* v. 27, no. 1: pp. 9 – 15.
- Etienne M. et Le Page C.** (2002). *Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire : le cas du Causse Méjean*, in *Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable*. Les Actes du Colloque (sur CD), Florac (Lozère), 5 et 6 novembre 2002, Centre d'expérimentation pédagogique de Florac et Parc national des Cévennes. 15 p.
- Falque M.-C.** (1994). *Evaluation des paysages. Une approche méthodologique, une typologie, un outil SIG adapté*. Mémoire de Master. Mastère spécialisé en Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement du Territoire. Montpellier, ENGREF-ENSAM-INA PG: 60 p.
- Fischesser B.** (1991). *Déprise agricole et paysage sur le canton de la Chaise Dieu. Approche cartographique pour servir à la réflexion dans le cadre d'un projet "Article 19"*. Grenoble, CEMAGREF.
- Fischesser B.** (1994). *L'analyse paysagère. Une aide à la décision en aménagement du territoire*, in *Ingénierie agricole et paysage, Colloque international*. Lycée agricole, Le Robillard, Association Française du Génie Rural.
- Fisher P., Wood J. et Cheng T.** (2004). *Where is Helvellyn? Fuzziness of multi-scale landscape morphology*. Transactions of the Institute of British Geographers: 106-128.
- Fisher P. F.** (1993). Algorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis. *International Journal of Geographical Information Systems* (7): 331-374.
- Fisher P. F.** (1994). Probable and fuzzy models of the viewshed operation. in *Innovations in GIS*. M. Worboys, London: Taylor & Francis: 161-175.
- Fontanabona J.** (2001). *Cartes et modèles graphiques. Analyse de pratiques en classe de géographie*. Paris, INRP. 302 p.
- Fumey G.** (1983). *Des usages du mot paysage à la formulation d'un concept*. Thèse de 3ème Cycle. Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Institut de Géographie. Besançon, Université de Besançon: 220 p.
- Géo-Vision-Avenir** *La modélisation des paysages en 4 dimensions*. 2004. <http://www.geo-vision-avenir.com/presentation.html>
- Gerardin V.** (1996). Révision d'un schéma d'aménagement en milieu rural québécois à l'aide d'un S.I.G. , la M.R.C. de Papineau, Québec. *Revue de géographie de Lyon* 71 (2/96): 121-128.
- Goodchild M. et Jeansoulin R.,** Eds. (1998). *Data Quality in Geographic Information, From Error to Uncertainty*. Paris, HERMES, 192.
- Goodchild M. F., Kemp K. K., Thériault M. et Roche Y.,** Eds. (1996). *Systèmes d'Information Géographique, notes de cours volume 1, notions de base*. Sainte-Foy, Québec, LATIG, Université Laval, 1ère édition., 368 p.
- Gorgeu Y. et Jenkins C.,** Eds. (1995). *La charte paysagère, outil d'aménagement de l'espace intercommunal*. "Pratiques de l'intercommunalité". Paris, La Documentation française, 188 p.
- Gorgeu Y. et Jenkins C.,** Eds. (1997). *La charte de territoire, une démarche pour un projet de développement durable*. "Pratiques de l'intercommunalité". Paris, La Documentation française, 312 p.
- Griselin M. et Nageleisen S.** (2004). "Quantifier" le paysage au long d'un itinéraire à partir d'un échantillonnage photographique au sol. *Cybergeo: Revue européenne de géographie* (No253): 12 p.
- Gumuchian H.** (1991). *Représentations et aménagement du territoire*. Paris, Anthropos (diff. Economica). 143 p.

- Hanna K. C.** (1999). *GIS for Landscape architects*. Redlands, ESRI Press. 107 p.
- IGN** (2001). *Le Répertoire à Grande Echelle*. *IGN Magazine*: 2-12.
- IGN** (2003). *Le registre parcellaire graphique : vers une cartographie de la France Agricole*. *IGN Magazine*: 2-12.
- Joliveau T.** (1994). La gestion paysagère de l'espace rural : questions, concepts, méthodes et outils. *Revue de Géographie de Lyon* 69 (4/94): 325-334.
- Joliveau T.** (2003). *Analyse des paysages dans un contexte d'aménagement. L'intérêt des outils géomatiques*, in Actes des conférences Géoévénement 2003, Paris, 4-6 mars 2003. 7 p.
- Joliveau T., Belvèze P. et Dupuis B.** (2002). *La constitution d'un système d'information paysager*, in Gérer les paysages de montagne dans une perspective de développement durable, Florac, 5-6 novembre 2002.
- Joliveau T., Bessenay C., Dupuis B. et Santacatterrina N.** (1994). *Déprise agricole et gestion des paysages, l'apport des SIG*, in EGIS/MARI'94, Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems, Paris, 29 mars-1 avril 1994, Foundation EGIS. pp.1448-1456.
- Joliveau T., Dupuis B. et Ruelland D.** (2001). *Outils informatiques pour l'analyse de documents dans l'enseignement de la géographie*. *Géomatique Expert*: 38-42.
- Joliveau T. et Etlicher B.** (1998). Les S.I.G. pour une gestion environnementale des territoires, éléments de méthode à partir de deux expériences. *Revue internationale de géomatique* Volume 8. (n°3/1998): 92-104.
- Joliveau T. et Michelin Y.** (1998). Approche méthodologique de la gestion paysagère concertée d'un espace avec un système d'information géographique : l'exemple de la commune de Viscomtat (63) in *Actes du Colloque : Gestion des territoires ruraux : connaissances et méthodes pour la gestion publique, 27 & 28 avril 1998, Clermont-Ferrand*. Cachan, Cemagref, 1: 85-102.
- Joliveau T. et Michelin Y.** (2001). Modèles d'analyse et de représentation pour la prospective paysagère concertée : deux exemples en zone rurale in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: pp. 239-266.
- Joliveau T. et Michelin Y.** (2003). *L'information paysagère pour l'organisation d'un forum territorial*, in in "Nature et paysage, articulations et ruptures". Actes de la rencontre au CAUE du Rhône, Lyon, 5-6 Juin 2002, CAUE Rhône.
- Joliveau T., Michelin Y., Lelli L. et Delorme S.** (2002). *Enjeux paysagers et logiques d'acteurs en Montagne thiernoise*. Saint-Etienne, CRENAM, ENITA 50 p. + annexes et cartes.
- Kolbe T. H. et Gröger G.** (2003). *Towards unified 3D city models.*, in Proceedings of the ISPRS Comm. IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization, Stuttgart. 8 p.
- Lagacherie M., Blachère O., Robbez-Masson J.-M. et Bonnefont E.** (2000). Evaluation de l'impact visuel d'un boisement paysager par simulations cartographiques. *Forêt Méditerranéenne XXI* (n°1).
- Lauprêtre D.** (1998). *Guide méthodologique pour une gestion agricole des paysages en cohérence avec un projet de territoire. Relations entre le paysage et les systèmes d'élevage du canton d'Eymoutiers (Haute-Vienne)*. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles. Clermont-Ferrand, ENITA: 2 vol. 46 p. + annexes.
- Laurini R. et Milleret-Rafford F.** (1993). *Les bases de données en géomatique*. Paris, Hermes. 340 p.
- Le Lay G. et Clergeau P.** (2001). Une démarche cartographique pour la gestion de la faune sauvage à l'échelle du paysage. *Revue internationale de géomatique* (11/2001): 423-442.
- Legros J.-P.** (1996). *Cartographie des sols. De l'analyse spatiale à la gestion du territoire*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes. 321 p.
- Lelli L.** (2000). *Le paysage ordinaire : l'exemple du Nord-Comminge (Haute-Garonne-France)*. *Essai méthodologique et pratique*. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement. Toulouse, Université de Toulouse II: 325 p.
- Li R.** (1994). Data Structures and Application Issues in 3D GIS. *Geomatica* Vol.48 (No.3): pp.111-130.
- Luginbuhl Y.** (1989). *Paysages, textes et représentations du siècle des Lumières à nos jours*, La Manufacture. 268 p.

- Magnin L.** (1999). *Le paysage comme vecteur d'un projet de territoire ?* Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles. Clermont-Ferrand, ENITA: 41p.
- Maillebouis C.** (2003). Nimby ou la colère des lieux. Le cas des parcs éoliens. *Natures Sciences Sociétés* (11): 190–194.
- Masson J.-P., Mathieu D. et Praicheux J.** (1982). Approche théorique de la lecture du paysage : la soumission à la vue. *Cahiers de géographie de Besançon. Séminaires et notes de recherche* (n°24): 43-64.
- McGarigal K., Cushman S. A., C. N. M. et Ene F.** (2002). *FRAGSTATS, Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*, University of Massachusetts, 2004. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Michelin Y.** (1998). Des appareils photo jetables au service d'un projet de développement: représentations paysagères et stratégies des acteurs locaux de la Montagne thiernoise. *Cybergéo* n°65, 7/12/98: 30 p.
- Michelin Y., Joliveau T., Breuil J. et Vigouroux L.** (2002). *Le paysage dans un projet de territoire, démarche et méthode expérimentées en Limousin*, Chambre d'agriculture de Haute-Vienne-ENITA-CRENAM. 66 p.
- Michelin Y., Joliveau T., Coquillard P., Gueugnot J., Dupuis B., Molines N., Terrisses S. et Teuma M.** (1995). *Réflexion méthodologique pour la valorisation d'une carte écologique par l'emploi d'un SIG : l'exemple de la mise en place de mesures agri-environnementales dans le Massif du Sancy.*, in Rencontres internationales, la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne, 1997, Cemagref éditions. 273-287.
- Molines N.** (1997). *SIG et analyse multicritère : quelles perspectives pour les études environnementales des infrastructures linéaires.* DEA. Section de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 60 p.
- Munoz M., Robbez-Masson J.-M. et Thévenon F.** (2000). *Logiciel EPI Évaluations de Paysages Interactives*, UMR Agro.M-INRA de Science du Sol / ATEN. 2004. <http://sol.ensam.inra.fr/Produits/Epi/Default.asp>
- O.C. Tse R. et Gold C.** Integration of terrain models and built-up structures using CAD type euler operator. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Vol. 34 (Commission V, WG V/6 Part XXX): 9 p.
- Ormaux S.** (1999). *Propos sur le paysage.* Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Théma (Théoriser et modéliser pour aménager), Université de Besançon.
- Ostromoukhov V.** (2002). Techniques de rendu non photoréaliste (NPR) in *Synthèse d'images géographiques*. F. Sillion. Paris, Lavoisier: 217-250.
- Pain G., Baudry J. a. et Françoise B.** (2000). LandPop : un outil d'étude de la structure spatiale des populations animales fragmentées. *Revue internationale de géomatique* (n°1/2000): 89-106.
- Parc-Naturel-du-Livradois-Forez** (1997). *Gestion de l'espace en Montagne thiernoise.* Celles sur Durolle, PNR Livradois-Forez np.
- Robbez-Masson J.-M.** (1994). *Reconnaissance et délimitation de motifs d'organisation spatiale. Application à la cartographie des pédopaysages.* Th. Doct., Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier: 161 p. + ann.
- Robbez-Masson J.-M.** (2001). *Clapas*, UMR Agro.M-INRA de Science du Sol Montpellier. 2004. <http://sol.ensam.inra.fr/Produits/Clapas/default.asp>
- Robbez-Masson J.-M., Foltête J.-C., Cabello L. et Flitti M.** (1999). Prise en compte du contexte spatial dans l'instrumentation de la notion de paysage. *Revue internationale de géomatique* 9 (n°2): 173-195.
- Roger A.** (1994). Histoire d'une passion théorique ou : comment on devient un Raboliot du Paysage in *Cinq propositions pour une théorie du paysage*, Champvallon, repris dans La théorie du paysage en France (1974-1994), Champvallon, 438-451.
- Rougerie G.** (1985). Le dessus, ou le dedans. *Revue géographique de l'est* (1985-4): pp. 355-363.
- Rougerie G. et Beroutchvili N.** (1991). *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes.* Paris, A. Colin. 302 p.
- Sautter G.** (1979). Le paysage comme connivence. *Hérodote* 16: 40-67.
- Sautter G.** (1991). Paysagismes. *Etudes rurales* n°121-124: 15-20.
- Schneider K. et Robbins P.** (1995). *GIS and mountain environments.* Genève, UNITAR.

- Soubeyran O.** (1985). Organisation, perception et émergence du sens dans le paysage in *Paysage et système, de l'organisation écologique à l'organisation visuelle*. V. Berdoulay et M. Phipps. Ottawa, Editions de l'Université d'Ottawa: 155-166.
- Steinitz C.** (1990). A Framework for Theory Applicable to the Education of Landscape Architects (and Other Environmental Design Professionals). *Landscape Journal* 9 (2, Fall 1990): 136-143.
- Steinitz C.** (1993a). GIS : a personal perspective. *GIS Europe* juin, juillet, septembre 1993: pp. 19-22, 42-45, 38-40.
- Steinitz C.** (1993b). Un modèle de raisonnement pour la planification paysagère. *Cahiers de l'IAURIF* n°106: 38-46.
- Thébaud P.** (2001). *Le paysage en quatre dimensions, pour une nouvelle approche de la concertation*. Paris. 92 p.
- Tomas F.** (1994). Du paysage aux paysages, pour une autre approche paysagère. *R.G.L.* (Vol. 69. N°4): 277-286.
- Tomlin D.** (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 249 p.
- TTI-PRODUCTION** (2001). *Parkview, rapport technique. Classification de l'occupation du sol à partir d'images SPOT XS et Xi; Parc Naturel Régional du Livradois-Forez. Coupures N° 2632, 2633, 2634, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735*, SPOT Image, ATEN, PNR Livradois-Forez, TTI PRODUCTION 16 p.
- Vacher A.** (2000). *Méthode d'enquête photographique des représentations paysagères*. Maîtrise de Géographie. Section de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 247 p.
- Viard J.** (1993). Le conflit social, gardien du paysage. *Pages Paysages* (4): 32-37.
- Vidal de la Blache P.** (1903). *Tableau de la géographie de la France*. Paris, Hachette. 559 p.
- VTP** (2004). *Virtual Terrain Project*. 2004. <http://www.vterrain.org/>
- Wadembere M. I.** (2000). *Multi Dimensional GIS, Interpolation, and 3D Modeling*, School of housing, building and planning, universiti Sains Malaisie. 2004. <http://www.hbp.usm.my/thesis/HeritageGIS/master/research/Multi%20Dimensional%20GIS.htm>
- Wieber J.-C.** (1985). Le paysage visible, un concept nécessaire in *Paysage et système, de l'organisation écologique à l'organisation visuelle*. V. Berdoulay et M. Phipps. Ottawa, Editions de l'Université d'Ottawa.: 167-178.
- Wieber J.-C.** (1987a). Le paysage visible, un concept nécessaire in *Paysage et système*, Université d'Ottawa. repris dans *La théorie du paysage en France (1974-1994)*, Champvallon, 182-193.
- Wieber J.-C.** (1987b). Paysages, images, espaces. *Mappemonde* 87/4: p.1.
- Wood J.** (1996). *The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models*. PhD. Leicester, UK, University of Leicester, UK.
- Zevenbergen L. W. et Thorne C. R.** (1987). Quantitative Analysis of Land Surface Topography. *Earth Surface Processes and Landforms* Vol. 12: pp. 12-56.
- Zlatanova S.** (2000). *3D GIS for Urban Development*. PhD ITC Dissertation Number 69. Enschede. Graz, The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). 222 p.

6. Renvois

Table des figures et des planches

Figure 2-1. Modèle conceptuel du paysage de l'école de Besançon. Source : Brossard T. et Wieber J.-C. (1984). Ormaux S. (1999).....	87
Figure 2-2. Les composants d'un système paysager	95
Figure 2-3. Localisation des terrains de recherche	99
Figure 2-4. Différence entre un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et un Modèle Numérique d'Élévation (MNE).....	103

Figure 2-5. L'effet de l'intensité de la visibilité depuis la route sur la composition de l'espace visible (Eymoutiers).....	128
Figure 2-6. Modèle conceptuel de construction de vues paysagères numériques.....	140
Figure 2-7. Points et prises de vue.....	141
Figure 2-8. Modèle graphique de calcul de l'indice de domination de la vue dans le macro-modéleur d'Idrisi.....	152
Figure 2-9. Macro-modèle de calcul des indices du bassin de vue dans le macro-modéleur d'Idrisi.....	153
Planche 2-1. Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Neddes (canton d'Eymoutiers. a) Comparaison avec une saisie polygone. b) Visualisation à l'échelle de la commune.....	161
Planche 2-2. Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m/ha) (Eymoutiers).....	163
Planche 2-3. Évolution de l'occupation du sol (Viscomtat).....	165
Planche 2-4. Du MNT aux pentes (Eymoutiers).....	167
Planche 2-5. Profils topographiques théoriques à deux échelles (Eymoutiers).....	169
Planche 2-6. Calcul de distance-temps par la route (Eymoutiers).....	171
Planche 2-7. L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon.....	173
Planche 2-8. a) Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat a) depuis 4 points. b) depuis 3 hameaux.....	175
Planche 2-9. Région d'Eymoutiers, Scan100 IGN, Chambre d'Agriculture de la Vienne.....	177
Planche 2-10. Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers).....	179
Planche 2-11. Visibilité des routes (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel de la route. b) Ampleur de la vue depuis la route.....	181
Planche 2-12. Visibilité des zones bâties (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel des zones bâties. b) Ampleur de la vue depuis les zones bâties.....	183
Planche 2-13 . Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers).....	185
Planche 2-14. Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	187
Planche 2-15 : Prégnance d'une catégorie dans le paysage visible (Canton d'Eymoutiers).....	189
Planche 2-16 Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	191
Planche 2- 17. Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	193
Planche 2-18. Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	195

Planche 2- 19. Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	197
Planche 2-20. Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	199
Planche 2-21. Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers)..	201
Planche 2-22. Exemple de vue paysagère numérique	203
Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique	205
Planche 2-24. Exemple de vue paysagère numérique	207
Planche 2-25. Exemple de vue paysagère numérique	209
Planche 2-26. Exemple de vue paysagère numérique	211
Planche 2-27. Exemple de vue paysagère numérique	213
Planche 2-28. Exemple de vue paysagère numérique	215

Table des encadrés et des tableaux

Encadré 2-1. L'élaboration d'un Projet d'Aménagement et de Développement Durable dans le cadre du Plan Local d'Urbanisme de la commune de Genas (69).....	91
Tableau 2-1. Caractéristiques des différents modes de production d'un MNS. Source : Dupont S., Demargne L. et Durand P. (1998) cité par Charleux-Demargne J. (2001)	104
Tableau 2- 2. Paramètres géométriques décrivant l'espace visible depuis 4 points de vue à Viscomtat.....	125
Tableau 2-3. Paramètres décrivant l'espace de Viscomtat visible depuis 3 hameaux.....	126

Liste des sigles et abréviations

BRGM	Bureau de la Recherche Agronomique et Minière
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
CSG	Constructive Solid Geometry
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
ENITA	Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles
EPURES	Agence d'urbanisme de la Région stéphanoise
IGCS	Inventaire, Gestion et Conservation des Sols

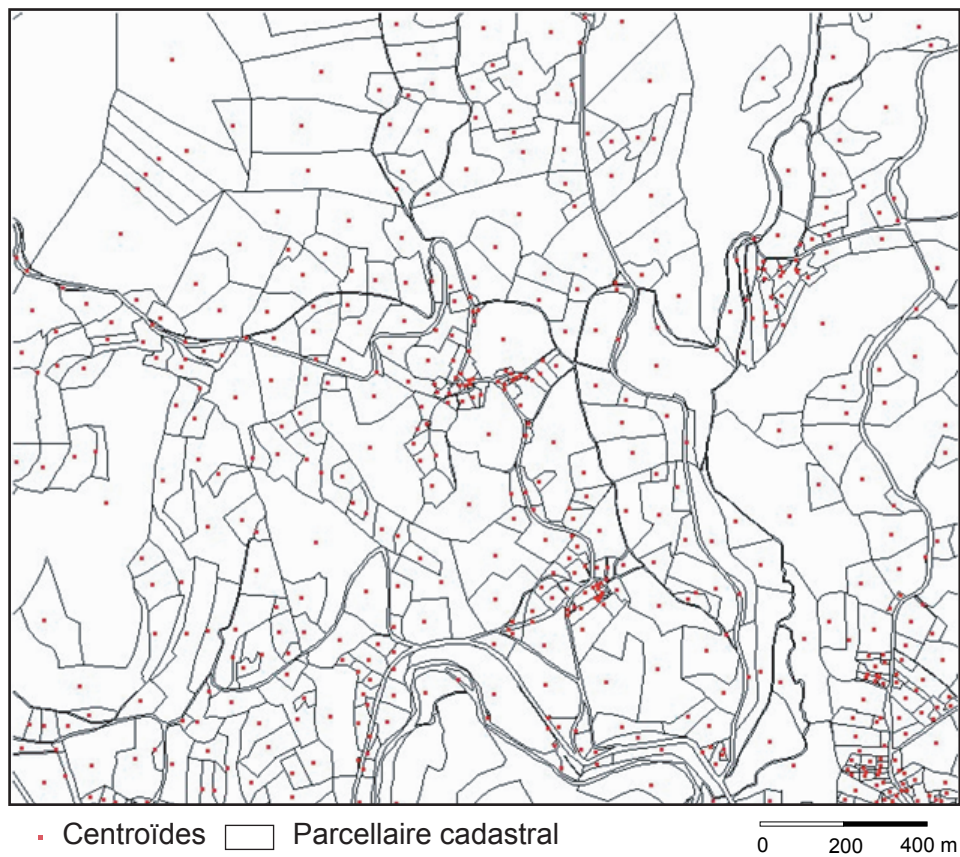
IGN	Institut Géographique National
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
MNA	Modèles Numériques d'Altitude
MNE	Modèles Numériques d'Élévation
MNS	Modèles Numériques de Surface
MNT	Modèles Numériques de Terrain
NURBS	Non-Uniform Rational B-Splines
OGAF	Opération Groupée d'Aménagement Foncier
PAC	Politique Agricole Commune
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNR	Parc Naturel Régional
RGE	Référentiel aux Grandes Échelles
SRU	Solidarité et Renouvellement Urbain
STEPPEs	Système Territoire Environnement Patrimoine Paysage à Saint-Etienne
TIN	Triangle Irregular Network
VRML	Virtual Reality Modeling Language
ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager

4. Planches cartographiques

Planche 2-1. Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Neddes (canton d'Eymoutiers. a) Comparaison avec une saisie polygone. b) Visualisation à l'échelle de la commune	161
Planche 2-2. Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m /ha) (Eymoutiers)	163
Planche 2-3. Évolution de l'occupation du sol (Viscomtat).....	165
Planche 2-4. Du MNT aux pentes (Eymoutiers).....	167
Planche 2-5. Profils topographiques théoriques à deux échelles (Eymoutiers)	169
Planche 2-6. Calcul de distance-temps par la route (Eymoutiers)	171
Planche 2-7. L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon	173
Planche 2-8. a) Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat a) depuis 4 points. b) depuis 3 hameaux	175
Planche 2-9. Région d'Eymoutiers, Scan100 IGN, Chambre d'Agriculture de la Vienne	177
Planche 2-10. Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers).....	179
Planche 2-11. Visibilité des routes (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel de la route. b) Ampleur de la vue depuis la route.....	181
Planche 2-12. Visibilité des zones bâties (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel des zones bâties. b) Ampleur de la vue depuis les zones bâties	183
Planche 2-13 . Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers).....	185
Planche 2-14. Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	187
Planche 2-15 : Prégnance d'une catégorie dans le paysage visible (Canton d'Eymoutiers)....	189
Planche 2-16 Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	191
Planche 2- 17. Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	193
Planche 2-18. Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	195
Planche 2- 19. Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	197
Planche 2-20. Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	199
Planche 2-21. Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers)..	201
Planche 2-22. Exemple de vue paysagère numérique	203
Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique	205

Planche 2-24. Exemple de vue paysagère numérique	207
Planche 2-25. Exemple de vue paysagère numérique	209
Planche 2-26. Exemple de vue paysagère numérique	211
Planche 2-27. Exemple de vue paysagère numérique	213
Planche 2-28. Exemple de vue paysagère numérique	215

a) *Comparaison avec une saisie polygone*



b) *Visualisation à l'échelle de la commune*

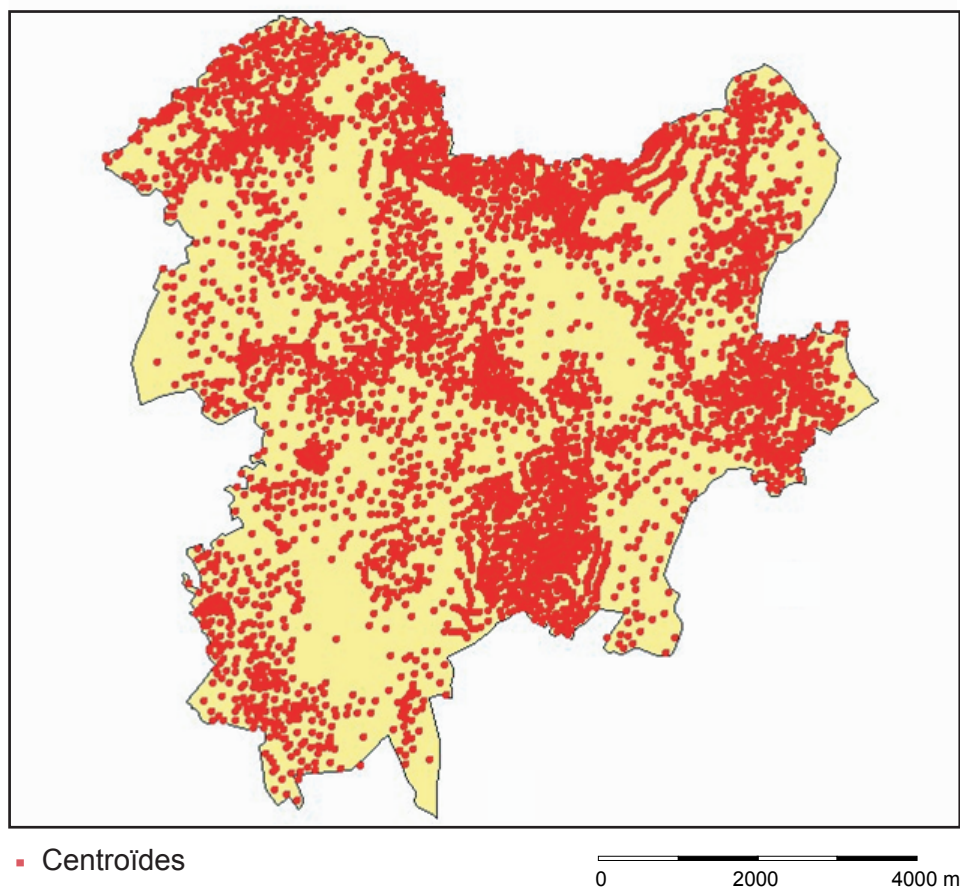


Planche 2-1 : Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Nedes.

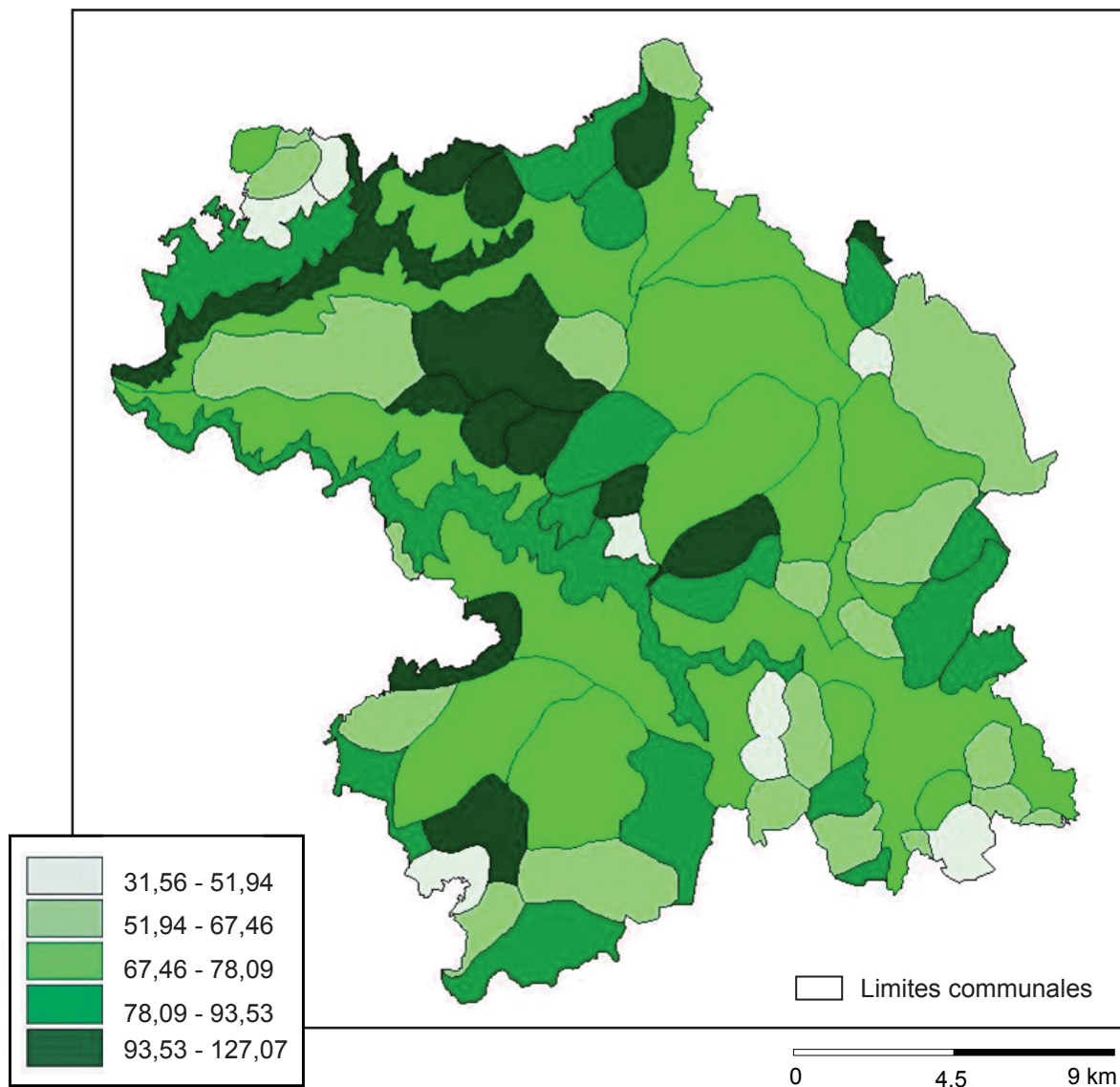
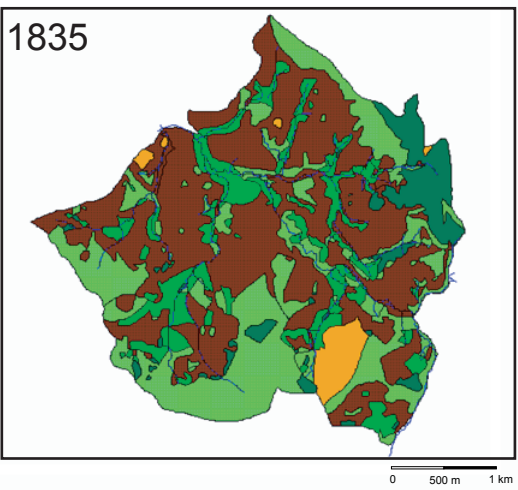
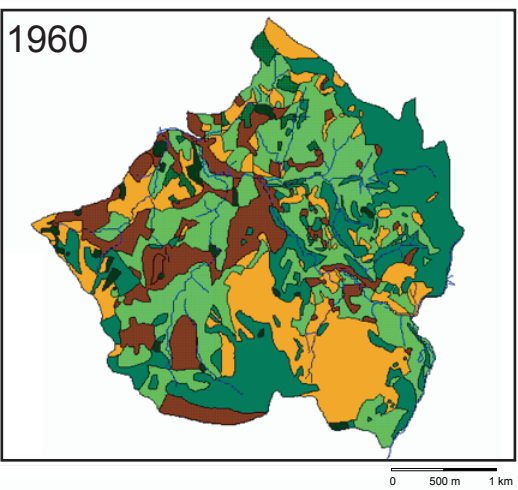


Planche 2-2 : Eymoutiers - Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m / Ha)

1835



1960



1985

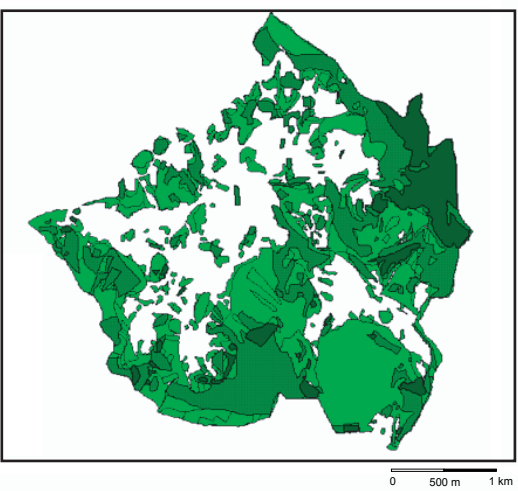
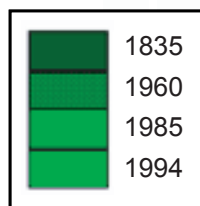
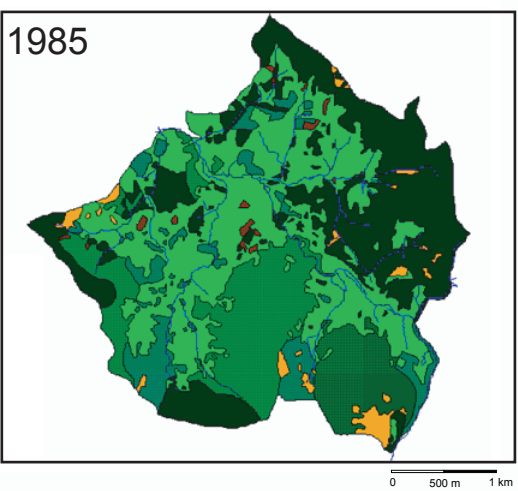
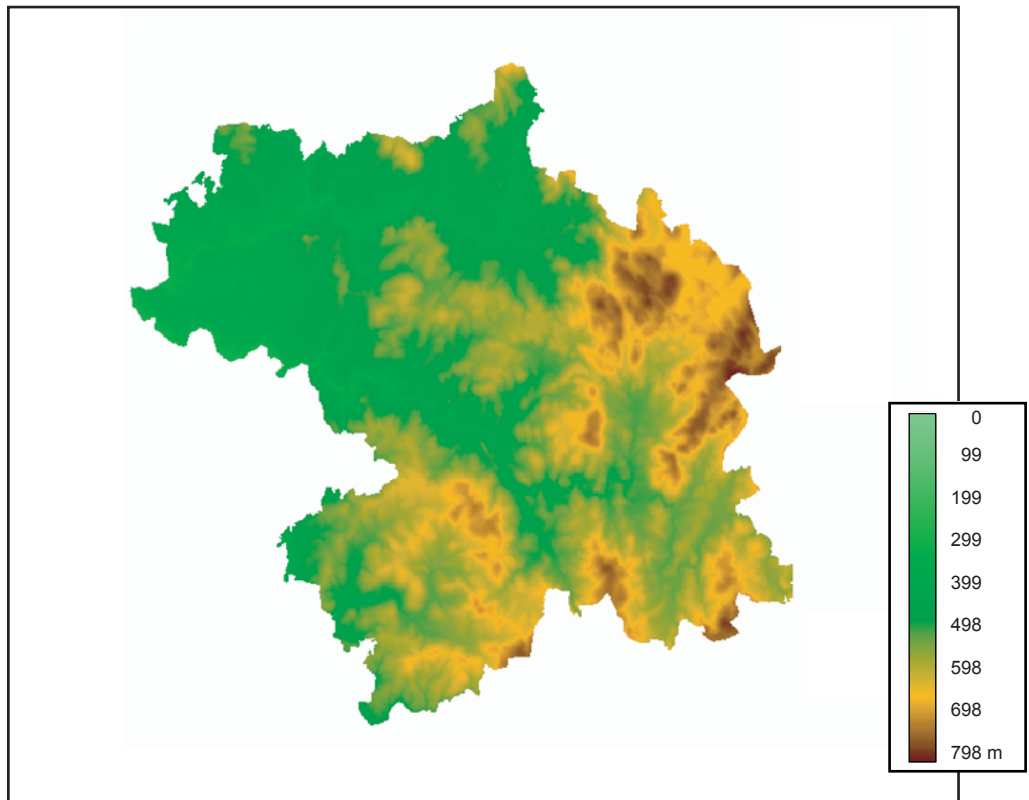
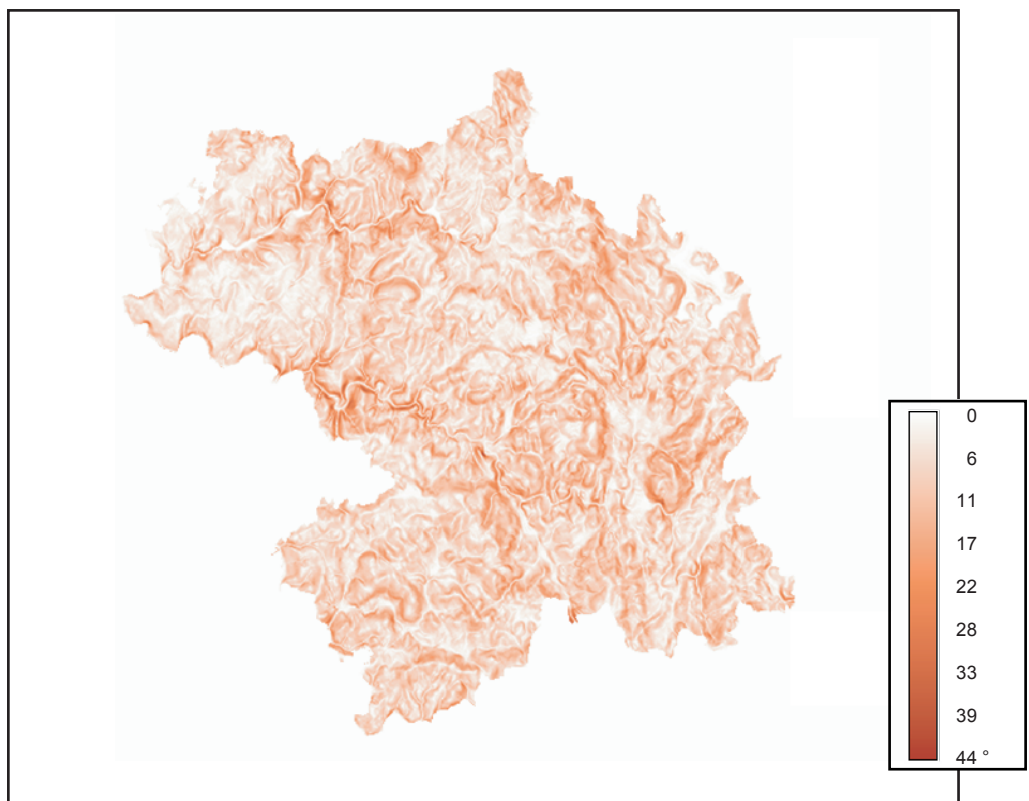


Planche 2-3 : Evolution de l'occupation du sol sur la commune de Viscomtat (63)

a) M.N.T. : Altitude en mètres



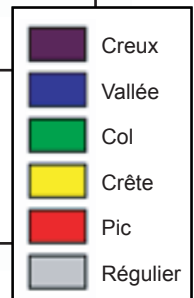
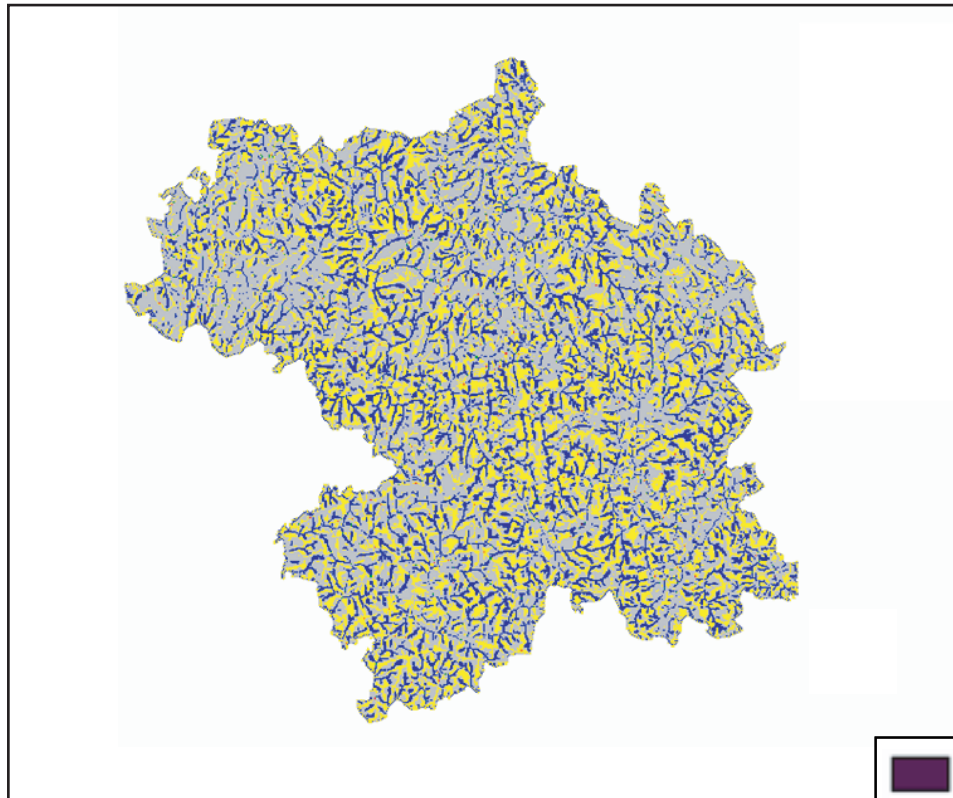
b) Pentes en degrés



0 4,5 9 km

Planche 2-4 : Canton d'Eymoutier, du M.N.T. aux pentes

a) Fenêtre 3 x 3 (150 m)



b) Fenêtre 25 x 25 (1250 m)

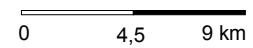
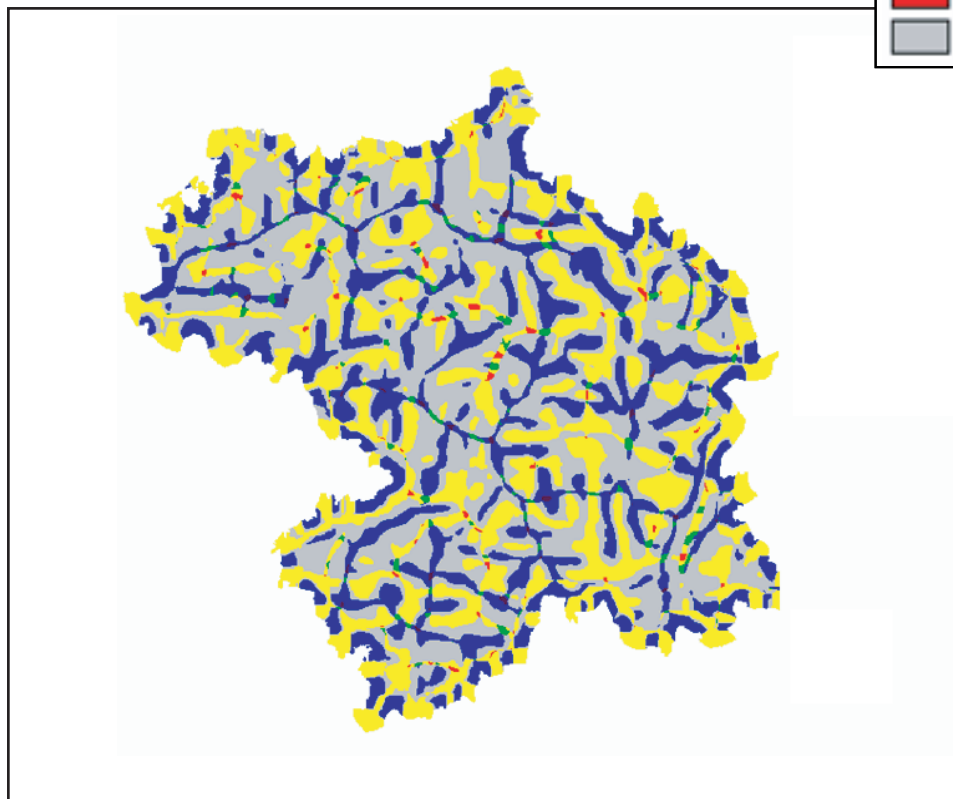
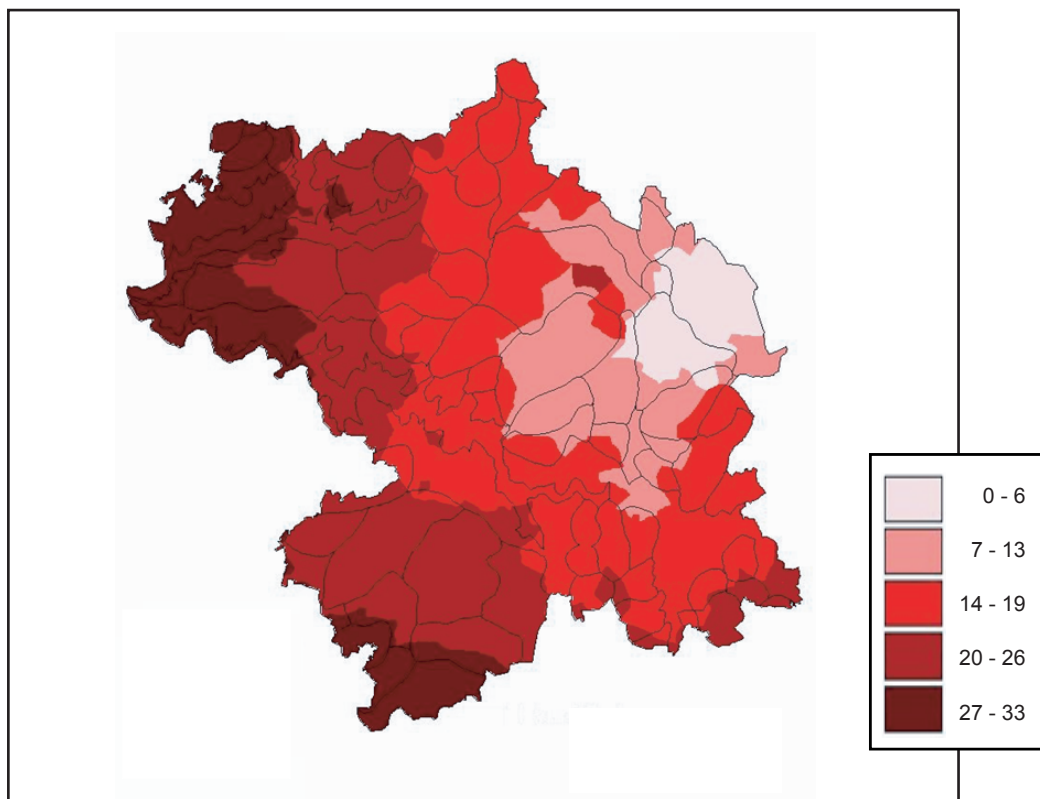
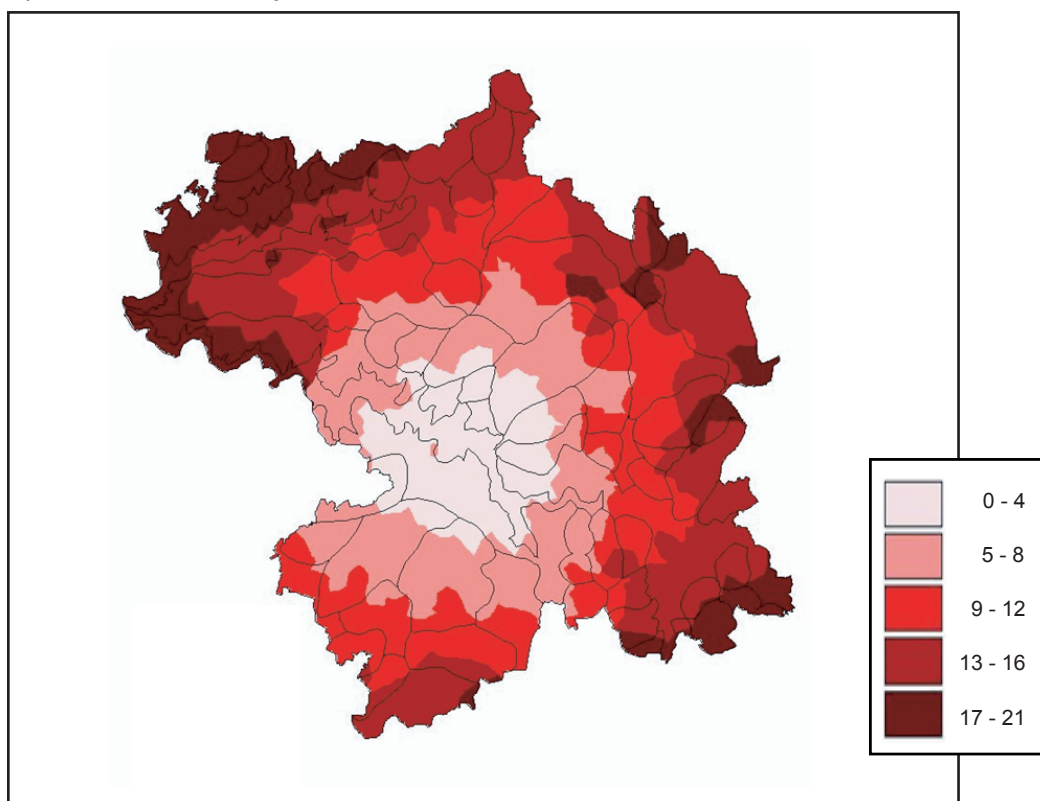


Planche 2-5 : Canton d'Eymoutier, profils topographiques théoriques à deux échelles

a) *Distance au bord du lac de Vassivières*



b) *Distance à Eymoutiers*



0 4,5 9 km

Planche 2-6 : *Canton d'Eymoutier, calcul de distance Temps par la route (en minutes)*

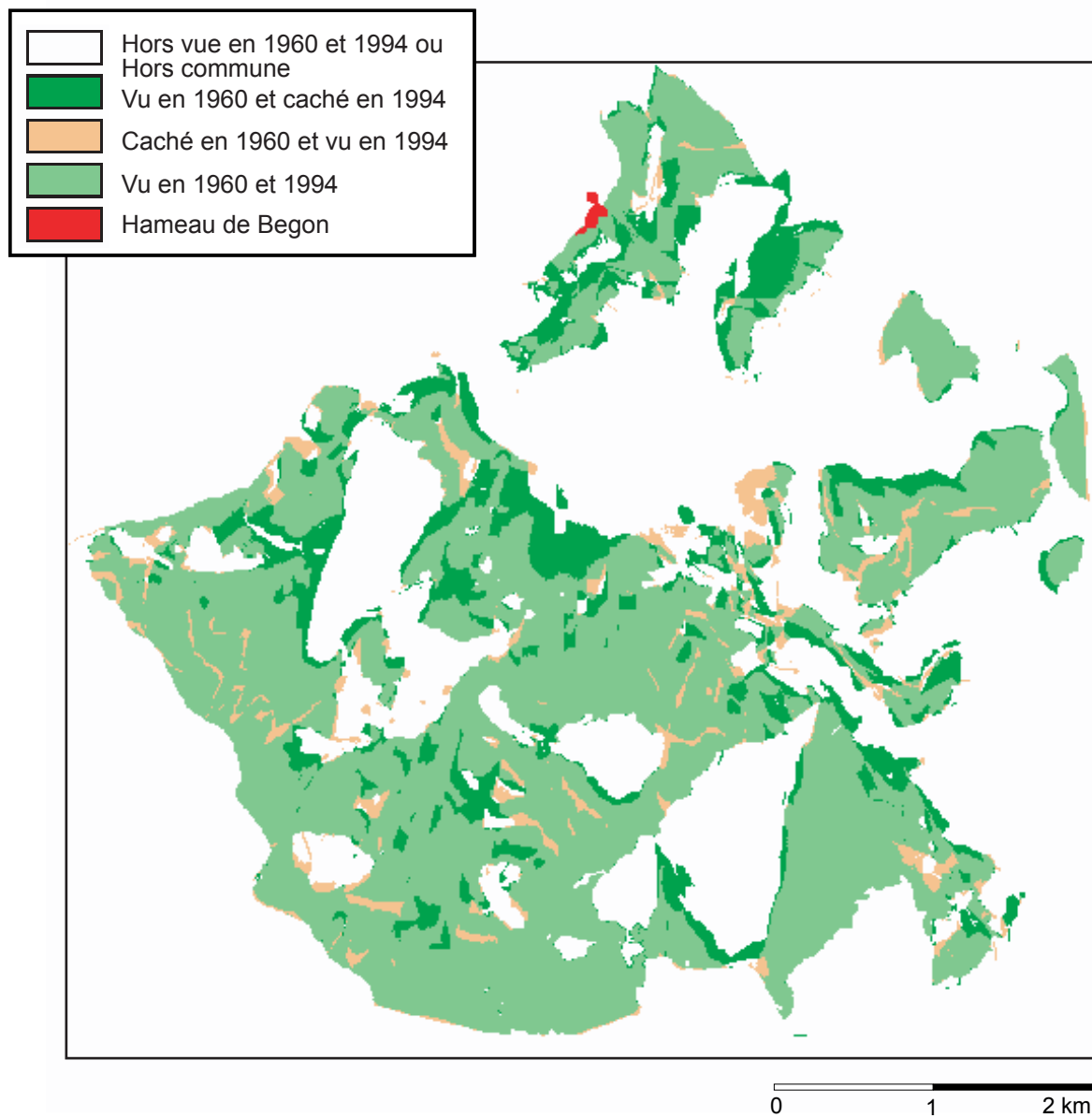
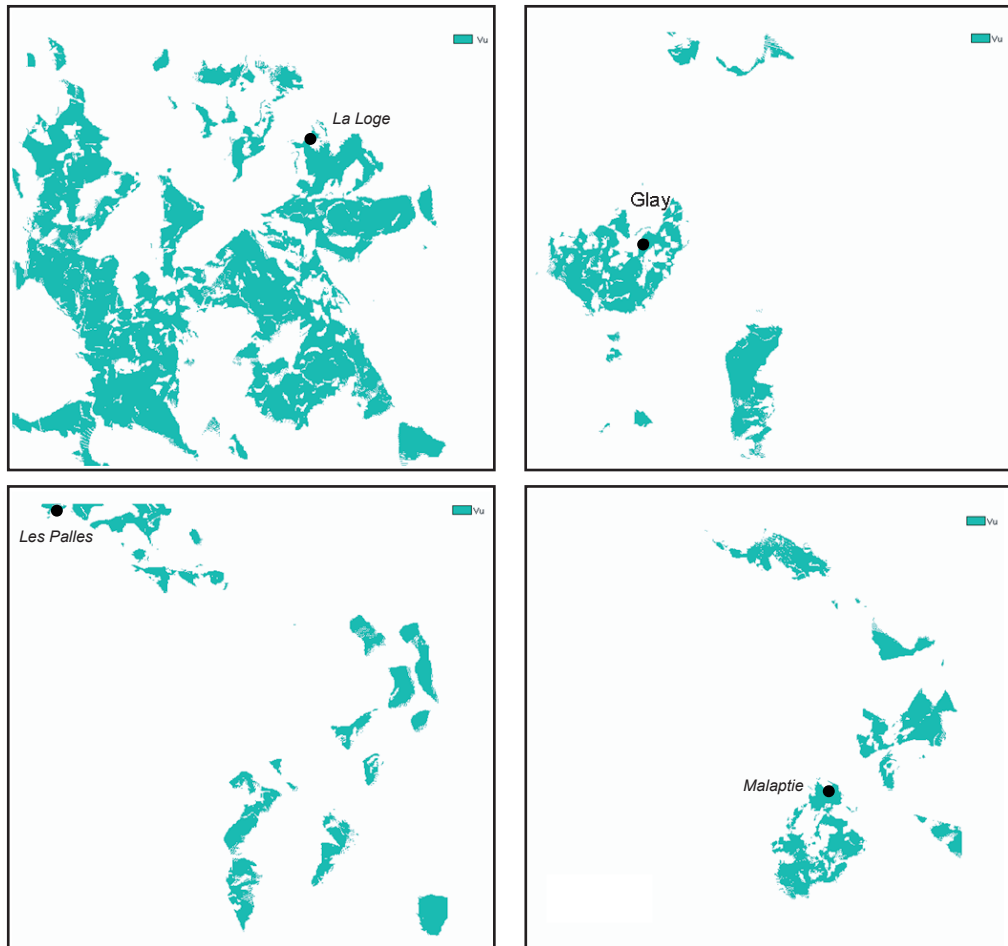


Planche 2-7 : *L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon entre 1960 et 1984*

a) *Les bassins de vue depuis 4 points à Viscomtat*



b) *Les bassins de vue sur Viscomtat depuis 3 hameaux*

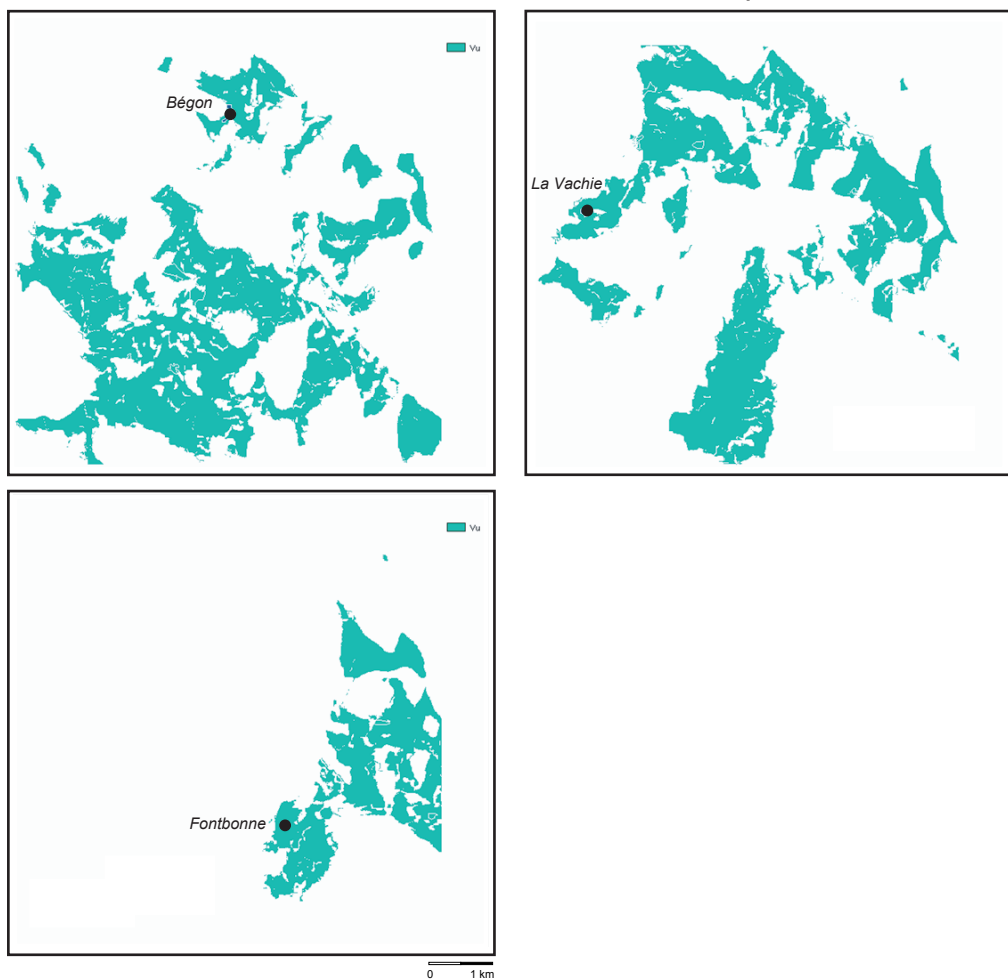


Planche 2-8 : *Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat*

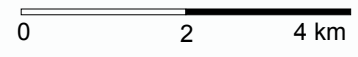


Planche 2-9 : Régions d'Eymoutiers, Scan 100 I.G.N., Chambre d'Agriculture de la Vienne

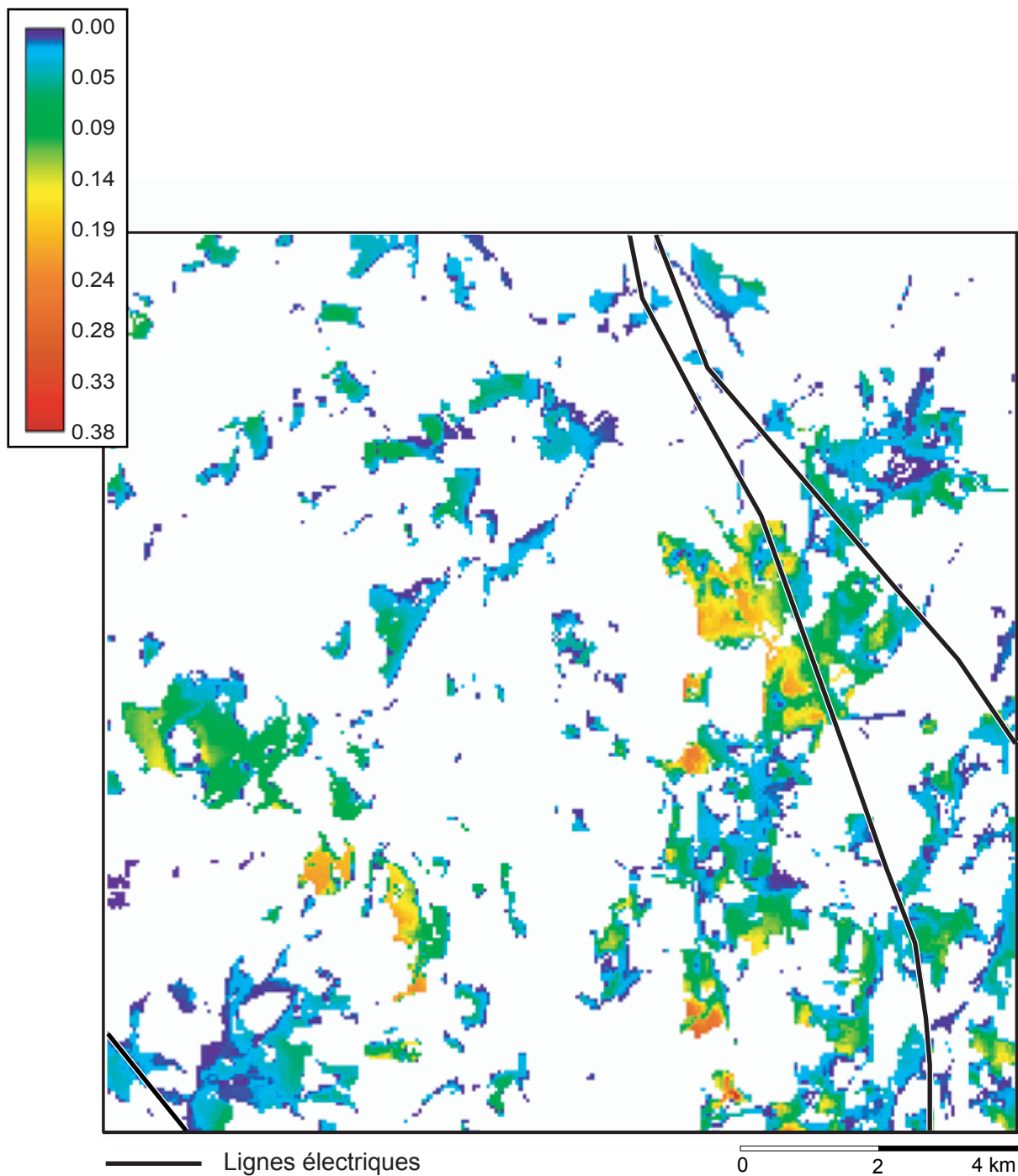
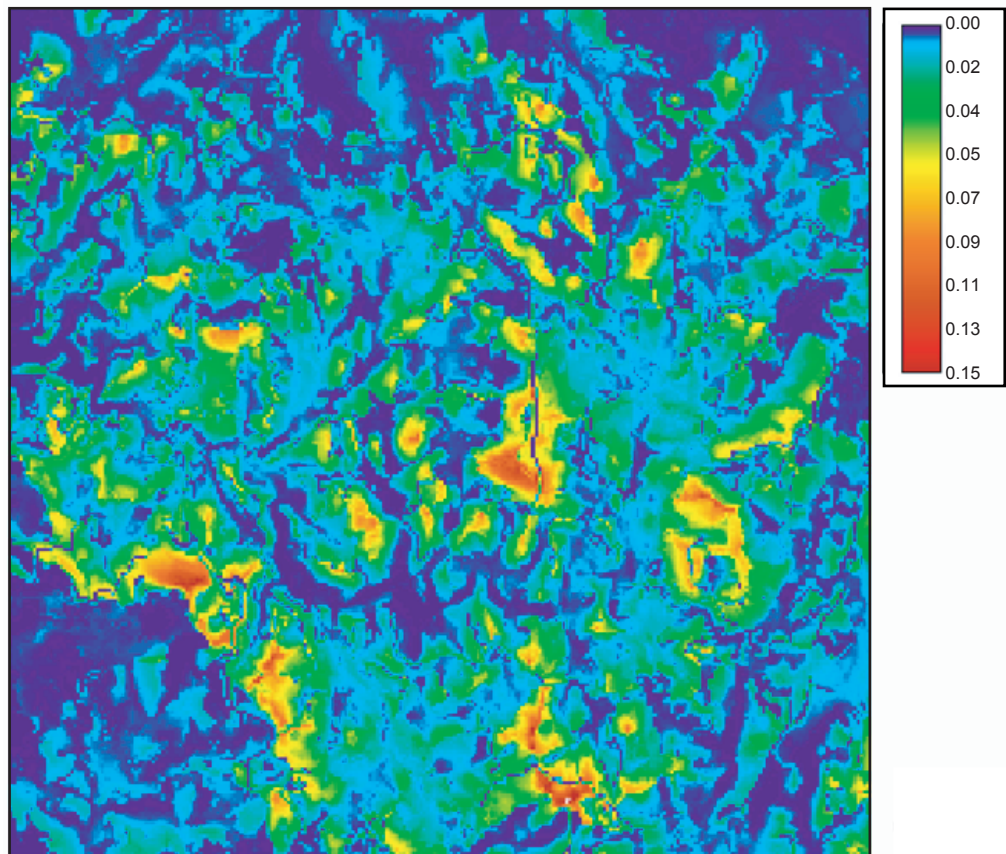
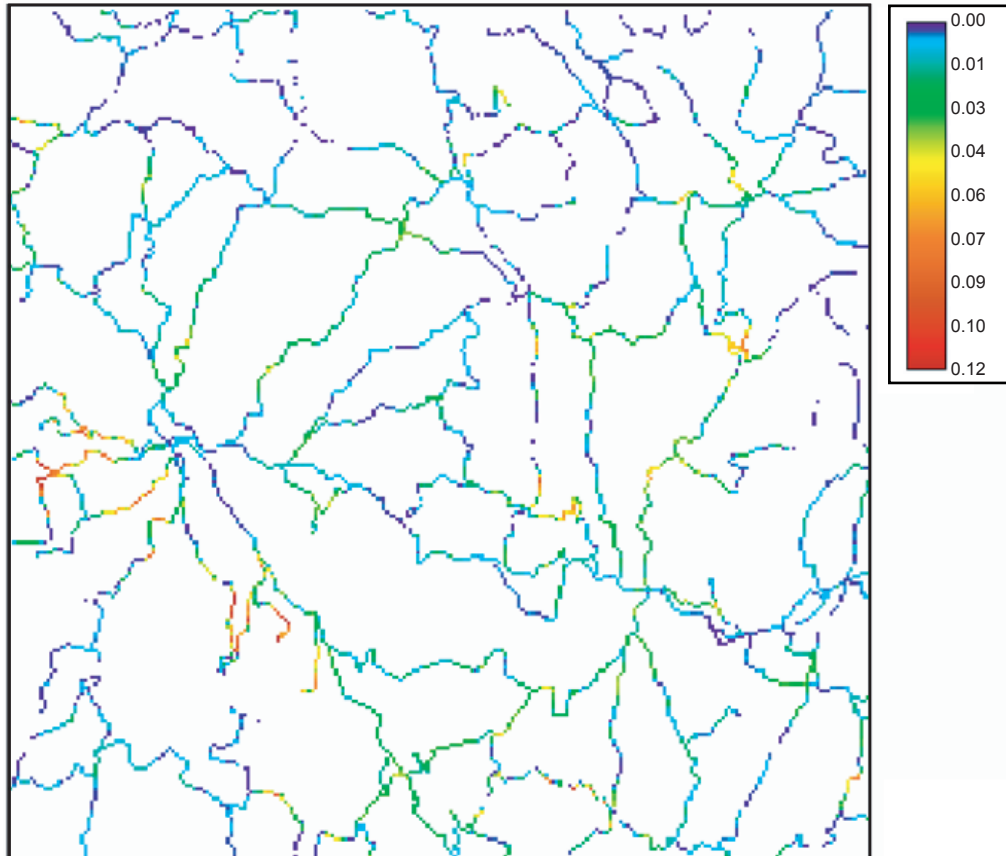


Planche 2-10 : *Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)*

a) *Fréquence de l'espace visible depuis la route*



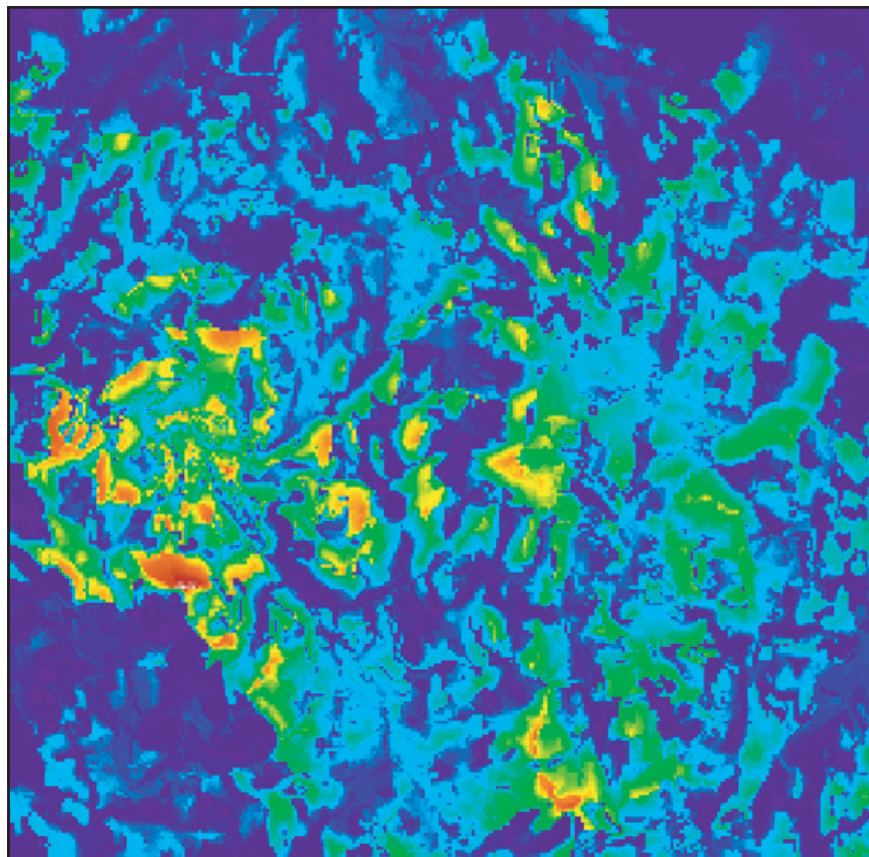
b) *Fréquence de visibilité de la route*



0 2000 4000 m

Planche 2-11 : *Visibilité depuis et vers la route (canton d'Eymoutiers)*

a) *Fréquence de l'espace visible depuis les zones bâties*



b) *Fréquence de visibilité des zones bâties (moyenne)*

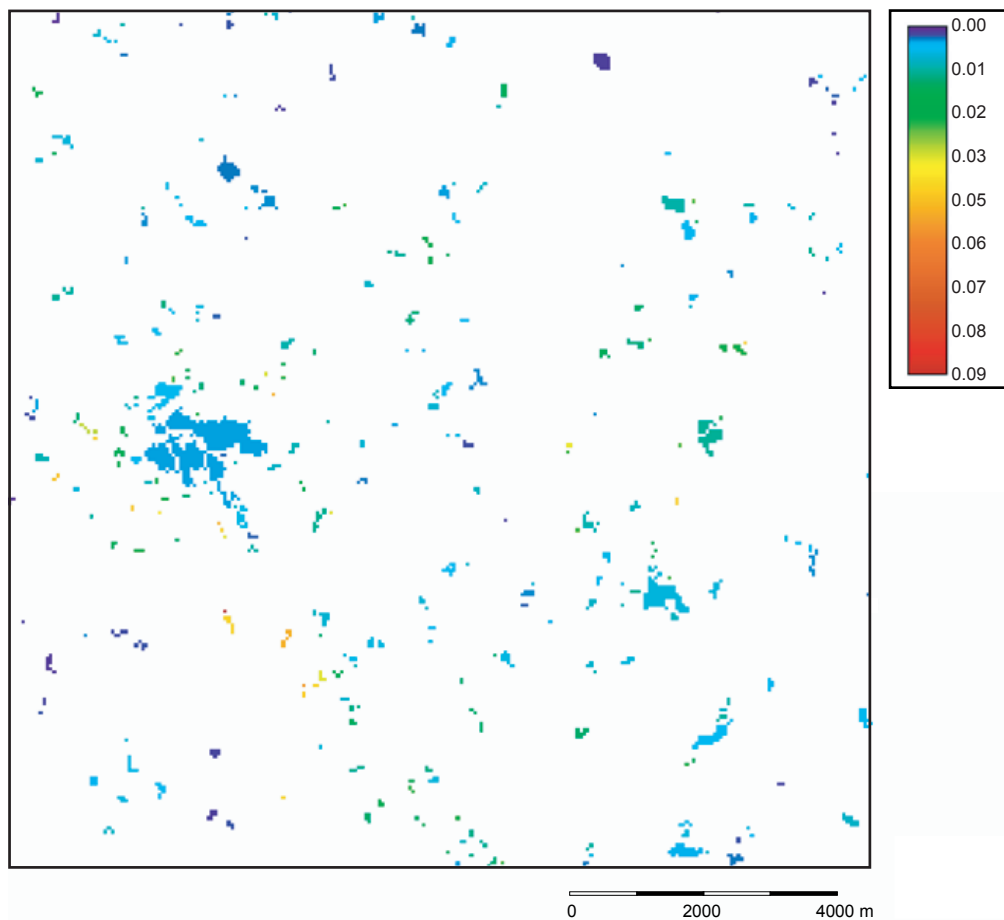


Planche 2-12 : *Visibilité depuis et sur les zones bâties (canton d'Eymoutiers)*

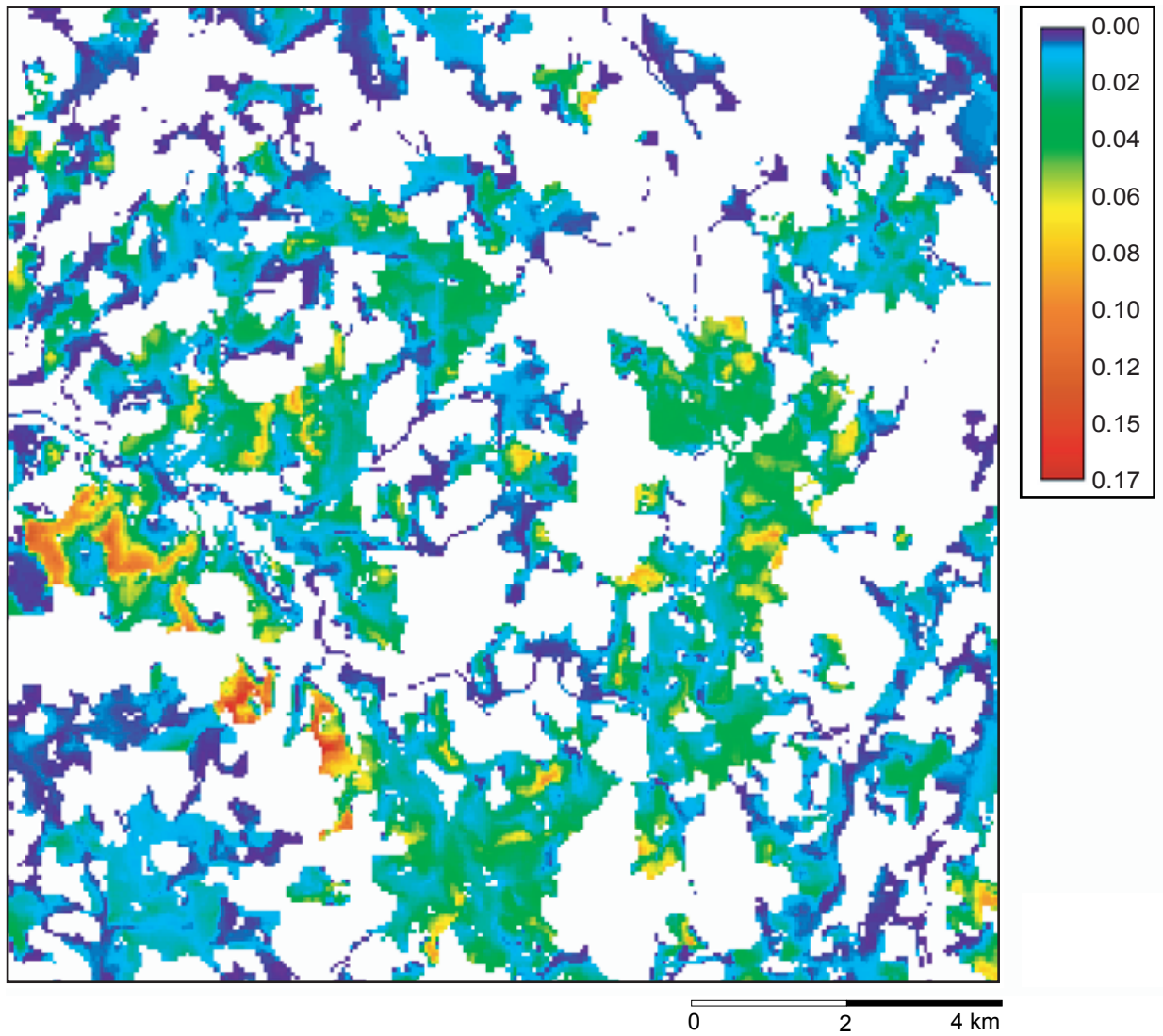


Planche 2-13 : *Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers)*

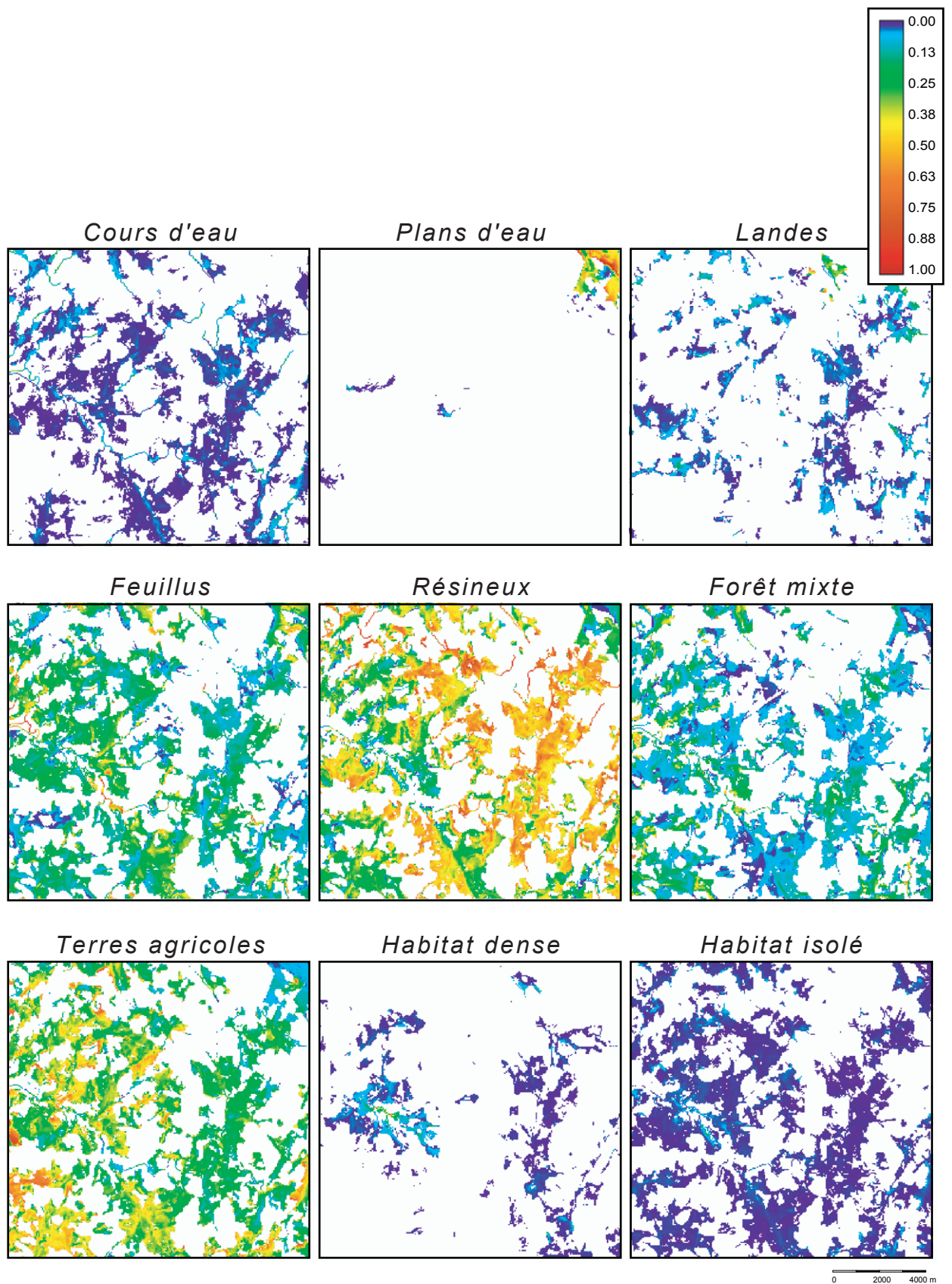
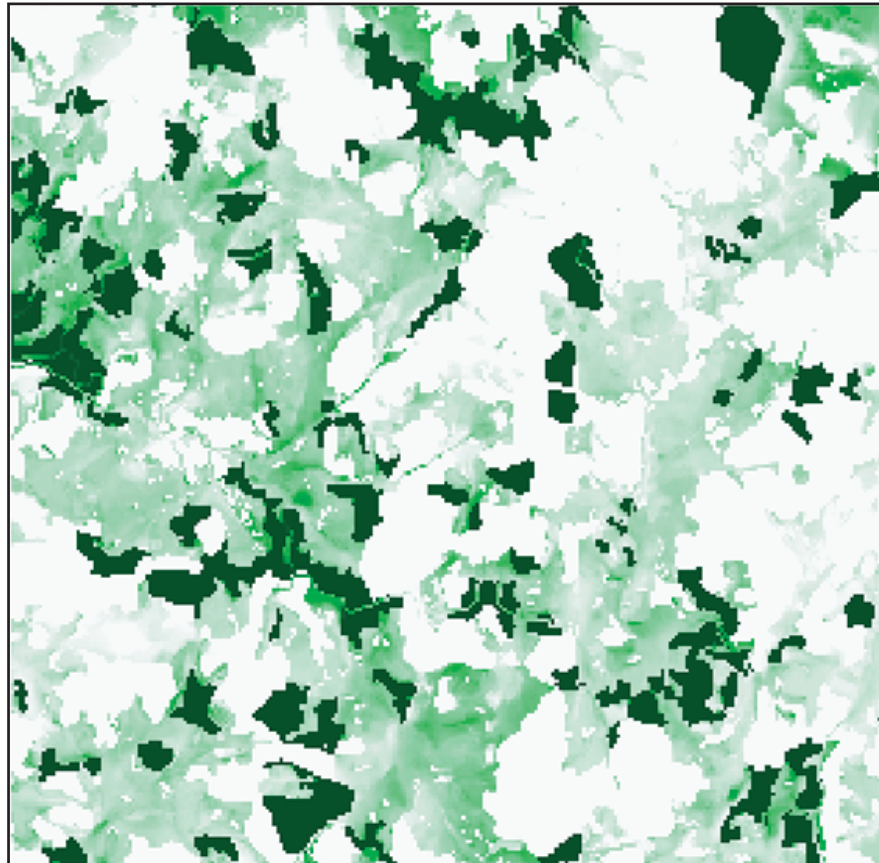
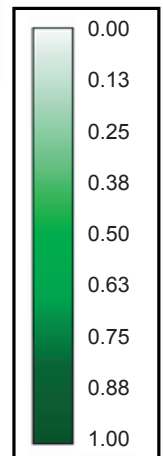
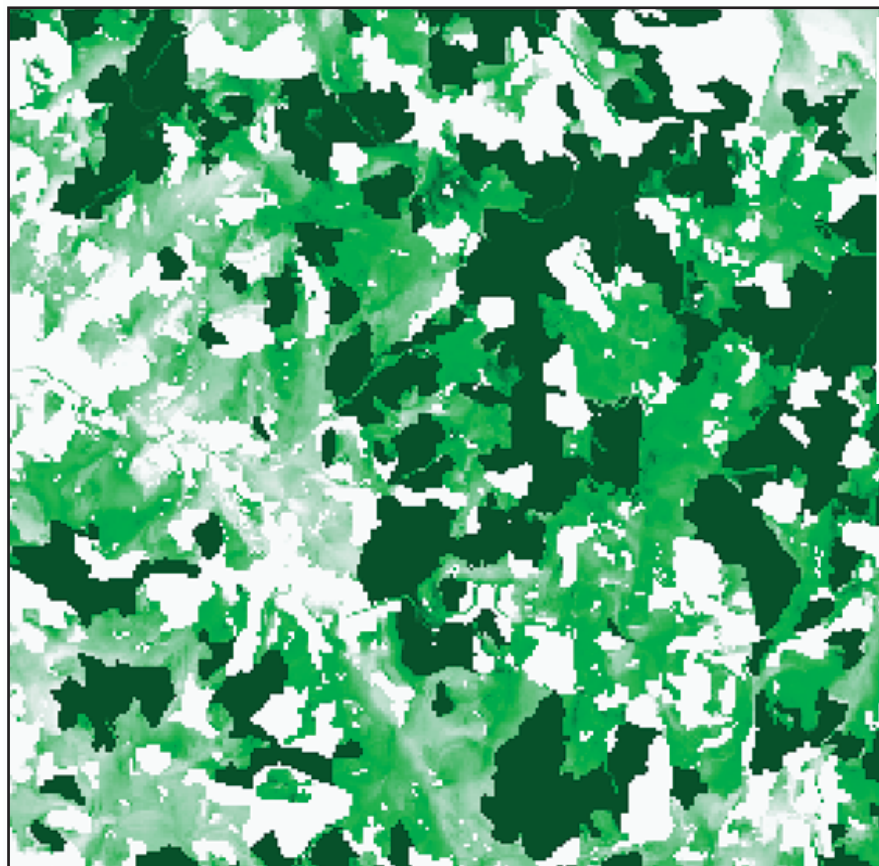


Planche 2-14 : Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (canton d'Eymoutiers)

a) Feuillus



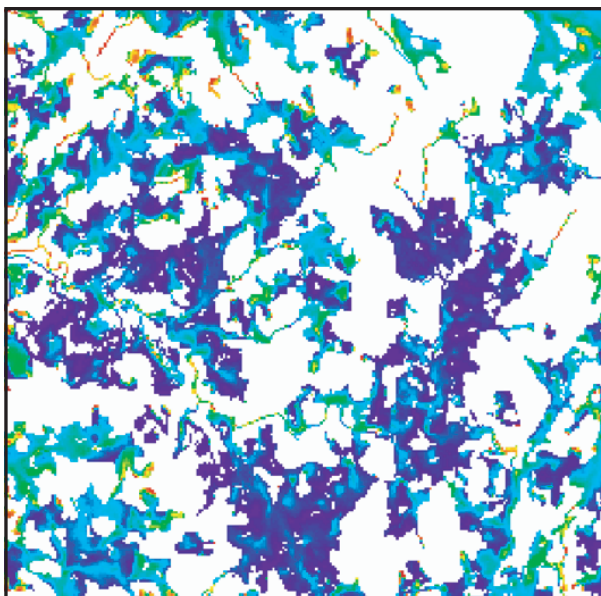
b) Résineux



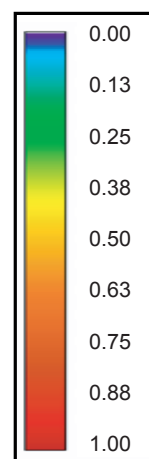
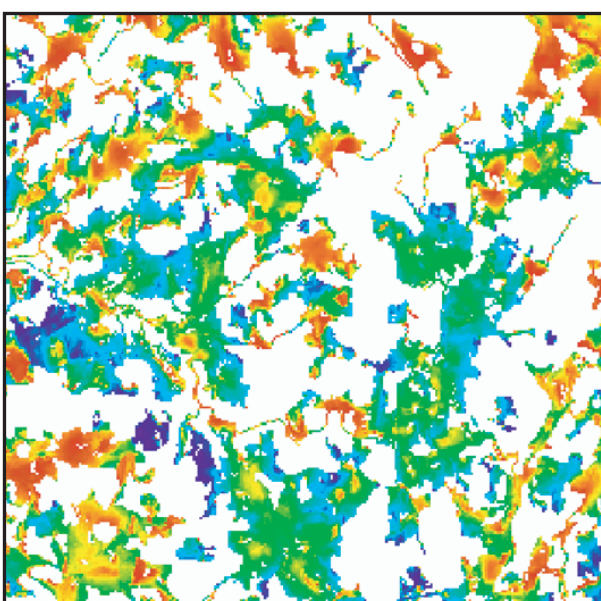
0 2000 4000 m

Planche 2-15 : *Prégnance d'une catégorie dans le paysage perceptible à Eymoutiers)*

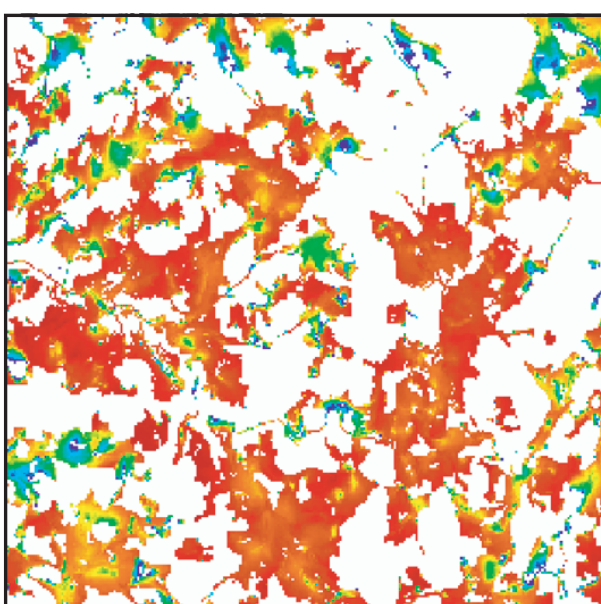
1ER PLAN



2EME PLAN



3EME PLAN



0 2000 4000 m

Planche 2-16 : Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence ; total = 1) (canton d'Eymoutiers)

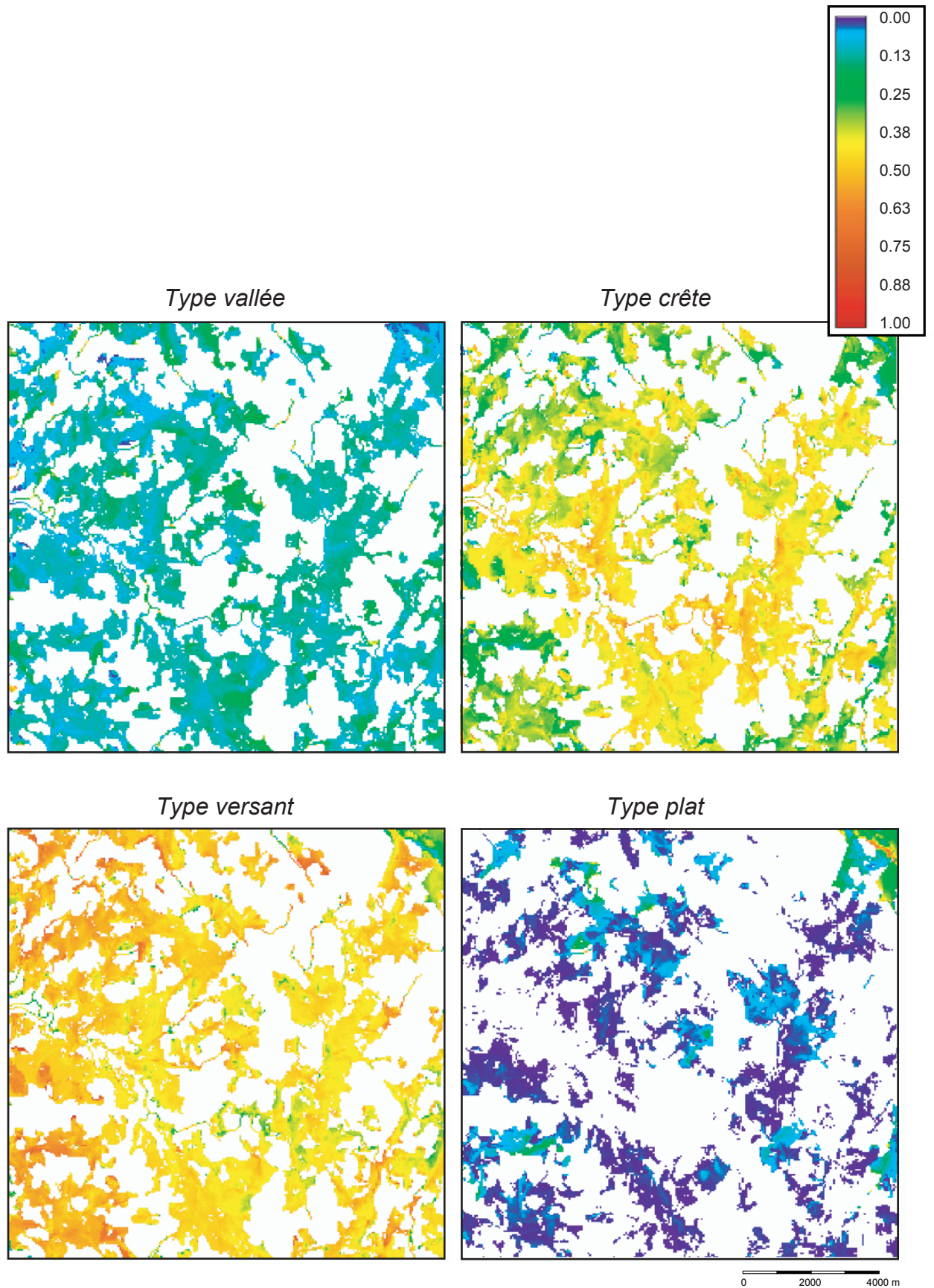
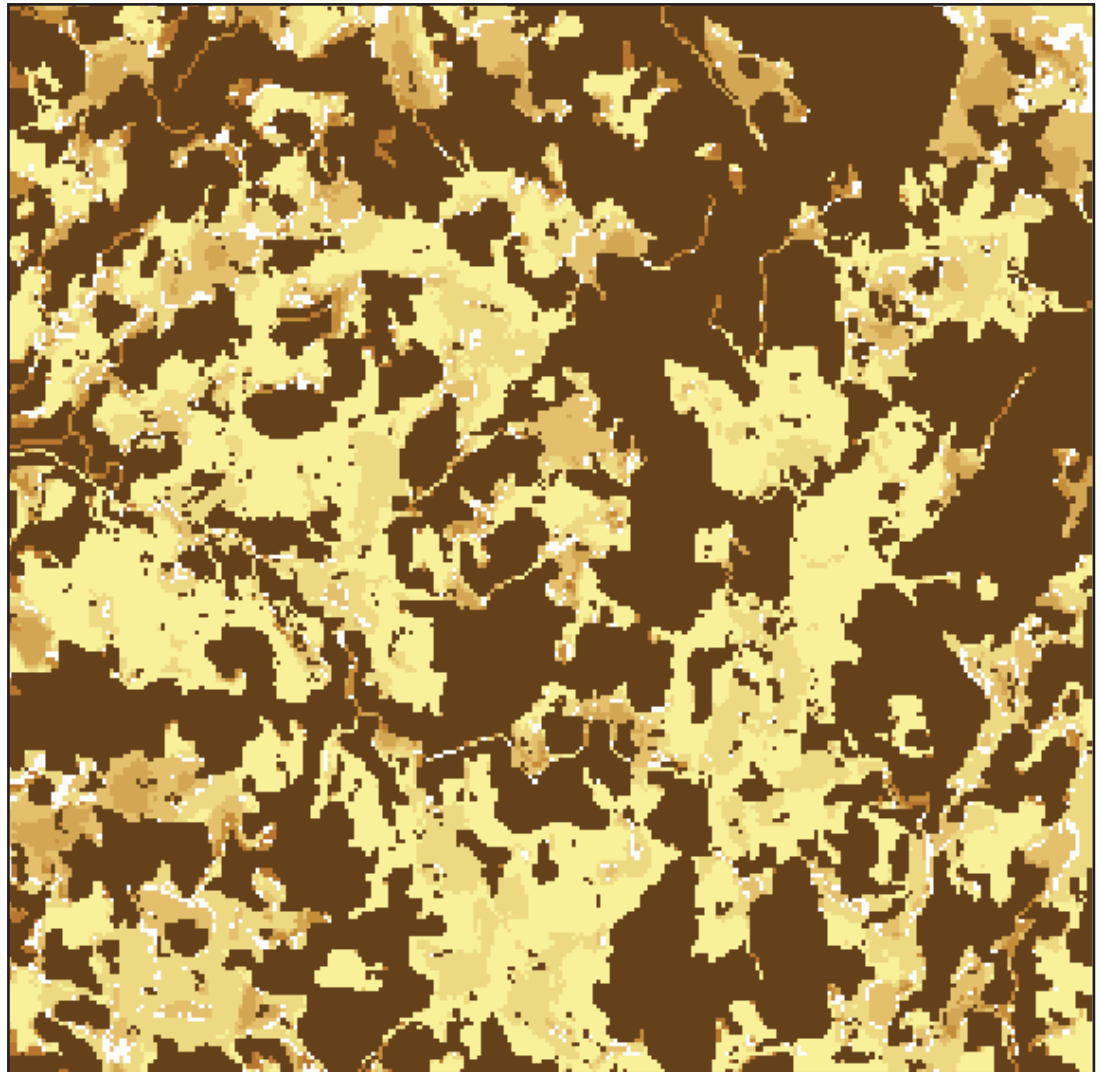
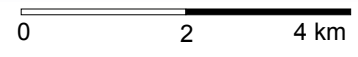
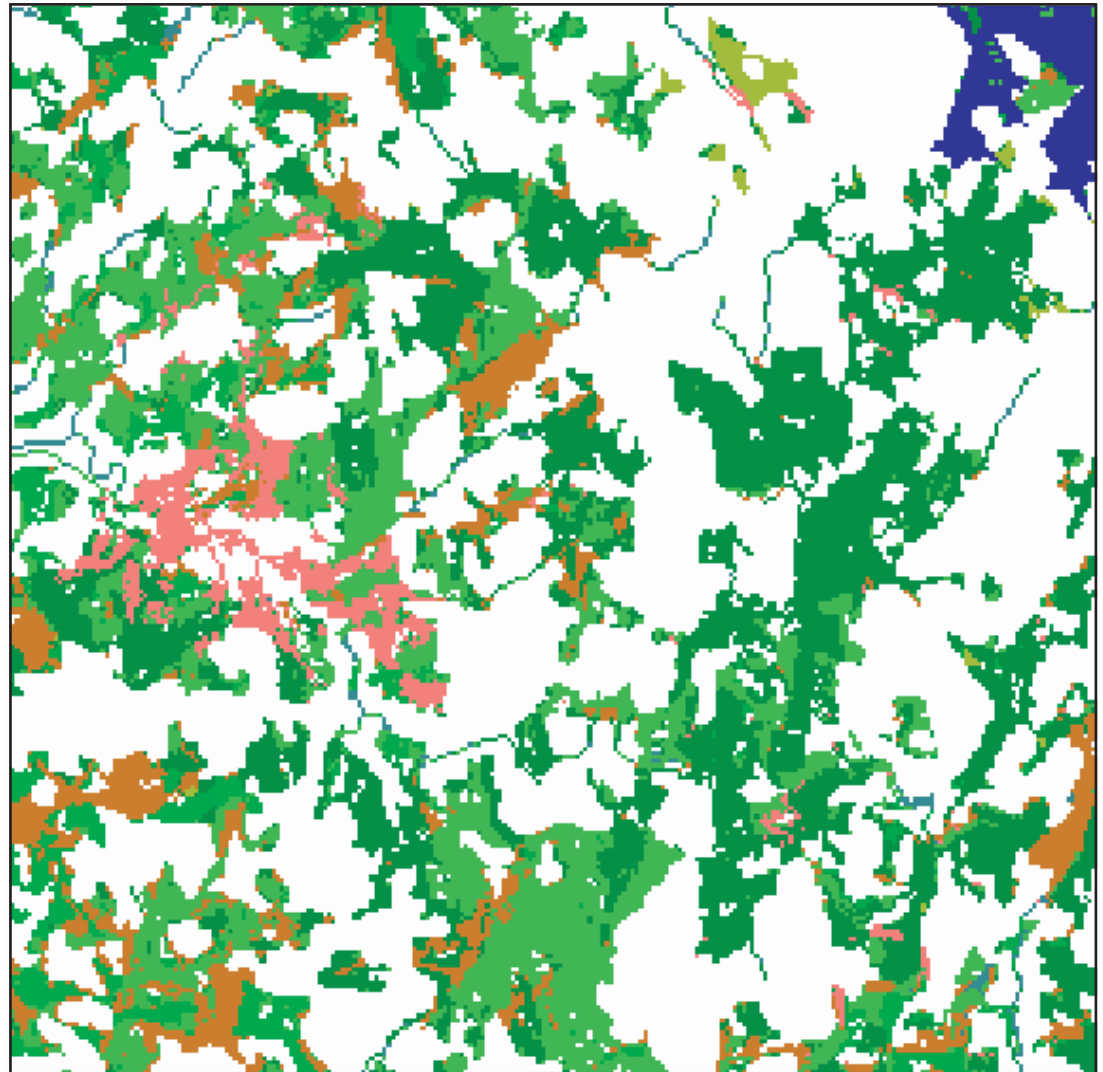


Planche 2-17 : Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence ; total = 1) (canton d'Eymoutiers)



0 2 4 km

Planche 2-18 : *Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)*












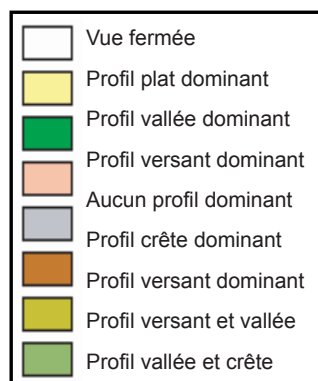
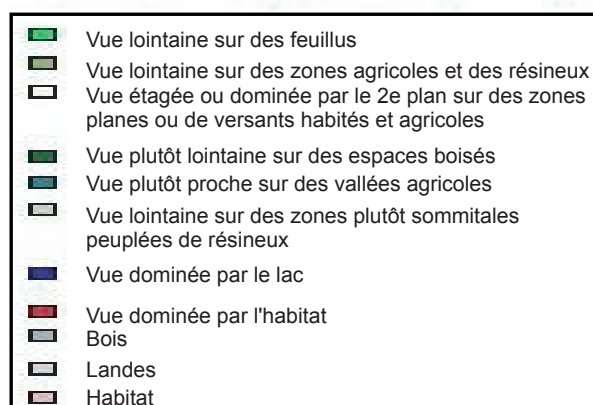
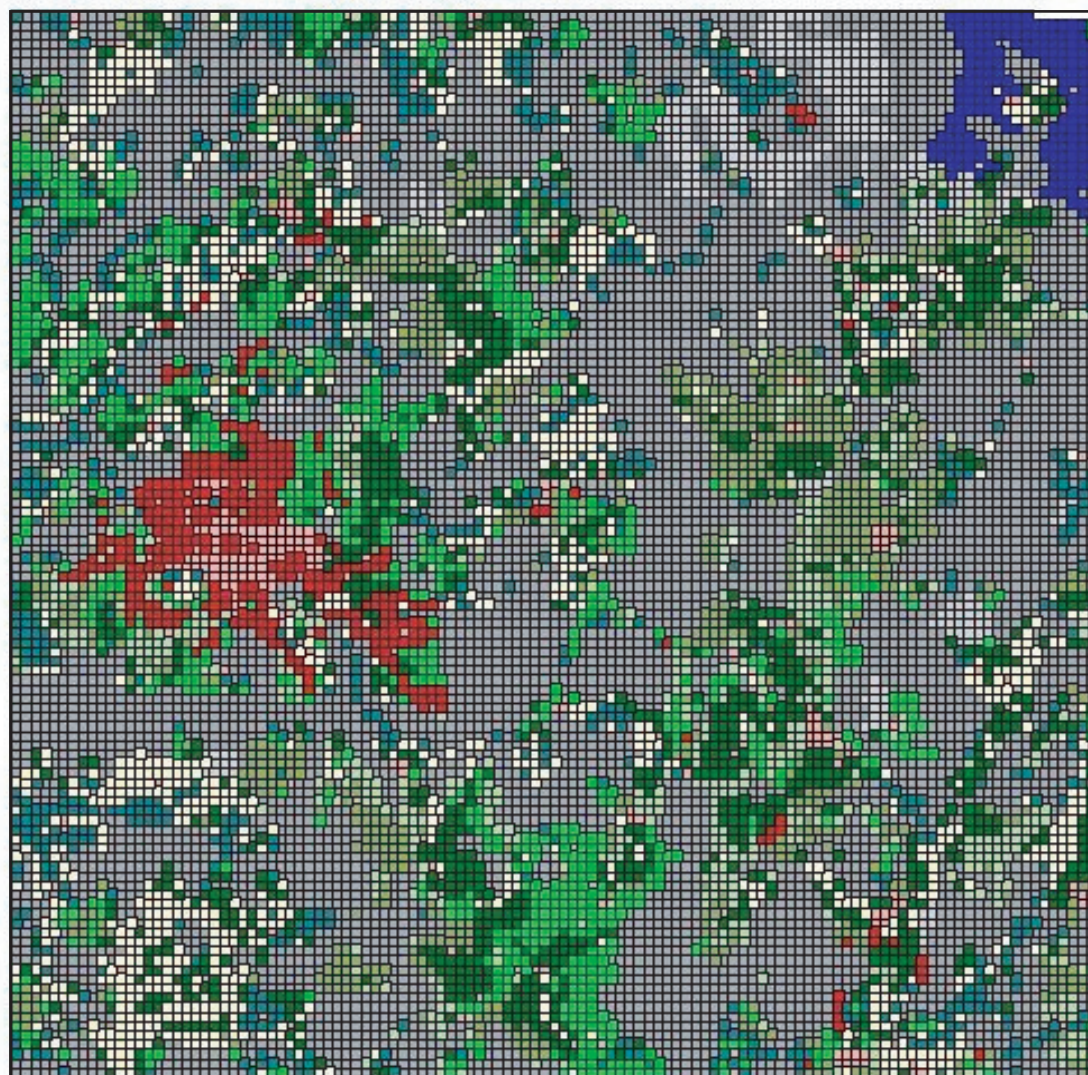
	Vue fermée
	Landes
	Habitat
	Plan d'eau
	Zones agricoles et habitat isolé
	Résineux et landes
	Feuillus, zones agricoles et habitat isolé
	Cours d'eau et feuillus
	Forêt mixte et zones agricoles

Planche 2-19 : Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)



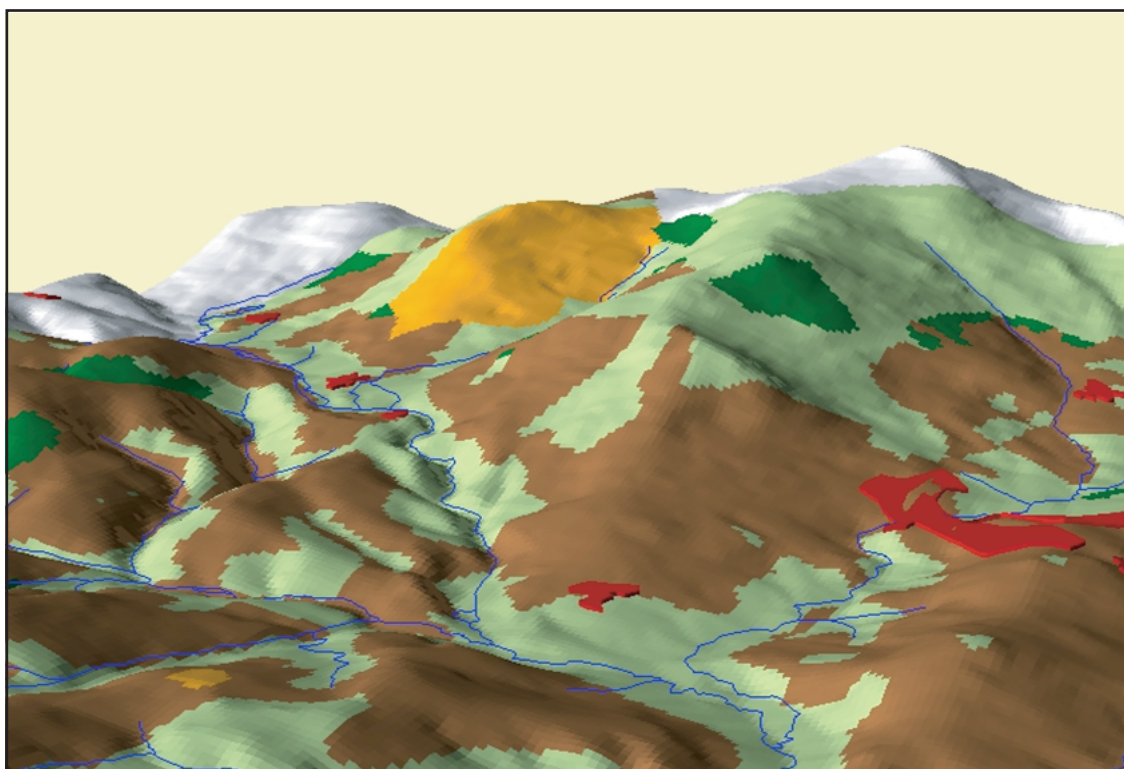
0 2 4 km

Planche 2-20 : Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)



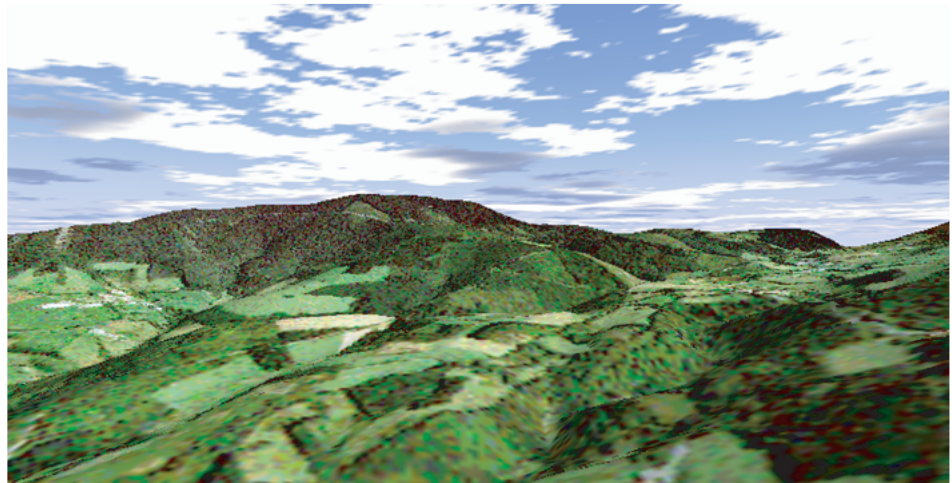
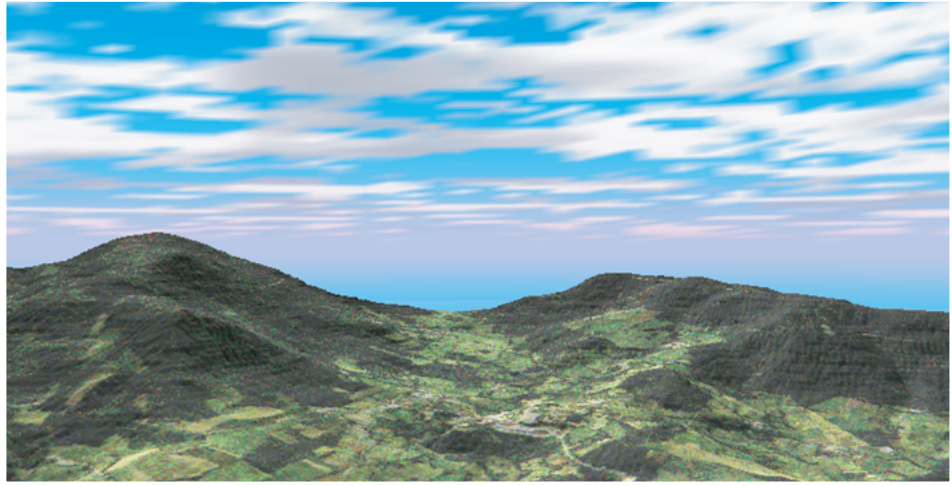
0 2 4 km

Planche 2-21 : *Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)*



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	maquette BD associée
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	simple ombrage
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol et l'hydrographie / extrusion des villages symbolique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique
<i>Prise de vue</i>		légèrement plongeante
<i>Composants</i>		occupation du sol simplifiée en mode raster/ MNT 10 m / Réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (63)
<i>Générateur</i>		ArcView 3.2
<i>Auteur</i>		Thierry Joliveau, CRENAM

Planche 2-22 : Exemple de vue paysagère numérique



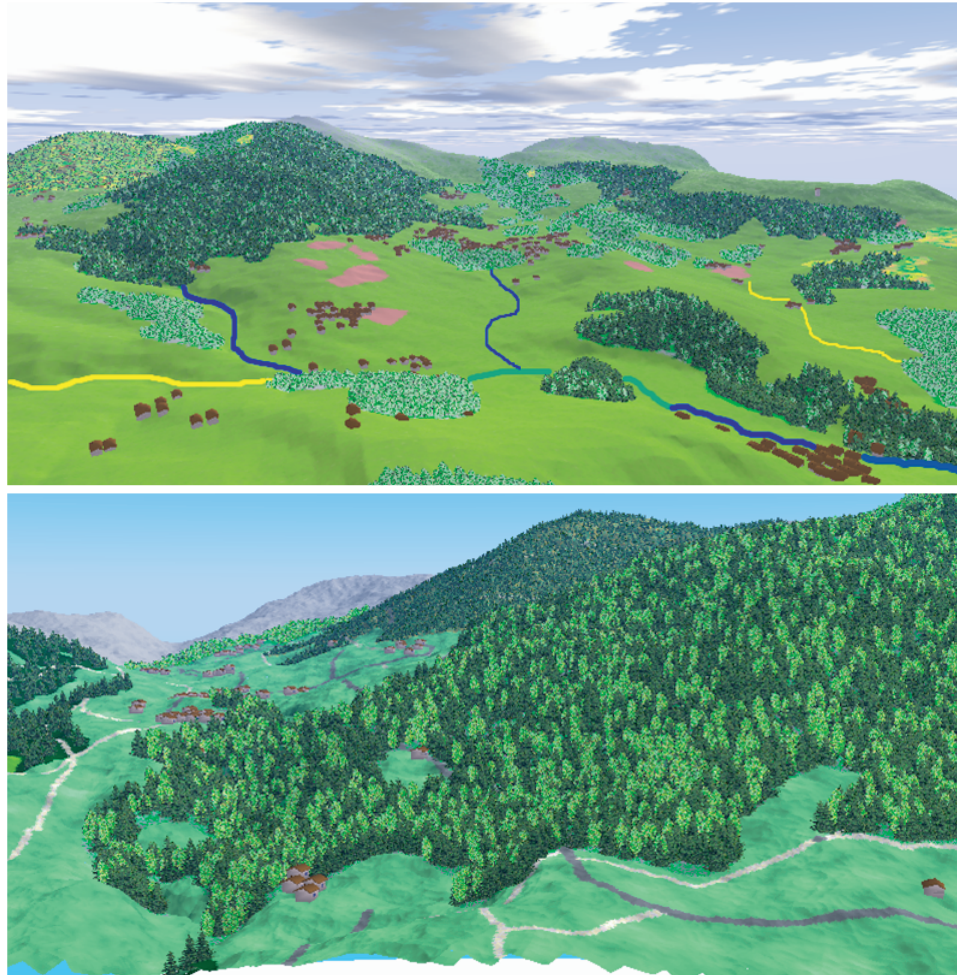
<i>Vue</i>	Séquence : Information :	image fixe aucune
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	simple ombrage, ciel et nuages
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol analogique
<i>Point de vue</i>		aérien horizontal
<i>Prise de vue</i>		horizontale
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m / réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (43)
<i>Générateur</i>		Genesis
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	déplacement continu aucune
<i>Scène</i>	Type :	simple
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol analogique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique
<i>Prise de vue</i>		plongante
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m
<i>Localisation</i>		Saint-Etienne (42)
<i>Générateur</i>		Geolmage Space Eyes 3D
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-24 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	image fixe aucune
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	composite ombrage, ciel et nuages
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs et textures pour l'occupation du sol, les routes et le réseau hydrographique / maisons : objets 3D / arbres : objets 2D analogique
<i>Point de vue</i>		aérien horizontal
<i>Prise de vue</i>		horizontale
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m / réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (43)
<i>Générateur</i>		Genesis
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-25 : *Exemple de vue paysagère numérique*



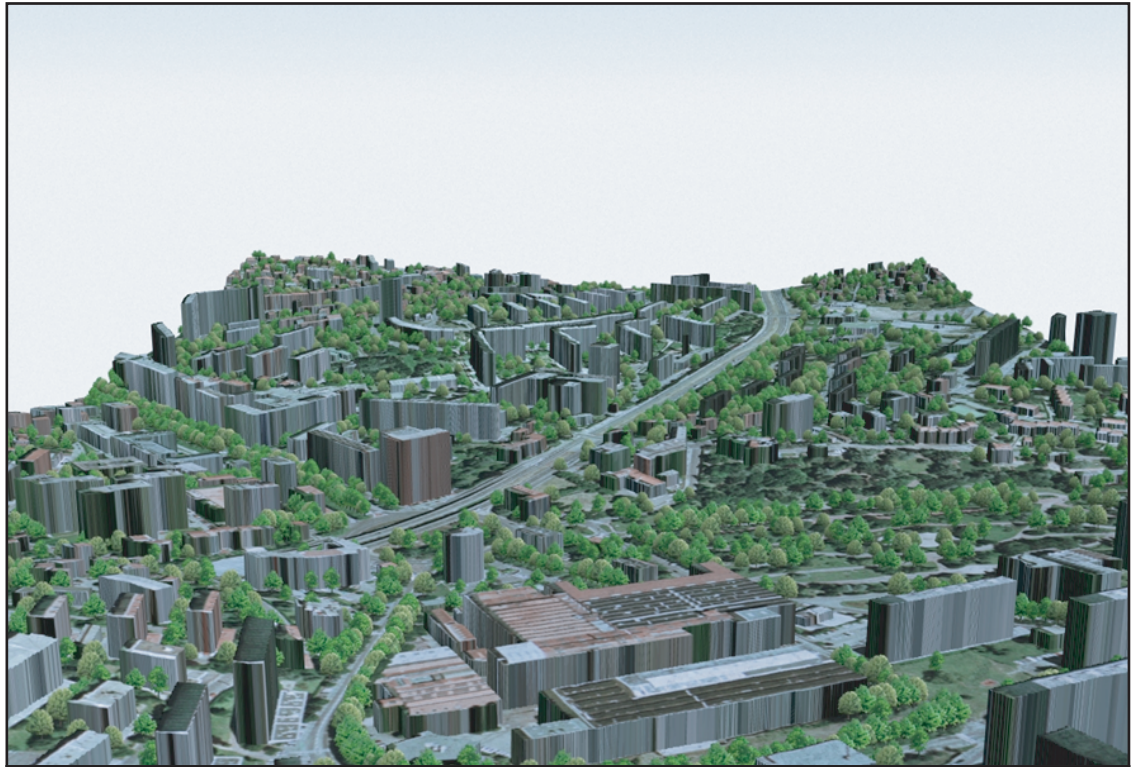
<i>Vue</i>	Séquence : Information :	déplacement continu étiquettes associées
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	composite ombrage, ciel et nuages
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	textures pour occupation du sol, routes et hydrographie / maisons : objets 3D / arbres : objets 2D réaliste
<i>Point de vue</i>		aérien oblique, plus ou moins près du sol
<i>Prise de vue</i>		horizontale ou légèrement surplombante
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de fichiers vecteurs polygones / hydrographie et routes sous forme de fichiers vecteurs linéaires / MNT 10 m
<i>Localisation</i>		Eymoutiers (97)
<i>Générateur</i>		WCS
<i>Auteur</i>		G. Chatagnon, P. Belvèze, CRENAM

Planche 2-26 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	déplacement continu étiquettes associées
<i>Scène</i>	Type :	composite ciel, ombrage
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol / maisons : objets 3D génériques / arbres : objets 2D réaliste et analogique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique, près du sol
<i>Prise de vue</i>		légèrement surplombante
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne BD Ortho IGN, image bitmap
<i>Localisation</i>		Viscomtat (63)
<i>Générateur</i>		Visual Nature Studio
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-27 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	maquette avec visualiseur, déplacement continu étiquettes associées
<i>Scène</i>	Type :	composite ombrage
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol / extrusion hauteur des bâtiments (BD Topo IGN) arbres : objets 2D réaliste et analogique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique
<i>Prise de vue</i>		légèrement surplombante
<i>Composants</i>		occupation du sol = photographie aérienne BD Ortho IGN, image bitmap / zones boisées = fichiers vecteurs polygones
<i>Localisation</i>		Saint-Etienne (42)
<i>Générateur</i>		Visual Nature Studio
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-28 : Exemple de vue paysagère numérique

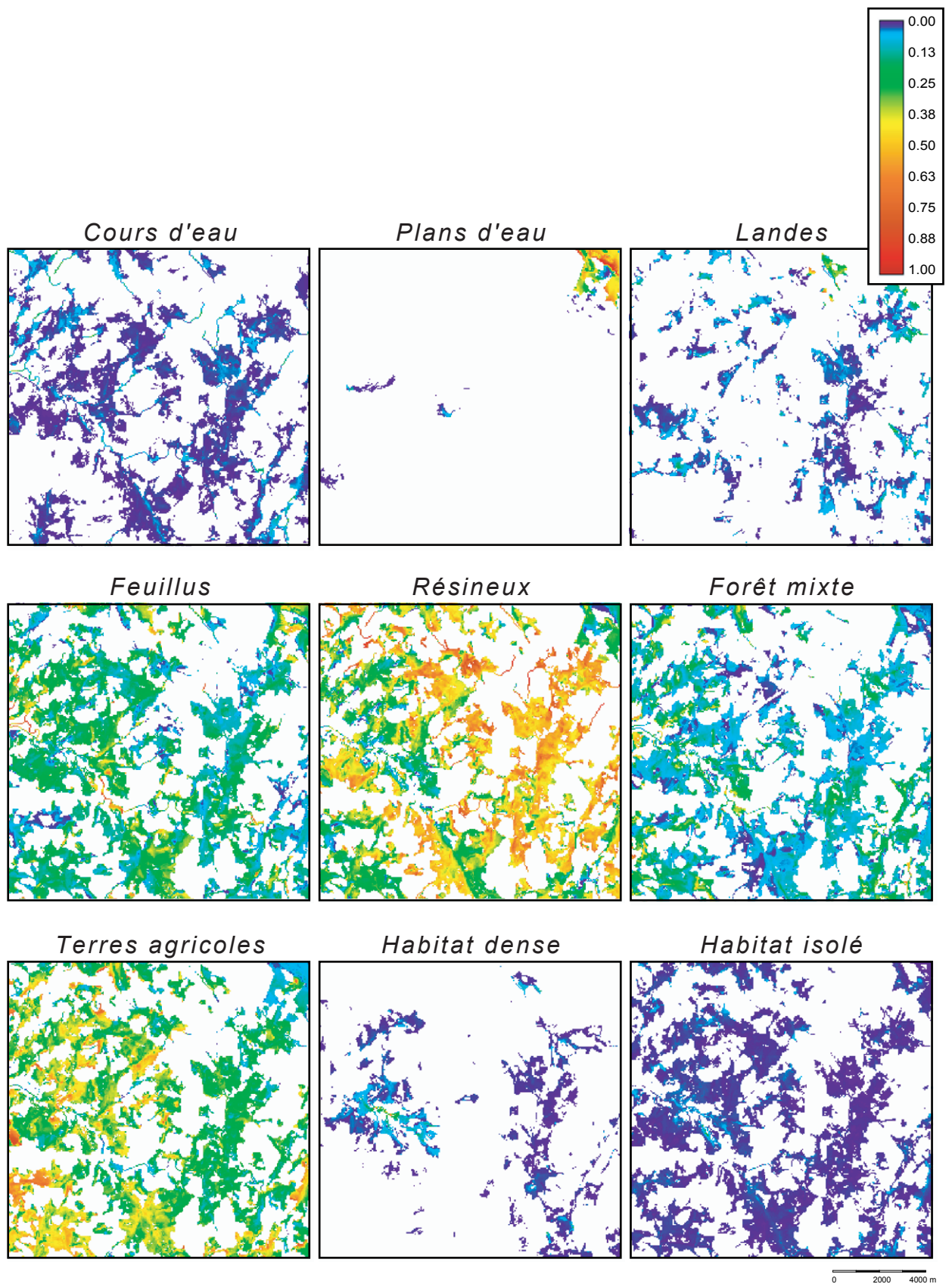
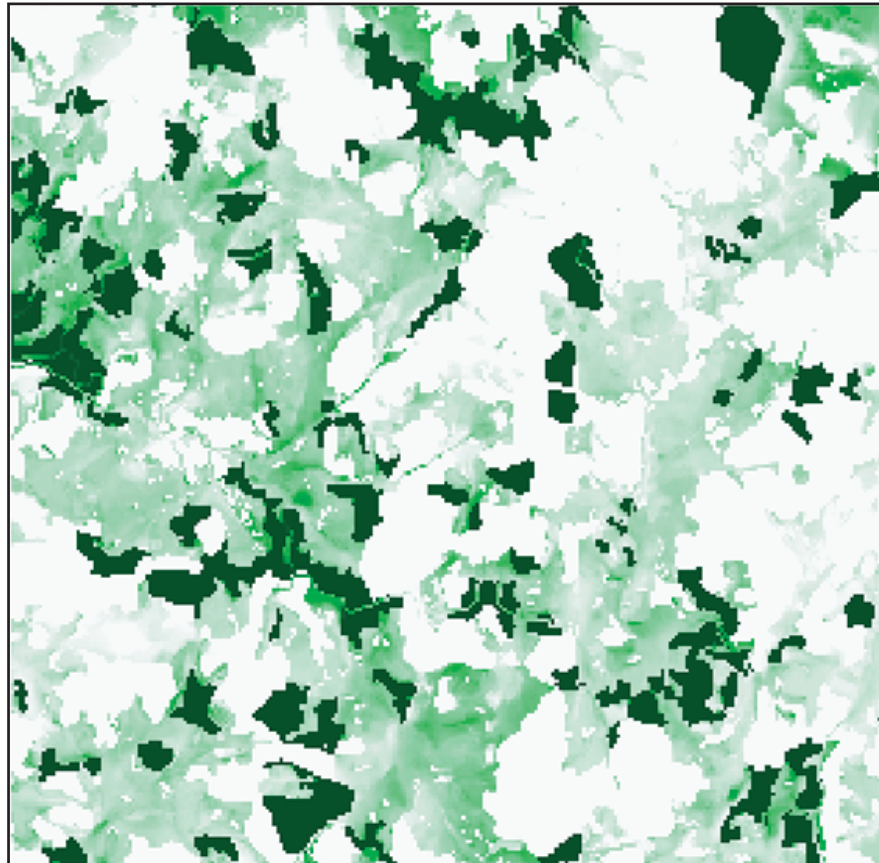
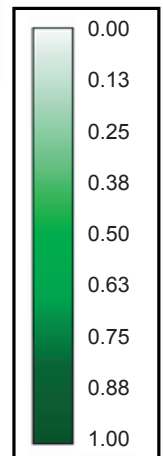
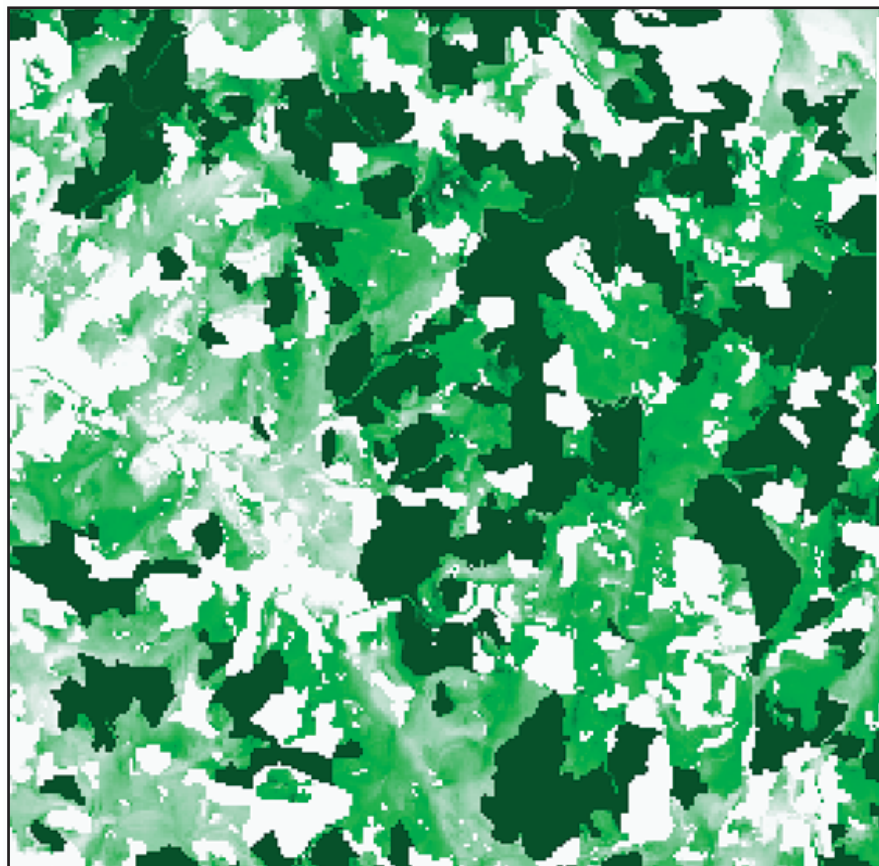


Planche 2-14 : Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (canton d'Eymoutiers)

a) Feuillus



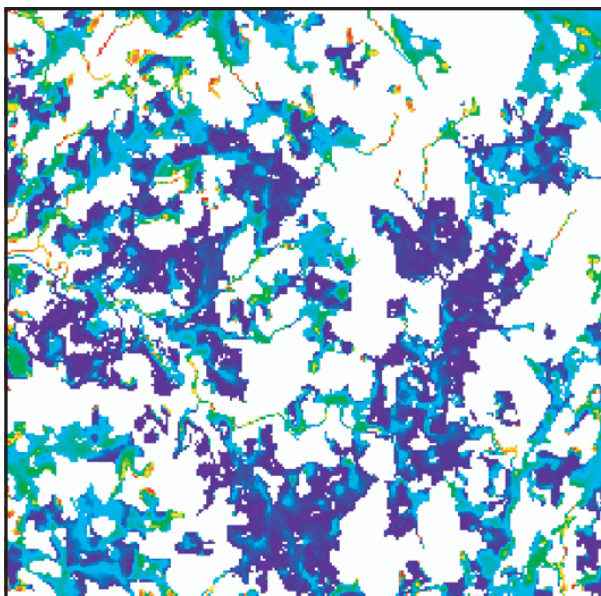
b) Résineux



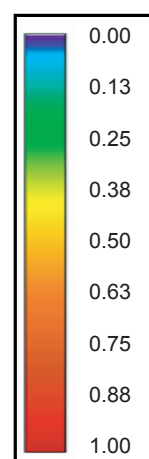
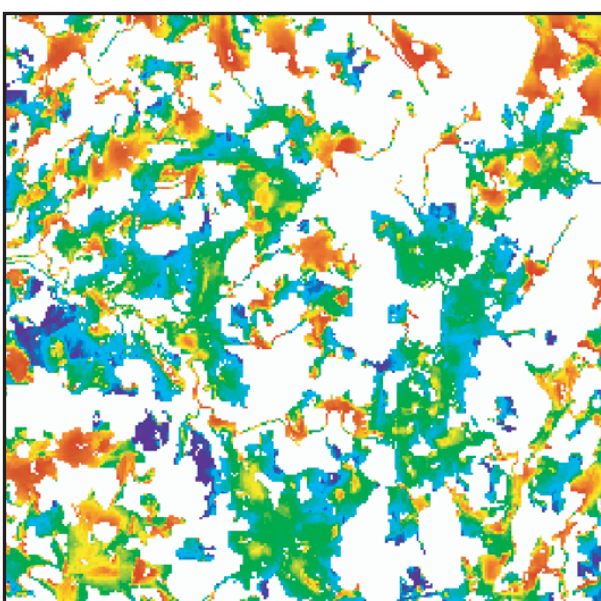
0 2000 4000 m

Planche 2-15 : *Prégnance d'une catégorie dans le paysage perceptible à Eymoutiers)*

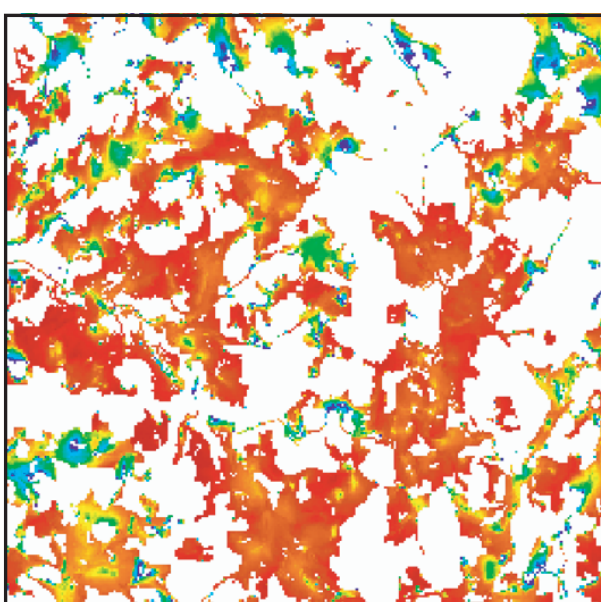
1ER PLAN



2EME PLAN



3EME PLAN



0 2000 4000 m

Planche 2-16 : Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence ; total = 1) (canton d'Eymoutiers)

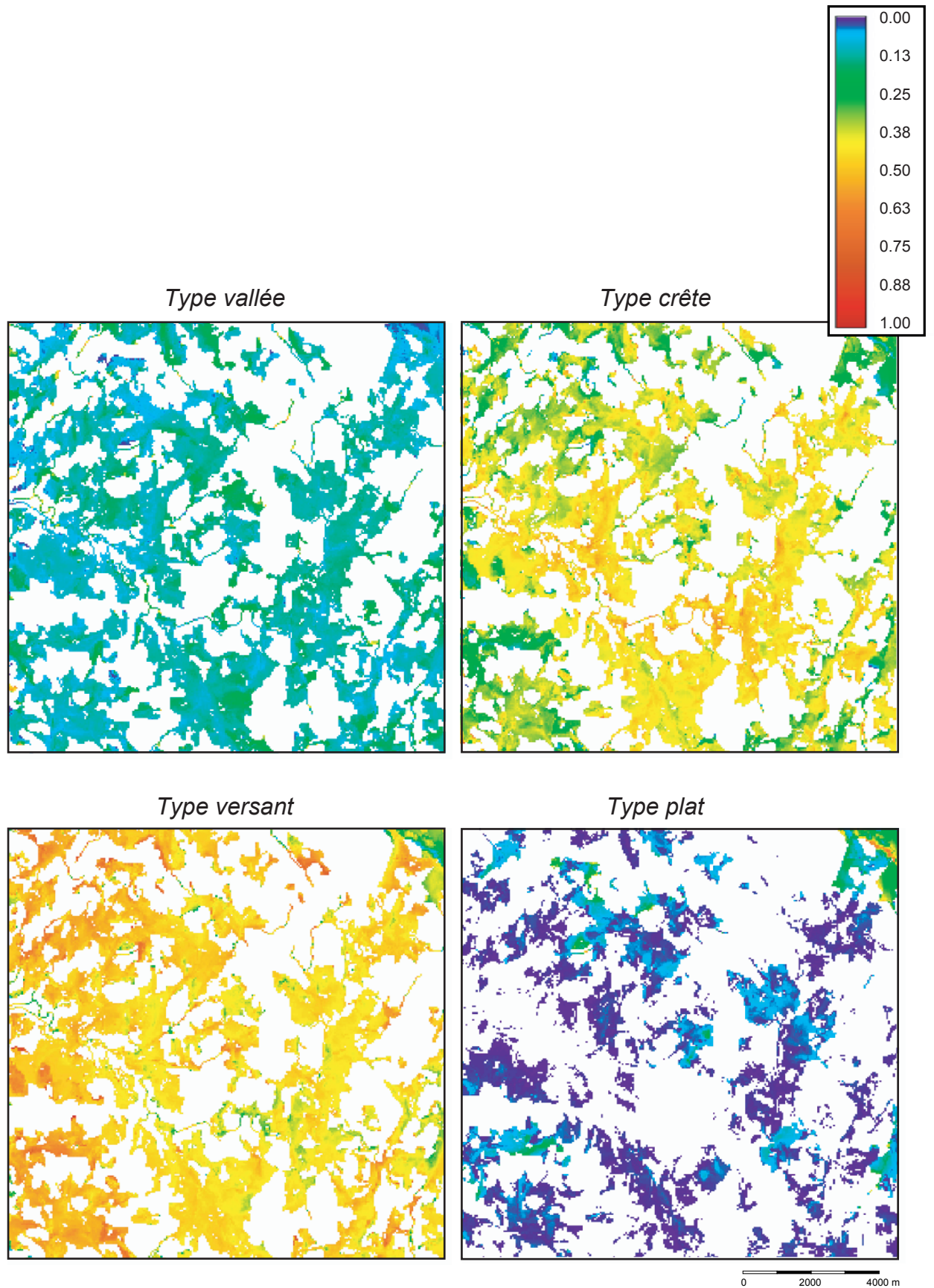
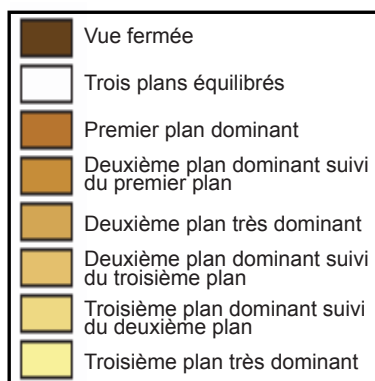
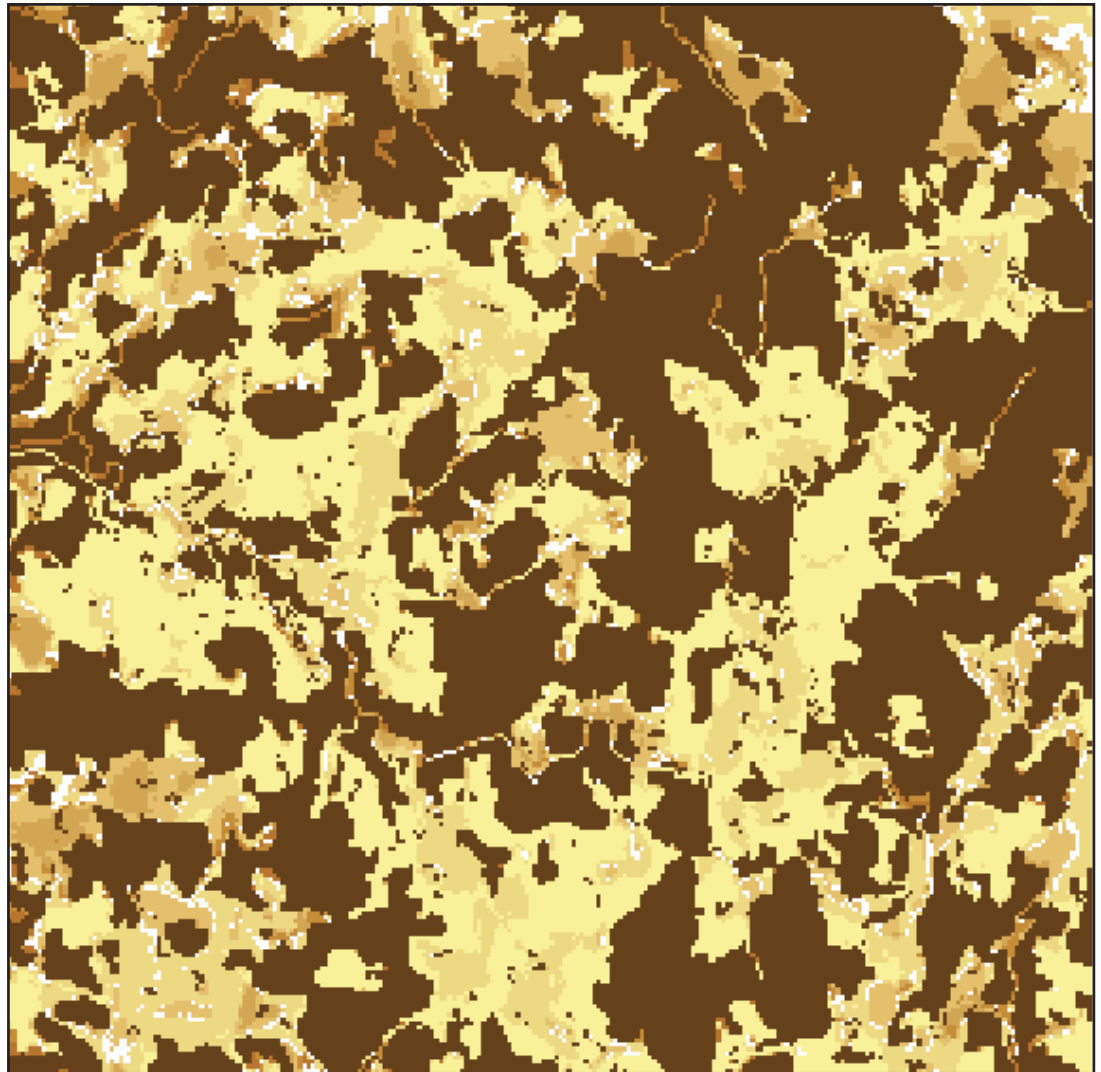
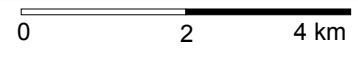
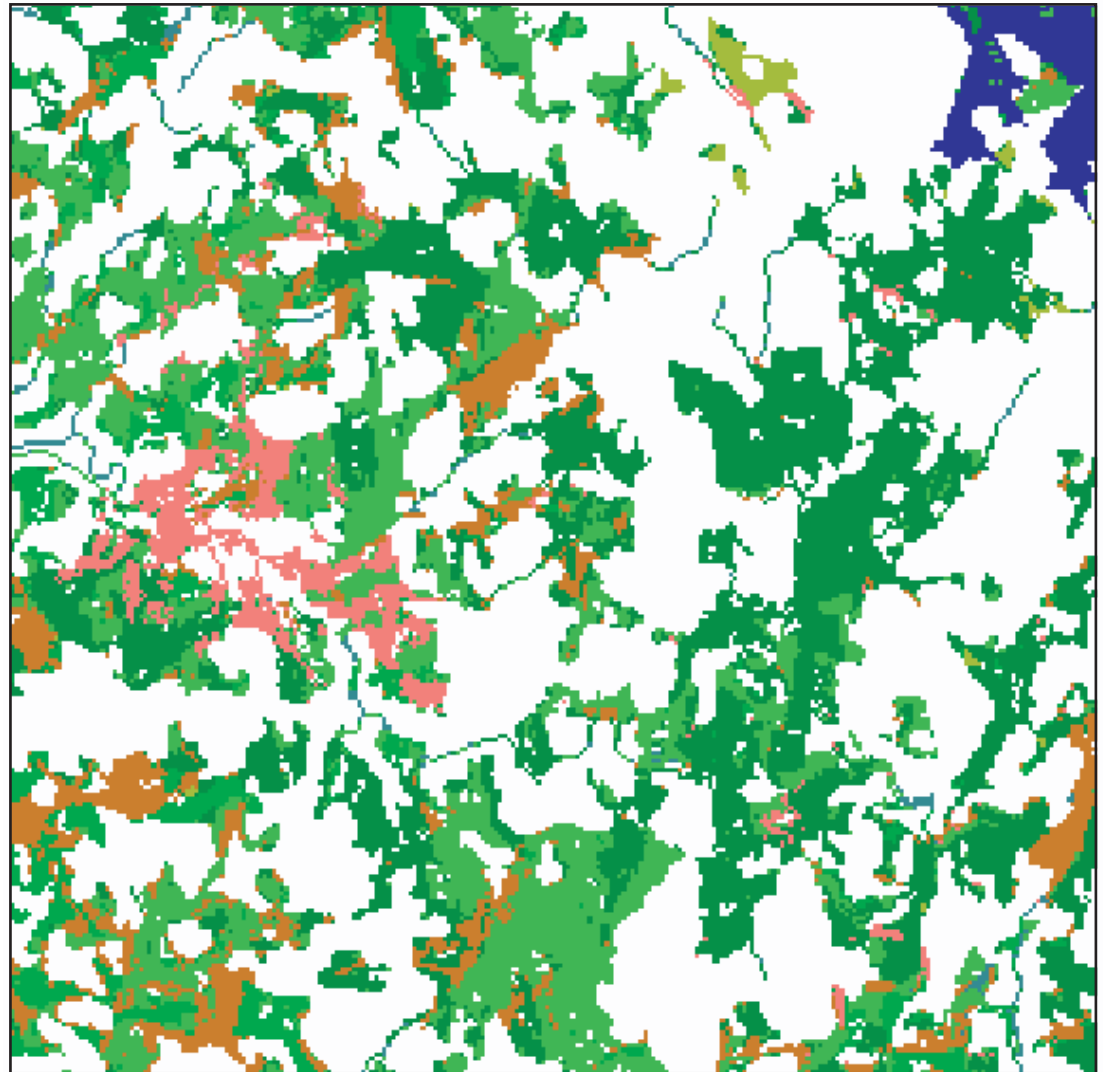


Planche 2-17 : Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence ; total = 1) (canton d'Eymoutiers)



0 2 4 km

Planche 2-18 : *Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)*












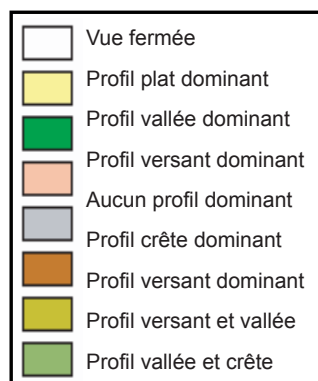
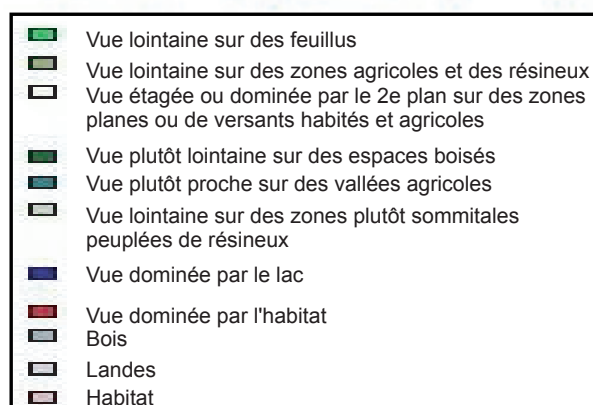
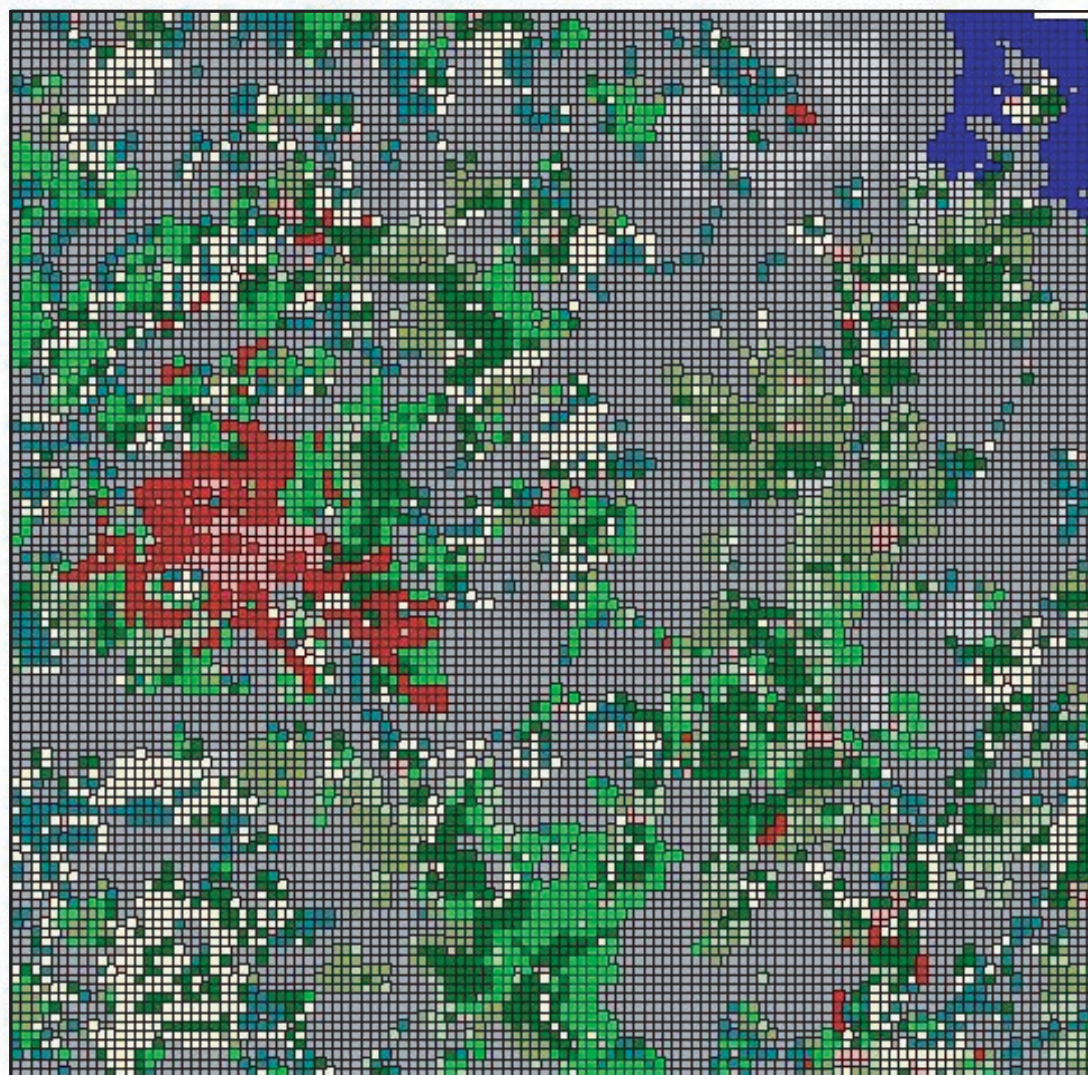
	Vue fermée
	Landes
	Habitat
	Plan d'eau
	Zones agricoles et habitat isolé
	Résineux et landes
	Feuillus, zones agricoles et habitat isolé
	Cours d'eau et feuillus
	Forêt mixte et zones agricoles

Planche 2-19 : Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)



0 2 4 km

Planche 2-20 : Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)



0 2 4 km

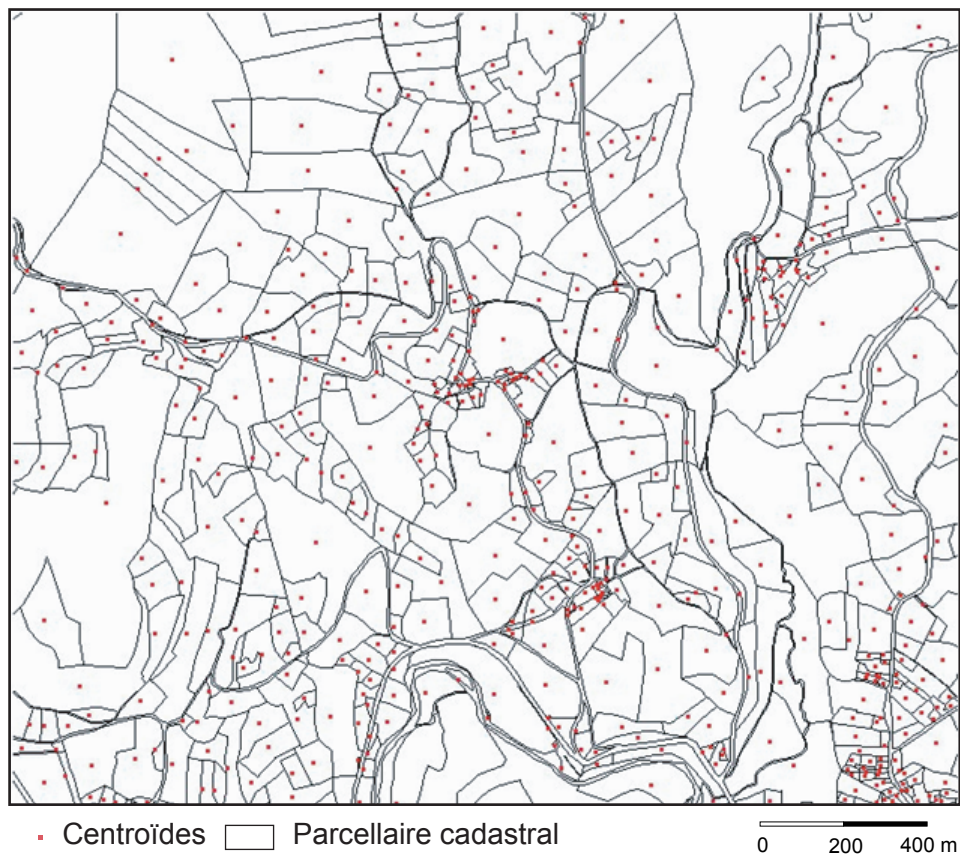
Planche 2-21 : Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)

4. Planches cartographiques

Planche 2-1. Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Neddes (canton d'Eymoutiers. a) Comparaison avec une saisie polygone. b) Visualisation à l'échelle de la commune	161
Planche 2-2. Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m /ha) (Eymoutiers)	163
Planche 2-3. Évolution de l'occupation du sol (Viscomtat).....	165
Planche 2-4. Du MNT aux pentes (Eymoutiers).....	167
Planche 2-5. Profils topographiques théoriques à deux échelles (Eymoutiers)	169
Planche 2-6. Calcul de distance-temps par la route (Eymoutiers)	171
Planche 2-7. L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon	173
Planche 2-8. a) Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat a) depuis 4 points. b) depuis 3 hameaux	175
Planche 2-9. Région d'Eymoutiers, Scan100 IGN, Chambre d'Agriculture de la Vienne	177
Planche 2-10. Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers).....	179
Planche 2-11. Visibilité des routes (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel de la route. b) Ampleur de la vue depuis la route.....	181
Planche 2-12. Visibilité des zones bâties (canton d'Eymoutiers). a) Impact visuel des zones bâties. b) Ampleur de la vue depuis les zones bâties	183
Planche 2-13 . Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers).....	185
Planche 2-14. Part des différents types d'occupation du sol dans la vue en chaque point (fréquences, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	187
Planche 2-15 : Prégnance d'une catégorie dans le paysage visible (Canton d'Eymoutiers)....	189
Planche 2-16 Part des différents plans dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers).....	191
Planche 2- 17. Part des différents types morphologiques dans la vue en chaque point (en fréquence, total = 1) (Canton d'Eymoutiers)	193
Planche 2-18. Types d'étalement des plans dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	195
Planche 2- 19. Occupation du sol dominante dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	197
Planche 2-20. Profil topographique dominant dans la vue depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers).....	199
Planche 2-21. Types de vues paysagères depuis les espaces ouverts (Canton d'Eymoutiers)..	201
Planche 2-22. Exemple de vue paysagère numérique	203
Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique	205

Planche 2-24. Exemple de vue paysagère numérique	207
Planche 2-25. Exemple de vue paysagère numérique	209
Planche 2-26. Exemple de vue paysagère numérique	211
Planche 2-27. Exemple de vue paysagère numérique	213
Planche 2-28. Exemple de vue paysagère numérique	215

a) *Comparaison avec une saisie polygone*



b) *Visualisation à l'échelle de la commune*

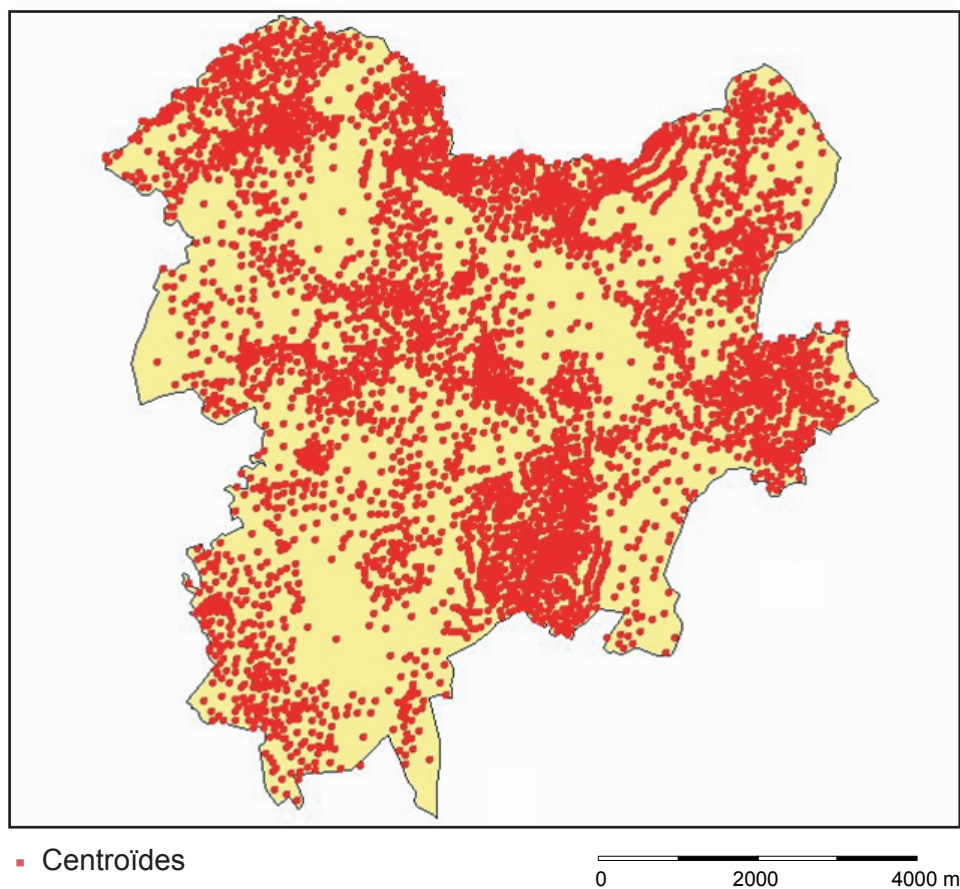


Planche 2-1 : Saisie de données parcellaires par centroïde sur la commune de Neddes.

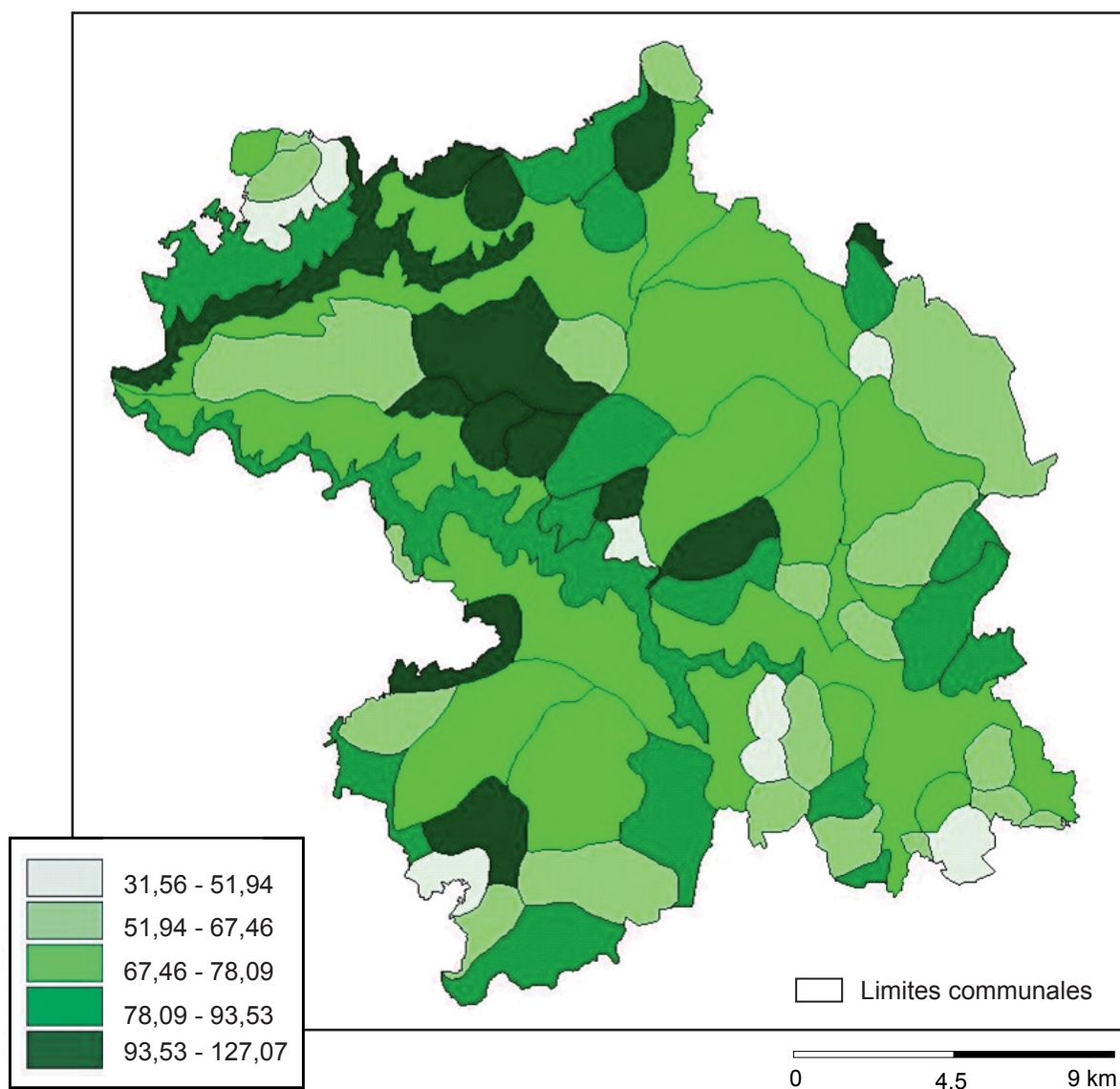
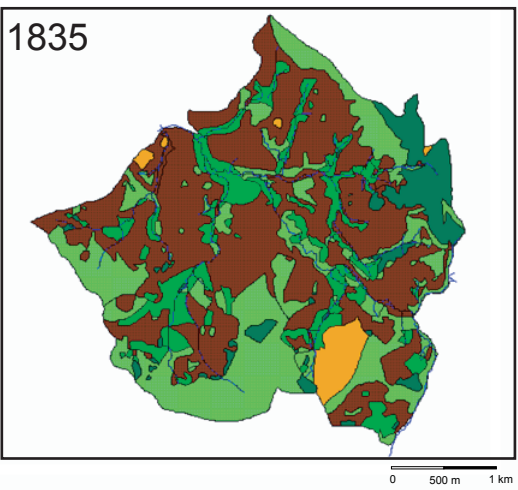
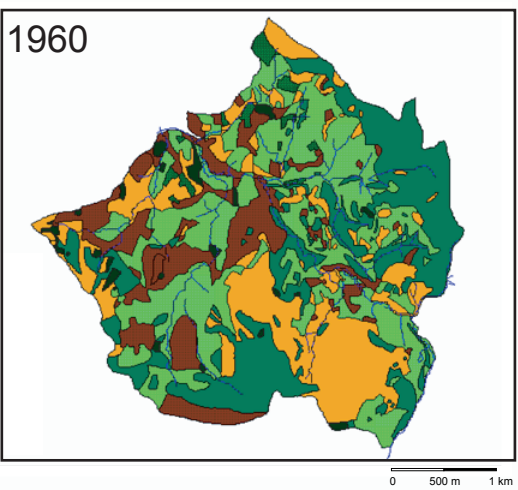


Planche 2-2 : Eymoutiers - *Indice de complexité mesuré en rapportant la longueur des limites internes de l'occupation du sol à la surface de l'unité (m / Ha)*

1835



1960



1985

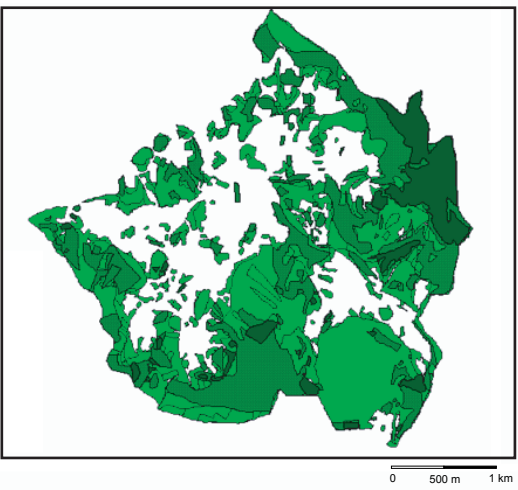
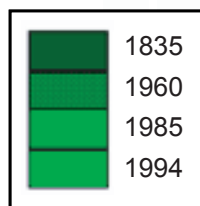
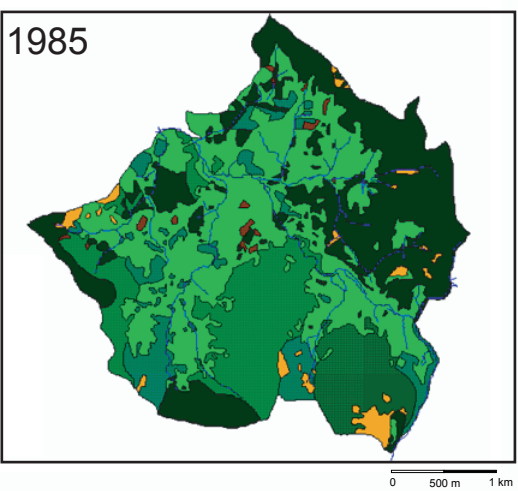
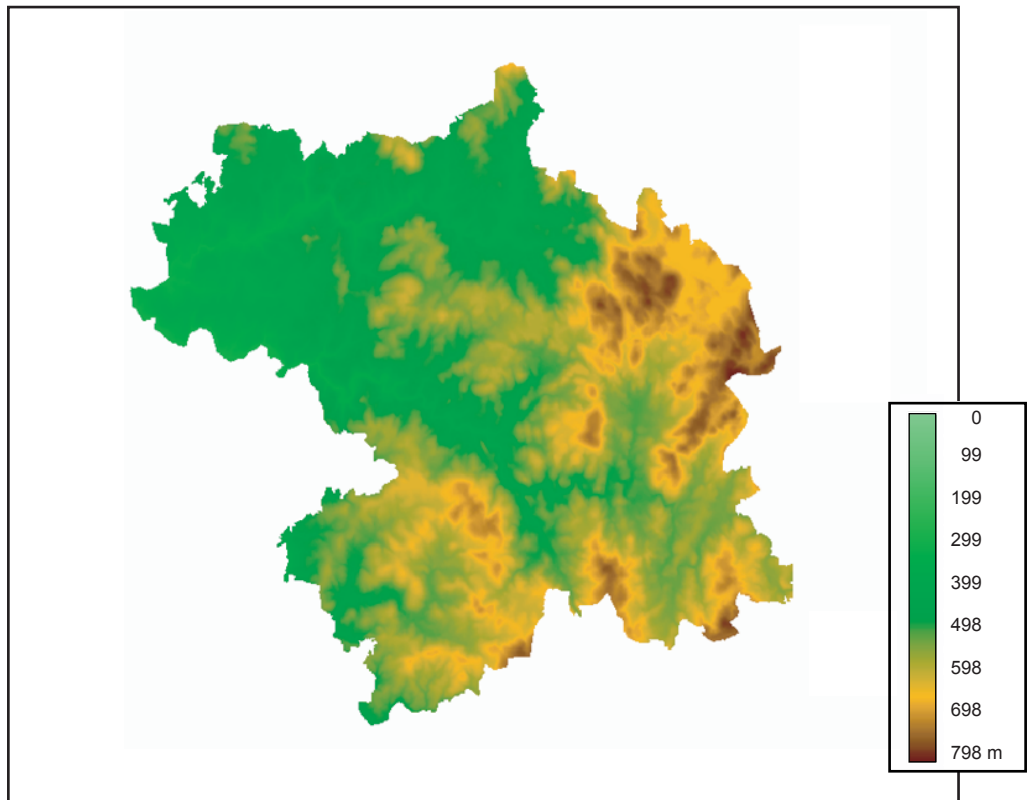
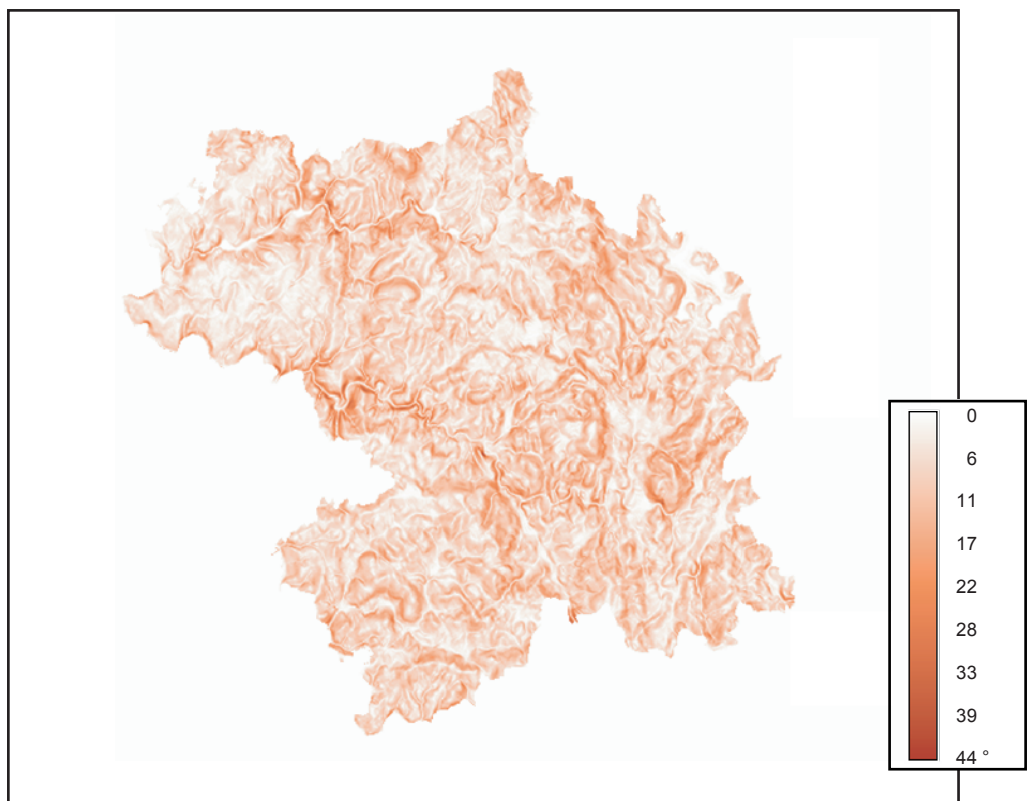


Planche 2-3 : Evolution de l'occupation du sol sur la commune de Viscomtat (63)

a) M.N.T. : Altitude en mètres



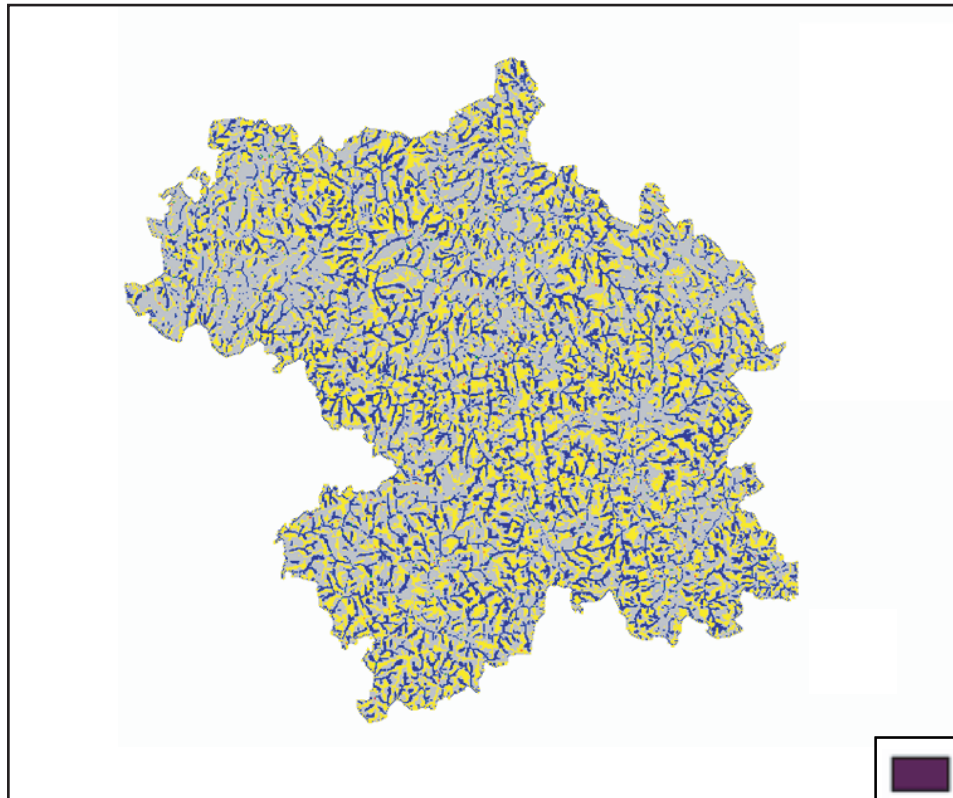
b) Pentes en degrés



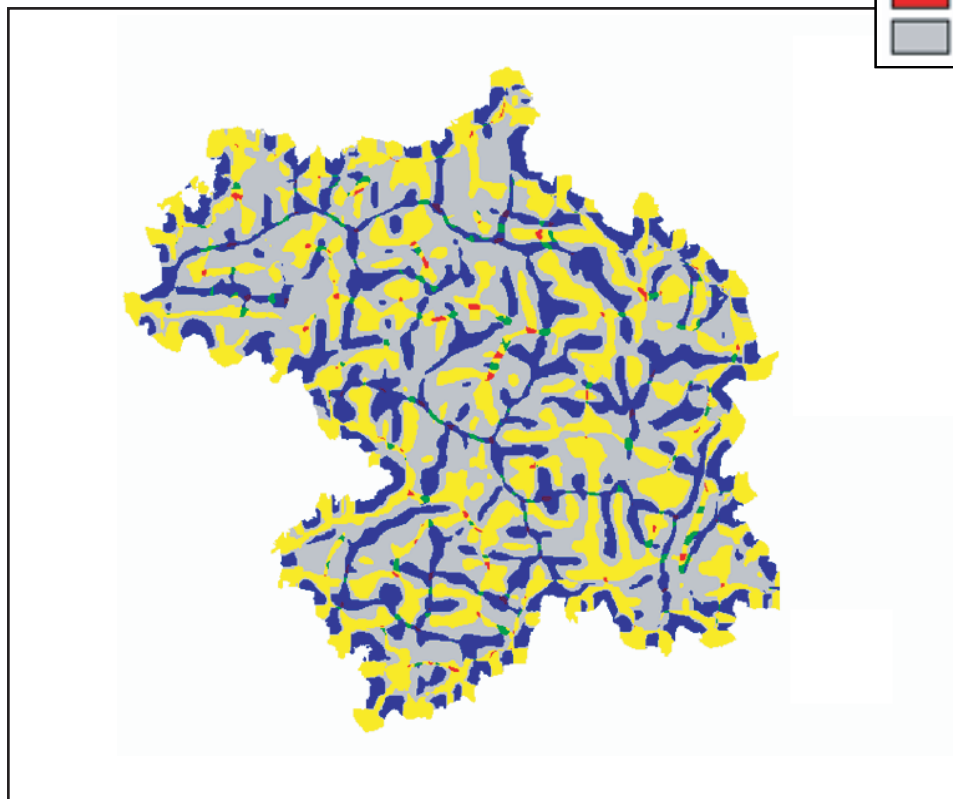
0 4,5 9 km

Planche 2-4 : Canton d'Eymoutier, du M.N.T. aux pentes

a) Fenêtre 3 x 3 (150 m)



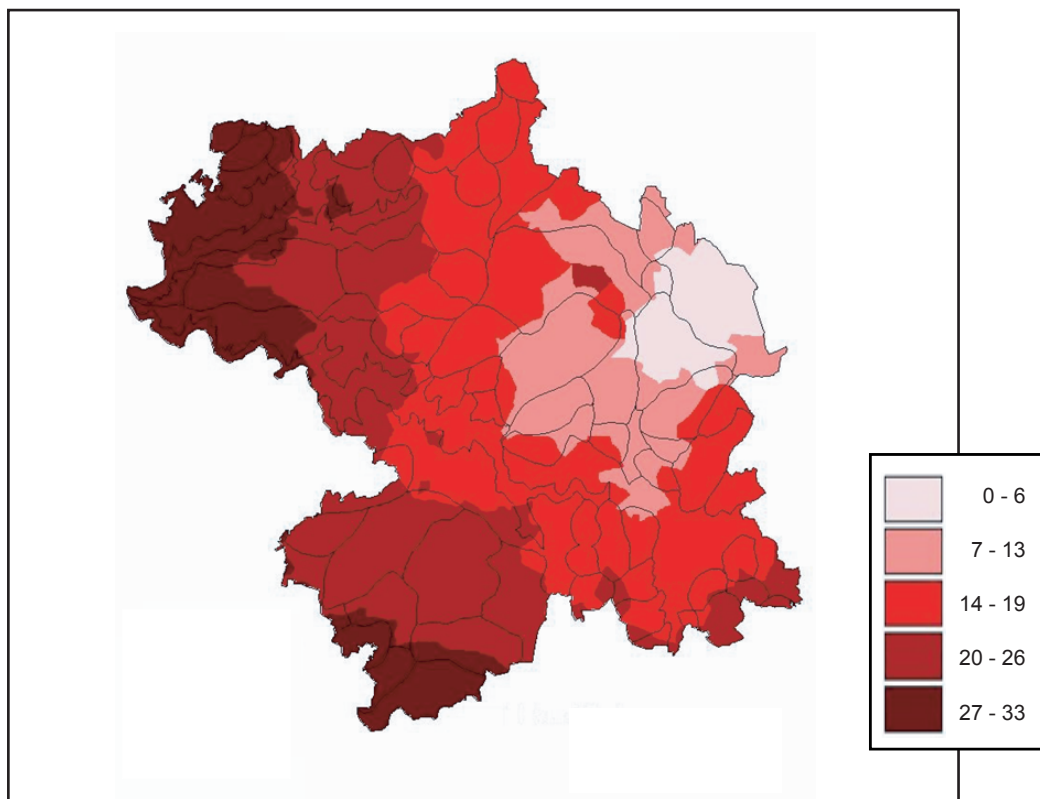
b) Fenêtre 25 x 25 (1250 m)



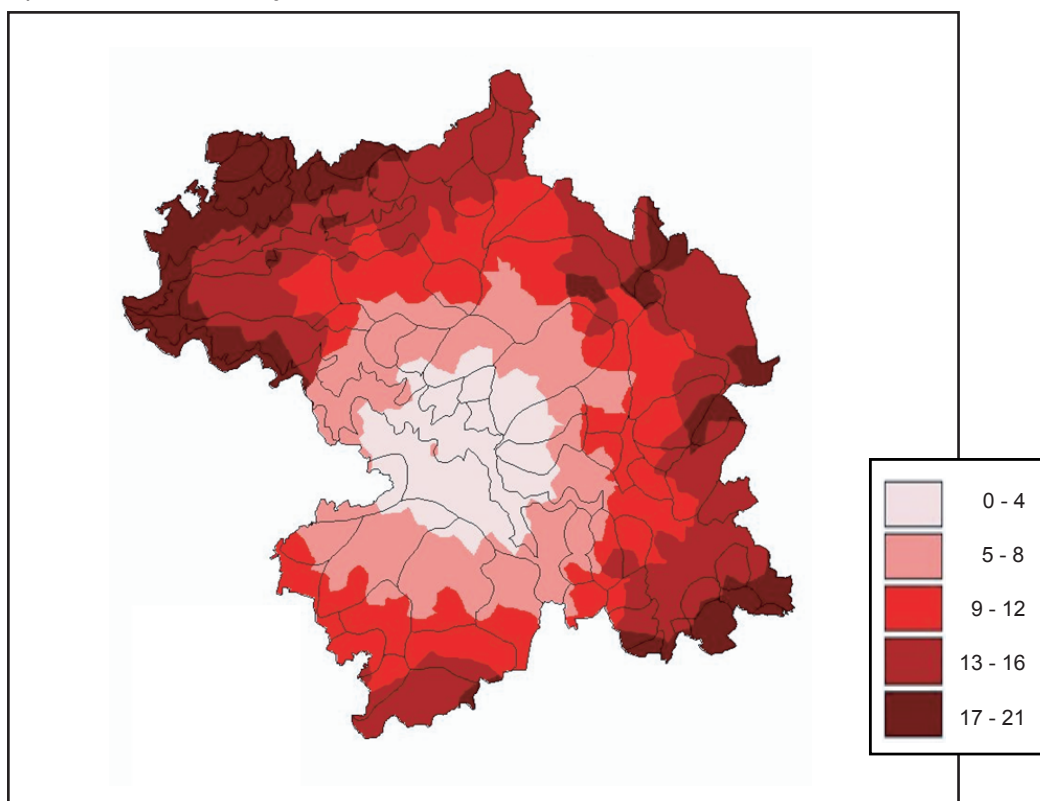
0 4,5 9 km

Planche 2-5 : Canton d'Eymoutier, profils topographiques théoriques à deux échelles

a) *Distance au bord du lac de Vassivières*

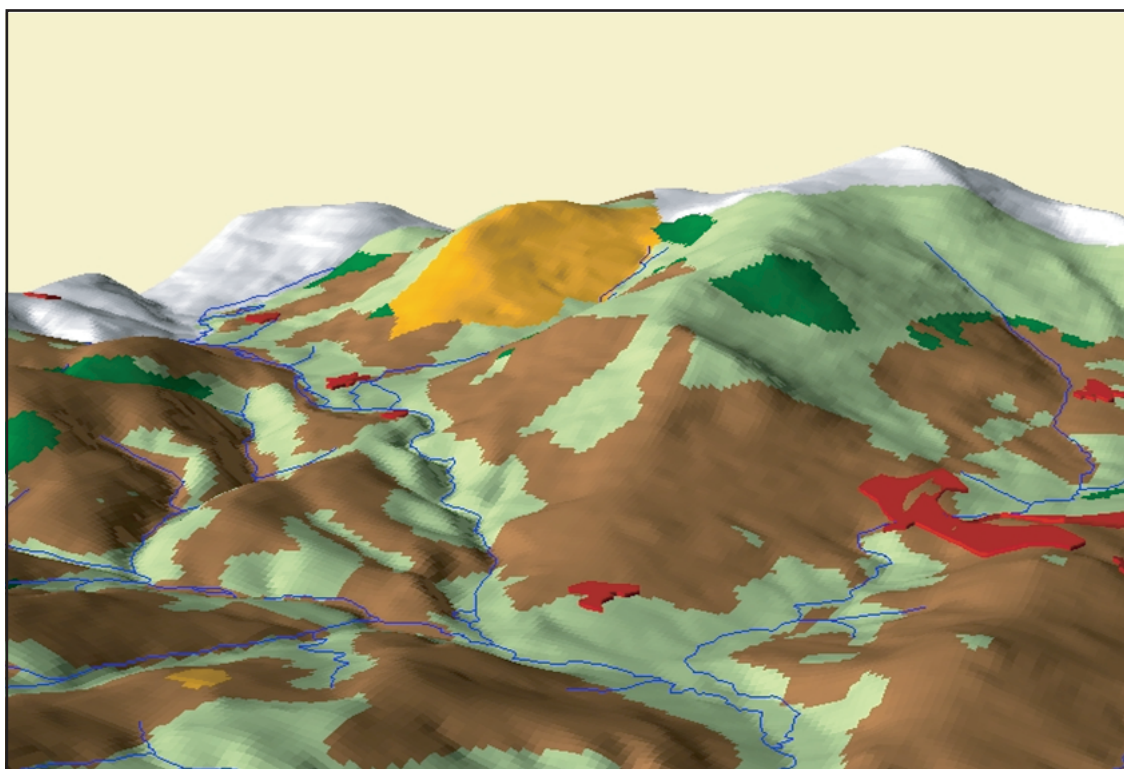


b) *Distance à Eymoutiers*



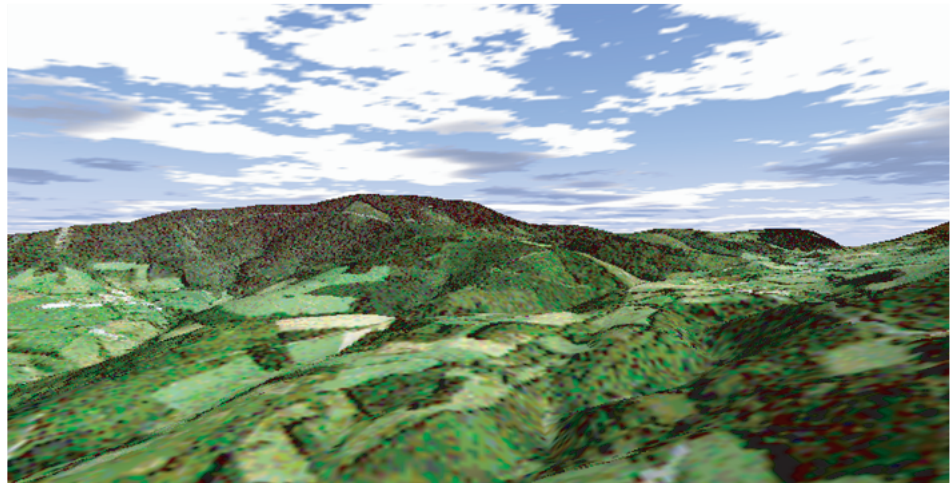
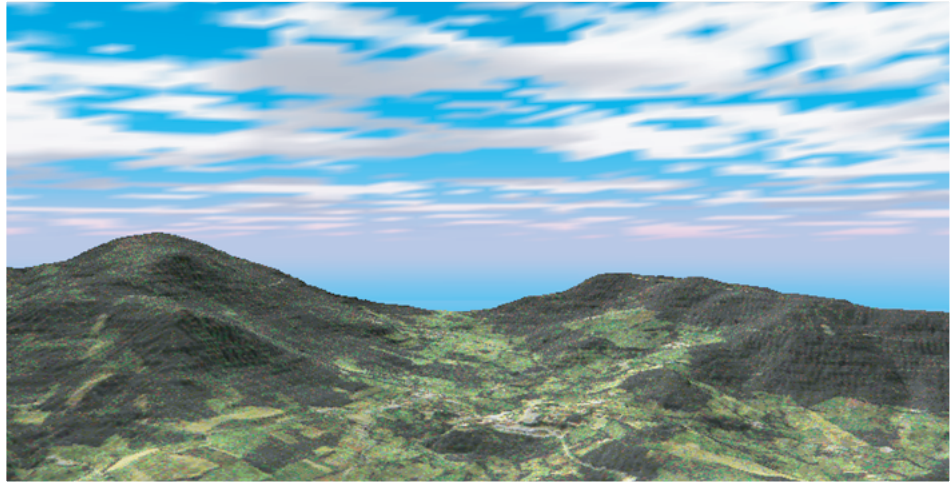
0 4,5 9 km

Planche 2-6 : *Canton d'Eymoutier, calcul de distance Temps par la route (en minutes)*



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	maquette BD associée
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	simple ombrage
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol et l'hydrographie / extrusion des villages symbolique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique
<i>Prise de vue</i>		légèrement plongeante
<i>Composants</i>		occupation du sol simplifiée en mode raster/ MNT 10 m / Réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (63)
<i>Générateur</i>		ArcView 3.2
<i>Auteur</i>		Thierry Joliveau, CRENAM

Planche 2-22 : Exemple de vue paysagère numérique



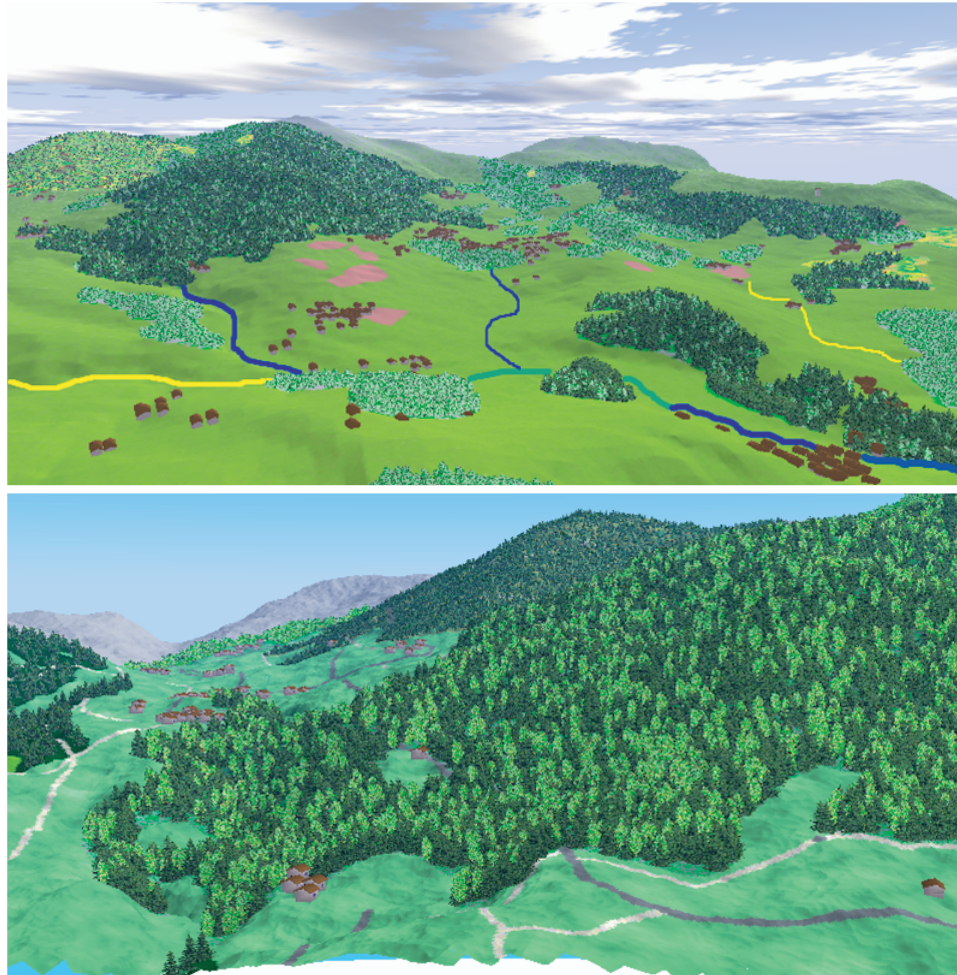
<i>Vue</i>	Séquence : Information :	image fixe aucune
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	simple ombrage, ciel et nuages
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol analogique
<i>Point de vue</i>		aérien horizontal
<i>Prise de vue</i>		horizontale
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m / réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (43)
<i>Générateur</i>		Genesis
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-23 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	déplacement continu aucune
<i>Scène</i>	Type :	simple
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs pour l'occupation du sol analogique
<i>Point de vue</i>		aérien oblique
<i>Prise de vue</i>		plongante
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m
<i>Localisation</i>		Saint-Etienne (42)
<i>Générateur</i>		Geolmage Space Eyes 3D
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-24 : Exemple de vue paysagère numérique



<i>Vue</i>	Séquence : Information :	image fixe aucune
<i>Scène</i>	Type : Paramètres :	composite ombrage, ciel et nuages
<i>Méthode de rendu</i>	Technique : Rendu :	codes couleurs et textures pour l'occupation du sol, les routes et le réseau hydrographique / maisons : objets 3D / arbres : objets 2D analogique
<i>Point de vue</i>		aérien horizontal
<i>Prise de vue</i>		horizontale
<i>Composants</i>		occupation du sol sous forme de photographie aérienne bitmap / MNT 10 m / réseau hydrographique
<i>Localisation</i>		Viscomtat (43)
<i>Générateur</i>		Genesis
<i>Auteur</i>		Bernard Dupuis, CRENAM

Planche 2-25 : *Exemple de vue paysagère numérique*

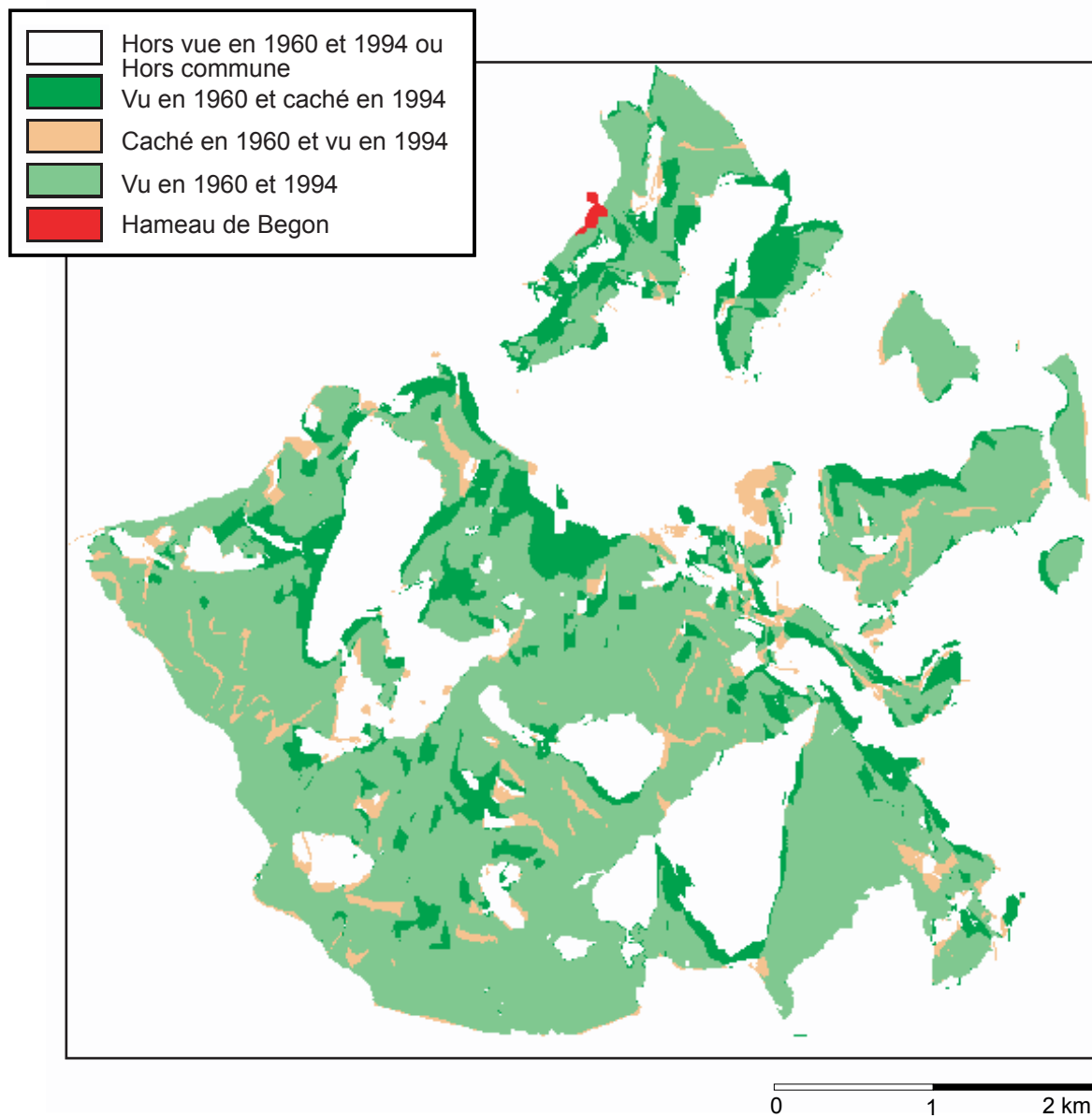
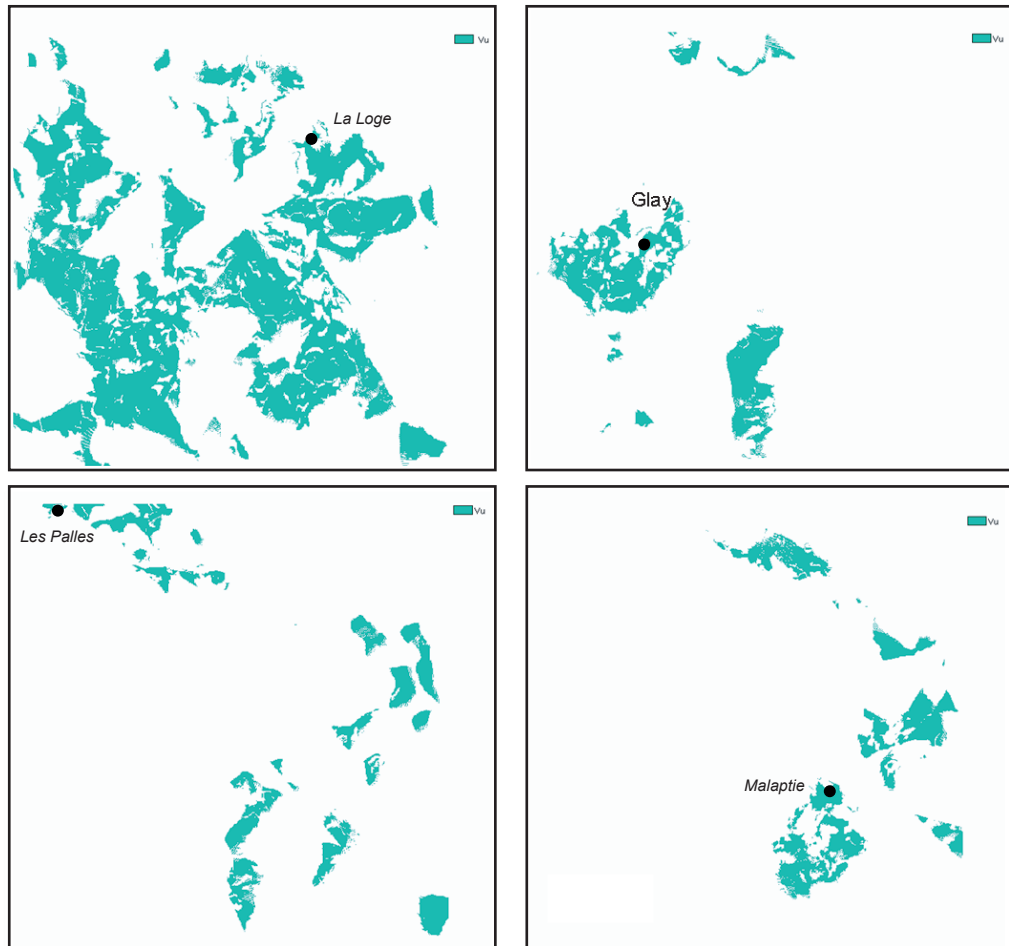


Planche 2-7 : *L'évolution de l'espace visible dans la commune de Viscomtat depuis le hameau de Begon entre 1960 et 1984*

a) *Les bassins de vue depuis 4 points à Viscomtat*



b) *Les bassins de vue sur Viscomtat depuis 3 hameaux*

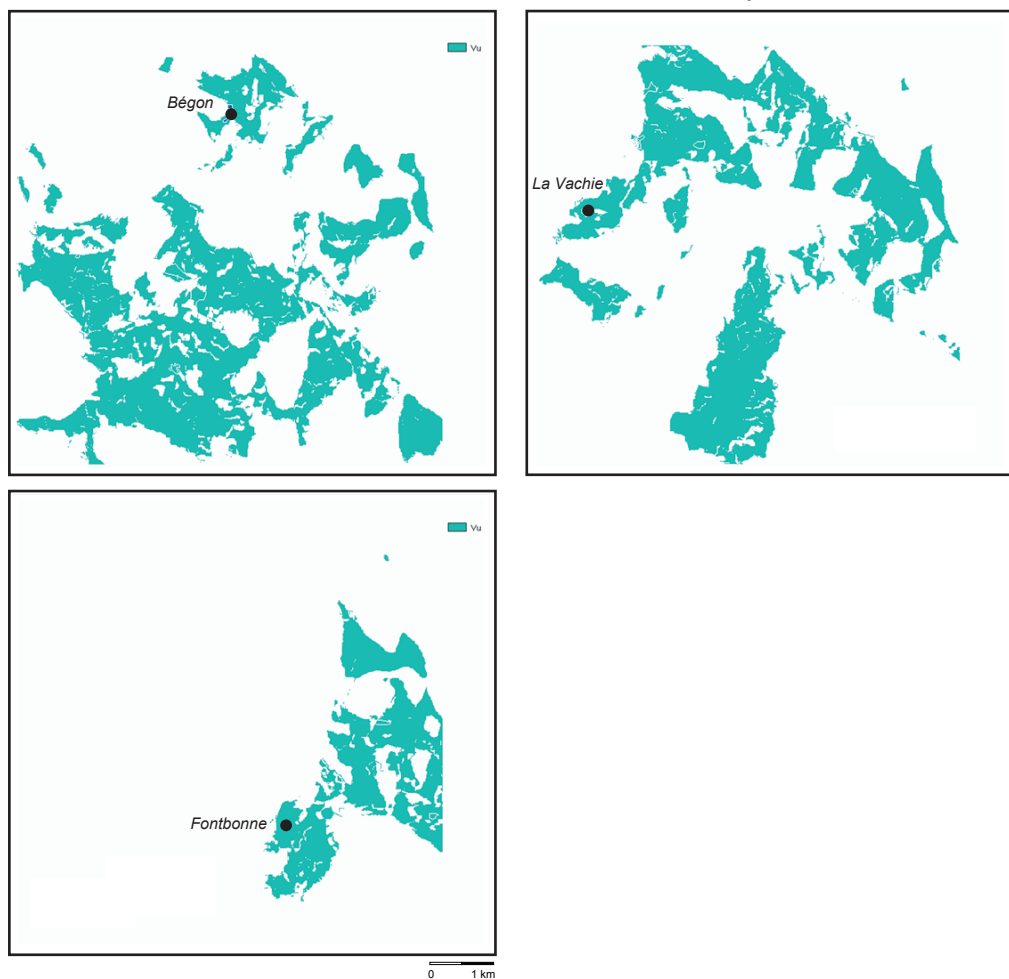


Planche 2-8 : *Les bassins de vue sur la commune de Viscomtat*



0 2 4 km

Planche 2-9 : Régions d'Eymoutiers, Scan 100 I.G.N., Chambre d'Agriculture de la Vienne

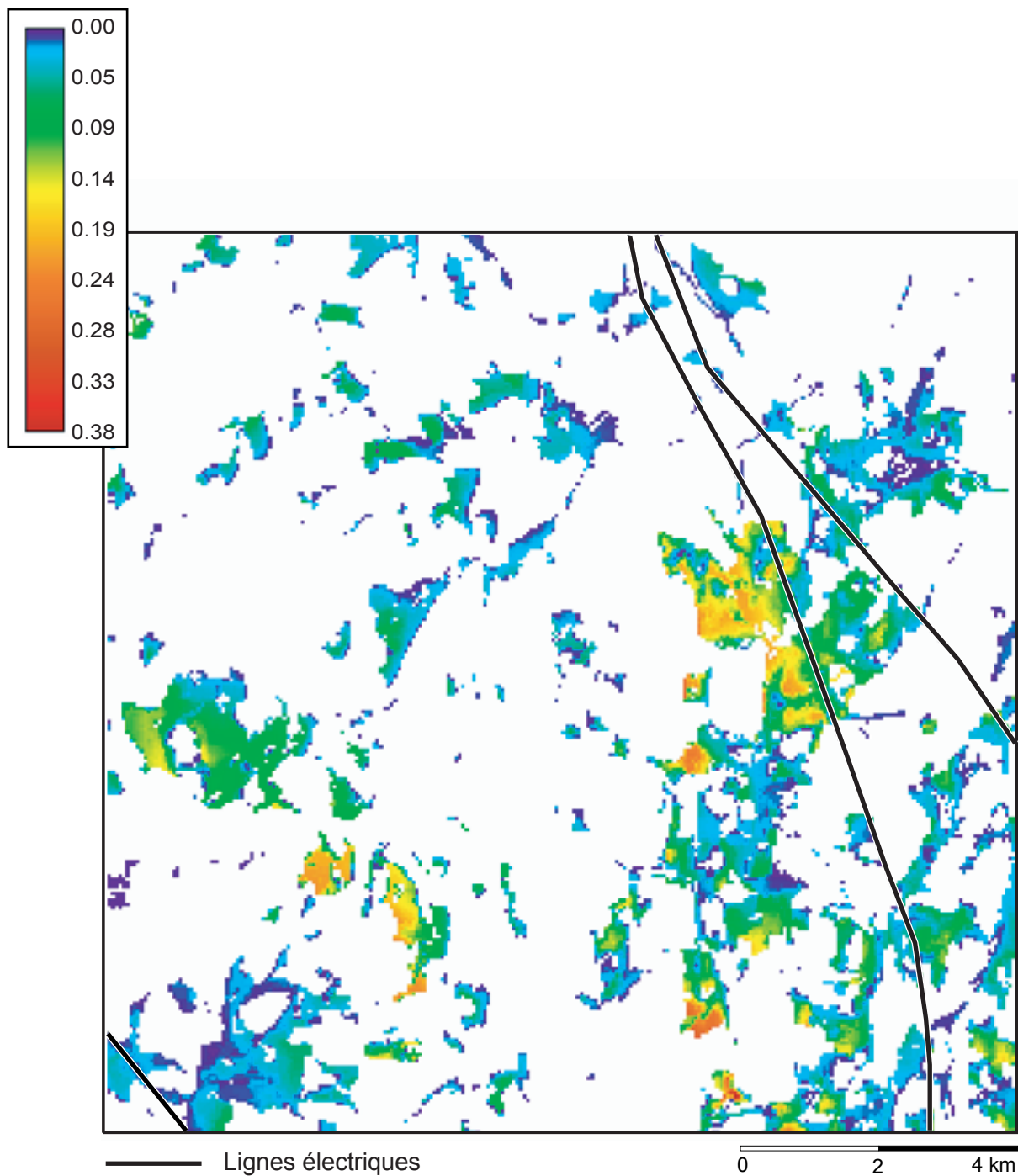
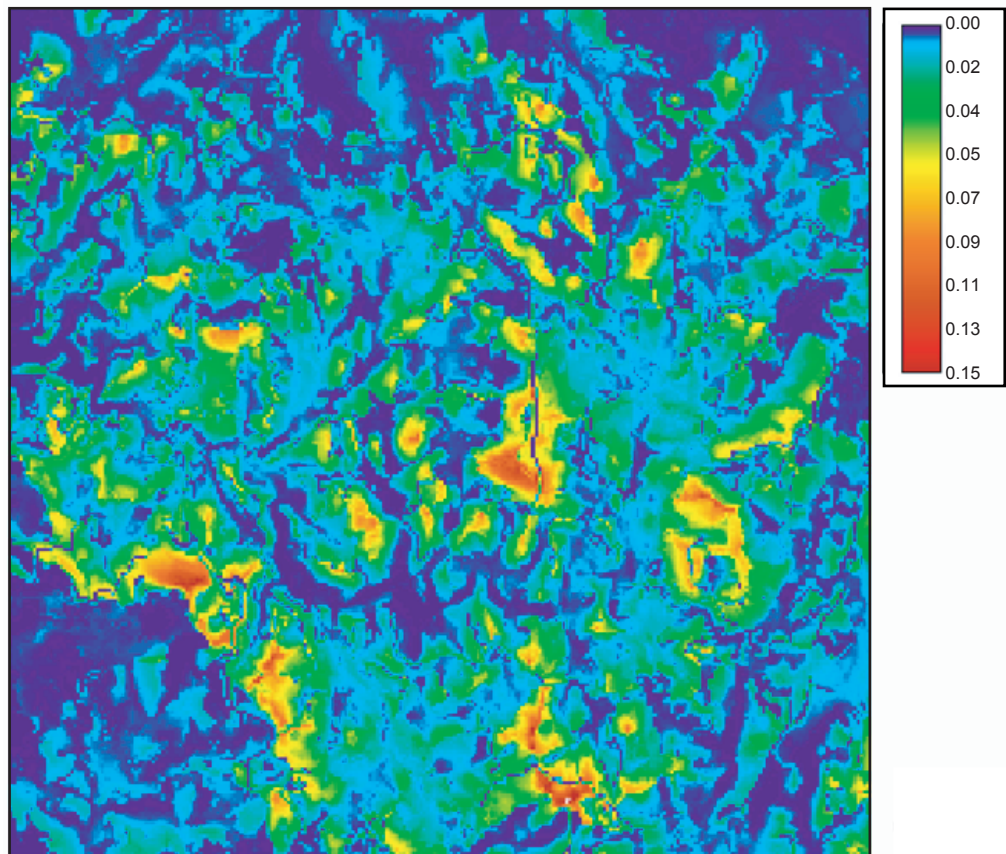
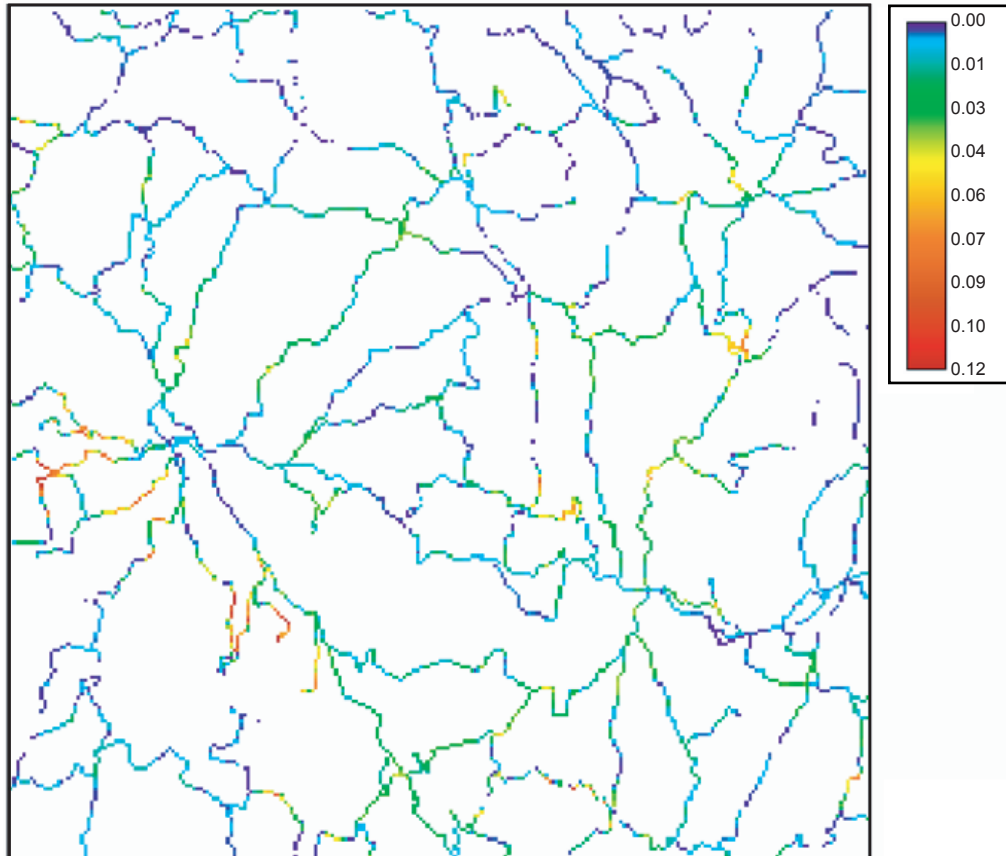


Planche 2-10 : *Fréquence de visibilité des lignes électriques depuis les espaces ouverts (canton d'Eymoutiers)*

a) *Fréquence de l'espace visible depuis la route*



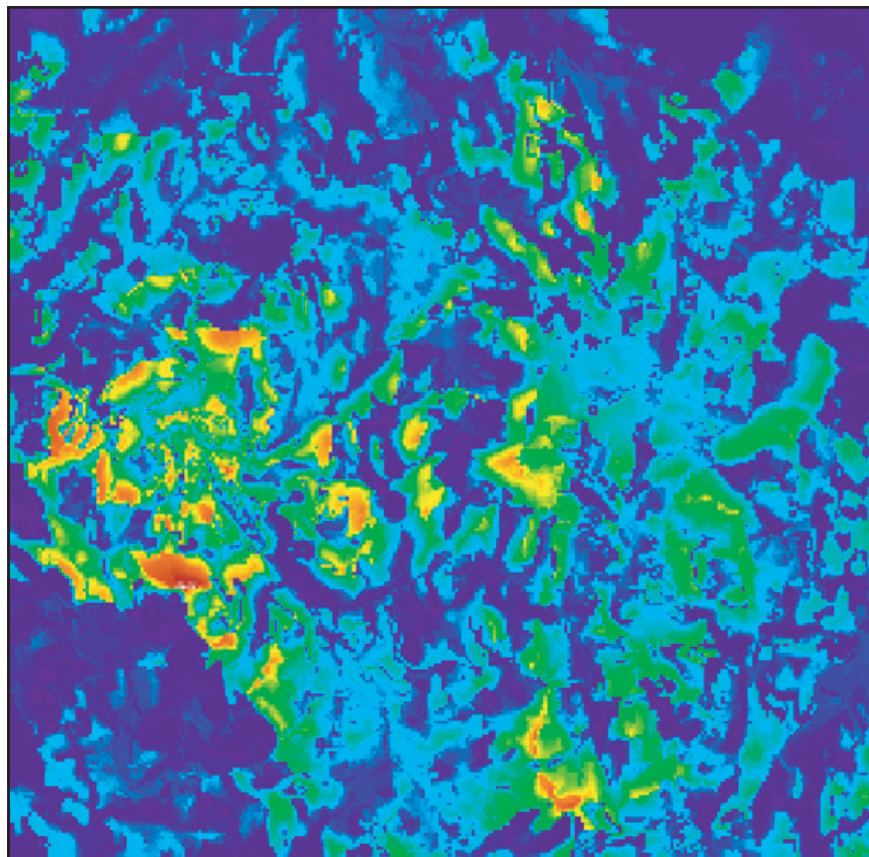
b) *Fréquence de visibilité de la route*



0 2000 4000 m

Planche 2-11 : *Visibilité depuis et vers la route (canton d'Eymoutiers)*

a) *Fréquence de l'espace visible depuis les zones bâties*



b) *Fréquence de visibilité des zones bâties (moyenne)*

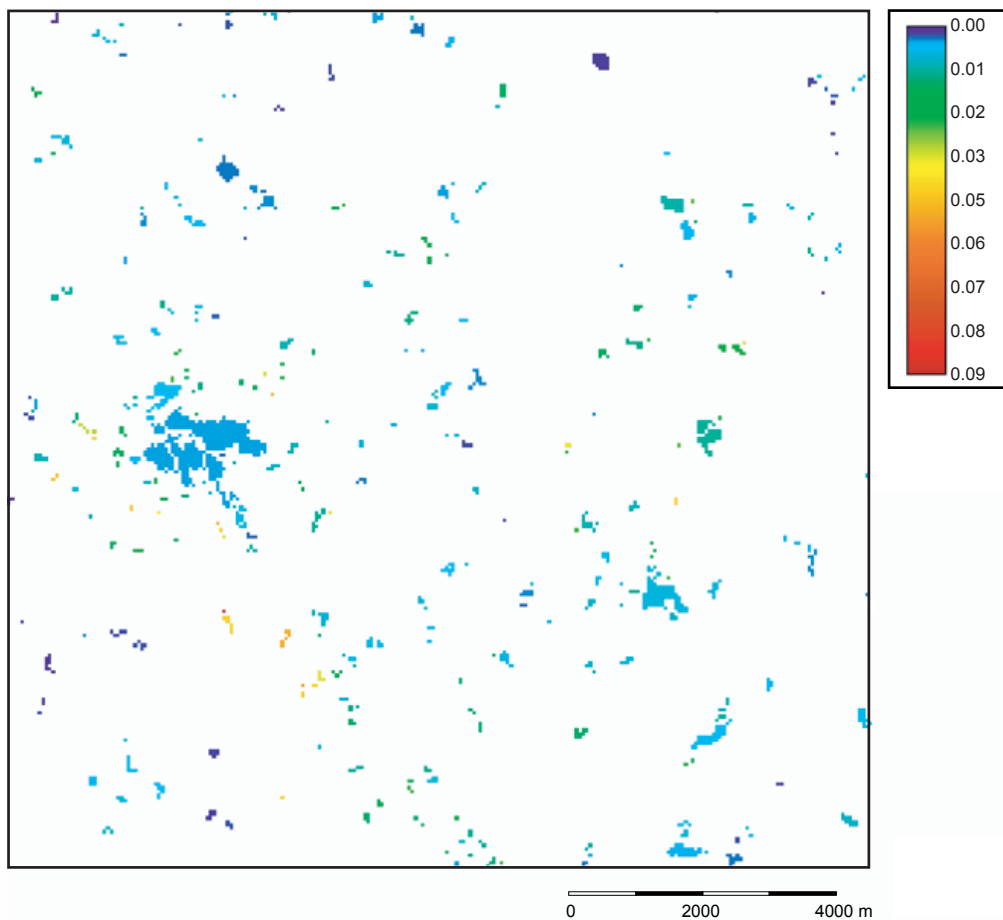


Planche 2-12 : *Visibilité depuis et sur les zones bâties (canton d'Eymoutiers)*

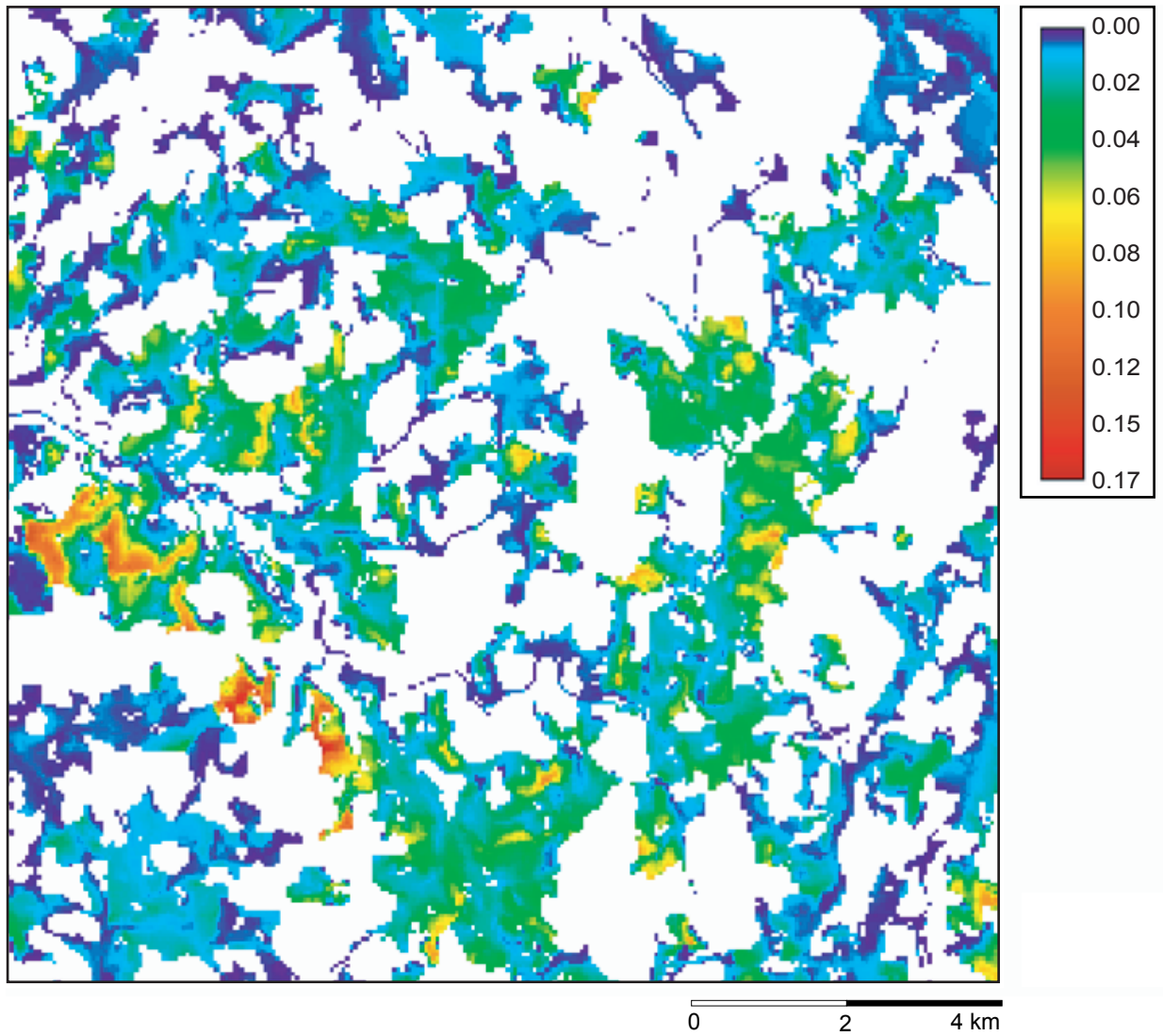


Planche 2-13 : *Fréquence de visibilité globale (canton d'Eymoutiers)*

Parcours 3. Les SIG entre organisation et territoire

1. Une typologie des SIG en tant que systèmes concrets	229
1.1. Modes de classification	229
Dichotomies et continuum	229
Une typologie par domaine d'utilisation	231
Une typologie par usage	231
Une typologie d'ordre organisationnel	233
Une typologie par niveau de décision	235
Une typologie par le mode de relation à l'espace	236
Une grille taxonomique	239
1.2. Application aux SIG d'une grande agglomération	239
Les types d'organisation	240
Les types de projets SIG	242
La dynamique des projets	243
Les thématiques abordées	244
Le niveau territorial	244
L'usage dominant	245
Le niveau de décision	246
Mode de relation à l'espace	247
Éléments de synthèse	248
2. Cohérence spatiale et dimension territoriale	249
2.1. Liens organisationnels et cohérence spatiale	249
Les relations entre différents projets SIG : une vue théorique	250
Le cas stéphanois	252
Des exemples de fédération	256
2.2. Penser la dimension territoriale des SIG	258
Une approche territoriale des SIG	258
Les systèmes de gestion du territoire	263
3. SIG et système territorial	269
3.1. Une conceptualisation du territoire	269
Le modèle systémique du territoire	269
Les systèmes territoriaux	270
Une vue "cybernétique" du territoire	273
Discussion de l'approche	276
3.2. L'informatisation du Système d'Information du Territoire	280
L'information du territoire	280
Le système d'information informatisé du territoire	282
3.3. Les enjeux des Systèmes d'Information territoriaux	285
Les cyberterritoires	285
La prise en compte de la dimension conflictuelle	288
4. Orientations	291

4.1. Faire le point	291
4.2. Directions	293
5. Bibliographie	294
6. Renvois	297
6.1. Table des figures	297
6.2. Table des encadrés et des tableaux	298
6.3. Liste des sigles et abréviations	298

Dans ce parcours, la vue des SIG que nous adoptons est de type système d'information. Nous tentons dans un premier temps de rendre compte, à partir du cas de l'agglomération stéphanoise en 1999, de la diversité des stratégies que différentes organisations déploient dans leurs projets de Système d'Information géographique. Nous élaborons pour ce faire une grille de critères permettant d'établir une typologie des différents systèmes. Dans un second temps, nous nous intéressons aux relations qu'entretiennent entre eux différents systèmes partageant le même espace de référence. Enfin, nous analysons plusieurs propositions d'ordre théorique sur les systèmes d'information territoriaux qui se construisent par coopération de plusieurs organisations autour d'un même territoire et nous proposons une nouvelle proposition conceptuelle.

1. Une typologie des SIG en tant que systèmes concrets

Nous délaissions ici la recherche d'une "essence" des SIG envisagés comme des entités abstraites, pour nous attacher aux SIG en tant que réalisations concrètes mises en œuvre par les organisations pour répondre à leurs besoins. Nous faisons d'abord un relevé de différentes approches typologiques existant dans la littérature et nous confrontons le cadre conceptuel élaboré aux résultats d'une enquête effectuée en 1998-1999 dans l'agglomération stéphanoise.

1.1. Modes de classification

Dichotomies et continuum

Une première grande distinction est classique chez les auteurs anglo-saxons. Elle oppose les LIS (Land Information System) et les GIS (Geographical Information System) (Scholten et Van Den Vlugt 1990). Les LIS permettraient de gérer un territoire à grande ou très grande échelle dans une perspective essentiellement juridique, technique ou économique. La gestion du patrimoine, des droits de propriétés ou des droits à construire, la gestion technique des grands réseaux urbains (voirie, éclairage, électricité, eau et assainissement,...) constituent de bons exemples de LIS. Selon cette approche, on demanderait principalement à ces systèmes de stocker, consulter et mettre à jour de gros volumes de données, selon des procédures le plus souvent très formalisées. Les fonctions d'analyse, en particulier spatiale, des données seraient, elles, peu utilisées dans ce contexte. Les GIS en revanche seraient les outils de base de la recherche, de l'aménagement et de la planification régionale ou urbaine. Des échelles plus petites auraient leur prédilection et ils offriraient des fonctions plus affirmées dans le domaine de l'analyse spatiale, de la cartographie, de la modélisation et de l'aide à la décision.

Bédard (1987) puis Thériault (1995) ont francisé cette distinction GIS/LIS en réservant l'appellation SIG (Système d'Information Géographique) aux GIS et en donnant le nom de SIT (Systèmes d'Information sur le Territoire) aux LIS. Ils proposent de réserver le nom générique de SIRS (Systèmes d'Information à Référence Spatiale) à ce qu'on appelle en France les SIG. Une liste de critères leur permet de fonder cette distinction (Tableau 3-1) tout en montrant qu'il fallait la penser comme un continuum, SIT et SIG n'étant que des situations extrêmes, les systèmes concrets se situant entre les deux.

S.I.T	CARACTERISTIQUES	S.I.G
<i>Institutionnel</i>	CADRE ADMINISTRATIF	<i>Flexible</i>
<i>Gestion et administration</i>	TYPE D'APPLICATION	<i>Recherche et planification</i>
<i>Le territoire</i>	ELEMENT CENTRAL	<i>Milieu naturel, activités humaines</i>
<i>Extraction de données et confection de rapports</i>	PRINCIPAUX TRAITEMENTS	<i>Analyse spatiale, modélisation et simulation</i>
<i>Régulière</i>	FREQUENCE D'UTILISATION	<i>Au besoin</i>
<i>Très ciblés</i>	NATURE DES OBJECTIFS	<i>Ouverts et imprécis</i>
<i>Structure fixe</i>	BASE DE DONNEES	<i>Structure évolutive</i>
<i>Continue</i>	MISE A JOUR DES DONNEES	<i>Périodique</i>
<i>Juridiques</i>	IMPLICATIONS	<i>Aide à la décision</i>
<i>Cadastrale</i>	ECHELLE D'ANALYSE	<i>Locale et régionale</i>
<i>Forte</i>	PRECISION DE LOCALISATION	<i>Variable</i>
<i>Bas</i>	MOMENT DE L'INFORMATION	<i>Elevé</i>
<i>Faible</i>	NIVEAU D'ABSTRACTION	<i>Fort</i>
<i>Forte</i>	PART DES DONNEES INTERNES	<i>Faible</i>
<i>Importante</i>	TOPOLOGIE	<i>Essentielle</i>
<i>Dans le détail</i>	CONFORMITE AU TERRITOIRE	<i>Dans l'ensemble</i>
<i>Essentiel</i>	CONTROLE DES ACCES	<i>Facultatif</i>
<i>Permanent</i>	DUREE DE VIE	<i>Selon les besoins</i>
<i>Importants</i>	MOYENS INFORMATIQUES	<i>Modestes</i>
<i>Nécessaire et régulier</i>	PERSONNEL SPECIALISE	<i>Variable</i>
<i>Vectoriel</i>	ENCODAGE DE L'ESPACE	<i>Matriciel ou vectoriel</i>



Tableau 3-1. Le continuum des SIRS d'après Bédard (1987), Thériault (1995) et Joliveau (1996)

La distinction SIT-LIS/SIG-GIS s'est avérée conceptuellement éclairante grâce essentiellement aux critères de classification qu'elle proposait. Notons cependant que l'appellation de Système d'Information du Territoire pour nommer les Land Information Systems apparaît mal adaptée. Alors que le terme *land* connote bien en anglais une réalité concrète et prosaïque d'étendue de terre, de terrain, de parcelle, le terme de *territoire* évoque en français quelque chose de plus abstrait et plus conceptuel (l'aménagement du territoire n'est pas un remembrement) et donc un domaine qui relèverait plutôt - à l'inverse - des SIG selon la définition de Bédard/Thériault. Enfin, un certain nombre de caractéristiques sont discutables. Ainsi, le personnel des SIT doit-il vraiment être plus spécialisé pour les SIT que pour les SIG ? Ce pouvait être le cas dans les débuts de la géomatique, quand des applications comme la gestion du cadastre, des espaces verts ou des permis de construire nécessitaient un développement et une maintenance informatiques spécialisées. Maintenant que des applications clés en main existent, est-il nécessaire de disposer d'un personnel plus spécialisé que celui que demande, par exemple, le développement d'un modèle de changement d'occupation du sol, besoin type d'un SIG ? De la même manière, les moyens informatiques que nécessitent le SIG d'une grosse agglomération peuvent en définitive s'avérer plus importants que le SIT d'une agglomération moyenne. En fait, il nous semble que cette dichotomie amalgame plusieurs facteurs qu'il conviendrait de distinguer : la taille du système, la nature opérationnelle ou stratégique des besoins auxquels il doit répondre, le niveau territorial (communal, régional ?) auquel il est mis en place. De plus, la diversité des systèmes observables est telle qu'il n'est pas possible de les placer à un endroit

précis du continuum LIS-SIT/GIS-SIG ou même de les caractériser par rapport à des types extrêmes. C'est pourquoi, une approche à caractère plus typologique est indispensable.

S'il existe une très large littérature visant à marquer l'unité des SIG en exprimant leur caractère essentiel, les travaux synthétiques qui cherchent à classer et typer les systèmes concrets observables sont en nombre plus réduit et relèvent souvent de travaux sur la dimension organisationnelle de la géomatique. A la suite de Bordin (2002), on peut cependant répertorier différentes clés utilisables pour classer les SIG.

Une typologie par domaine d'utilisation

La première clé qui vient naturellement à l'esprit est le domaine thématique dans lequel ils sont utilisés : agriculture, aménagement, défense, environnement, réseaux de distribution, risque, recherche... Il est indéniable que les SIG se distinguent par leur domaine d'application. Dans les colloques et salons professionnels, les utilisateurs se regroupent d'ailleurs largement en fonction de leur thématique. Mais les limites d'une classification de ce type sont évidentes. D'une part les frontières de chaque domaine sont floues et se chevauchent : risque et environnement, réseaux et transports par exemple. Ensuite les domaines se spécifient à l'infini en sous-domaines : le thème risque se subdivise ainsi en de multiples sous-types (risque inondation, risque de pollution atmosphérique, ...) qui nécessitent des outils et des données de type relativement différents pour la gestion des données à référence spatiale. Enfin, à l'intérieur d'un même thème, les objectifs peuvent conduire à des systèmes concrets très divers. Dans le domaine du risque, selon que l'objectif est la prévention ou le pilotage de travaux de protection relevant de la puissance publique ou bien l'évaluation des dommages *ex post* ou *ex ante* par les compagnies d'assurance, la nature du SIG sera très variable.

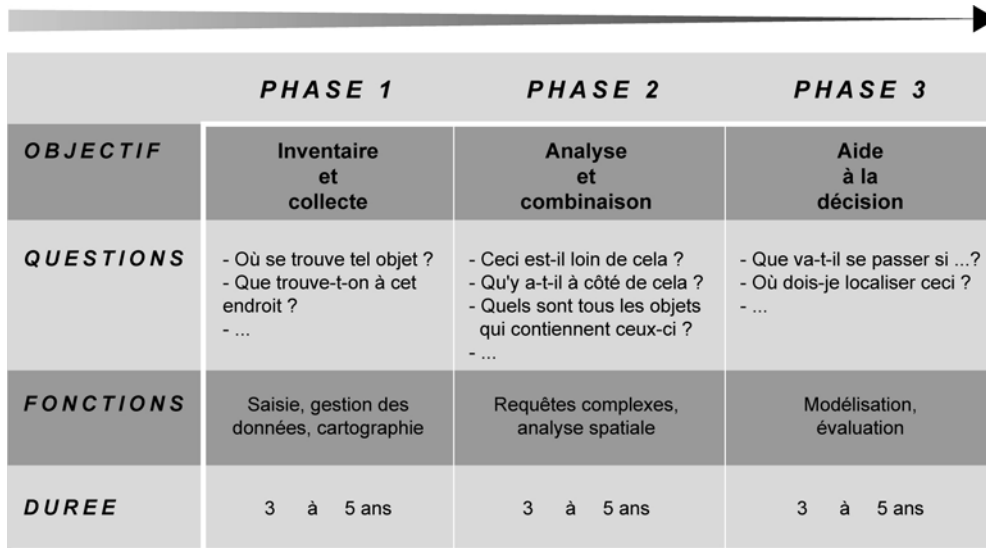
Une typologie par usage

Une troisième clé est celle de l'usage principal du SIG. L'idée est ancienne. La typologie de Crain et Mc Donald (1984) a souvent été reprise (Scholten et Van Den Vlught 1990), (Joliveau 1996). Elle distingue trois types de système en fonction de l'objectif dominant qui leur est dévolu (Tableau 3-2). Les SIG d'inventaire et de collecte sont centrés sur la collecte, la restitution et la mise à jour des données importantes pour l'organisme. L'analyse se fait alors sur ces documents présentant l'information brute, traduite en cartes. Les SIG d'analyse et combinaison sont constitués pour répondre à des questions plus complexes. Ils permettent la recherche d'explication à la localisation des phénomènes observés. Dominent alors les applications d'analyse et de combinaison de données, la mobilisation d'outils statistiques et la mise en évidence d'évolutions et de tendance. Enfin les SIG du troisième type seraient de véritables outils d'aide à la décision car ils serviraient à modéliser et simuler des phénomènes et à produire des scénarios.

P. Bordin, s'inspirant de la typologie utilisée au Ministère français de l'Équipement distingue elle aussi trois grands type de systèmes¹. Le premier type, analogue à celui de Crain

¹ Nous ne retenons pas le quatrième type proposé par P. Bordin, les SIG de type communication qui ont pour but de diffuser et de communiquer une information localisée. Il nous semble que la communication est une fonction générale présente dans tout SIG et non un usage. Les modes de communication sont au contraire déterminés très fortement par le type d'usage. Le type de rendu d'un SIG Inventaire-observatoire diffère sensiblement de celui d'un SIG de gestion-suivi. P. Bordin semble d'ailleurs elle-même un peu dubitative sur la nécessité de ce 4^{ème} type.

et Mc Donald, regroupe les SIG de type Inventaire-observatoire, centrés sur le recensement et la localisation des phénomènes et qui répondent aux questions : « Où ? » et « Quoi ? » puis à la question « Quand ? » lorsque l'observation gagne une épaisseur temporelle. Les SIG de type Étude-aide à la décision ont pour objectif d'étudier des interactions, d'analyser des phénomènes, de chercher des solutions à des problèmes. Les SIG de type Gestion-suivi s'intègrent dans des procédures établies (gestion de la sécurité, de la pollution, du droit des sols...) qui pré-déterminent fortement les besoins du systèmes, les types d'objets pris en compte, les données à intégrer et les traitements à effectuer.



	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3
OBJECTIF	Inventaire et collecte	Analyse et combinaison	Aide à la décision
QUESTIONS	- Où se trouve tel objet ? - Que trouve-t-on à cet endroit ? - ...	- Ceci est-il loin de cela ? - Qu'y a-t-il à côté de cela ? - Quels sont tous les objets qui contiennent ceux-ci ? - ...	- Que va-t-il se passer si ... ? - Où dois-je localiser ceci ? - ...
FONCTIONS	Saisie, gestion des données, cartographie	Requêtes complexes, analyse spatiale	Modélisation, évaluation
DUREE	3 à 5 ans	3 à 5 ans	3 à 5 ans

Tableau 3-2. L'évolution des SIG au cours du temps d'après Crain et Mac Donald (1984)

Chacune de ces typologies a ses défauts et une synthèse des deux nous semble nécessaire. La typologie de Bordin a le mérite d'entériner l'existence de systèmes très importants en nombre, les systèmes de type Gestion-suivi des actions d'une organisation donnant lieu la plupart du temps au développement d'applicatifs qui peuvent prendre la forme de progiciels clés en main : gestion du foncier, des espaces verts, des réseaux ... Ce sont ces systèmes qui enracinent les SIG dans le domaine des applications de l'informatique classique. Le schéma de Crain et Mc Donald a le mérite d'insister sur le fait qu'il s'agit moins de différence de nature des systèmes que de phases différentes par lesquelles ont vocation à passer l'ensemble de ceux-ci. On peut aussi se demander s'il ne permet pas de décrire des sous-ensembles spécialisés d'un système plus vaste. On voit en effet souvent dans un organisme cohabiter des sous-systèmes de type Gestion-suivi des actions et de type Inventaire-observatoire de phénomènes. Cette typologie correspond aux trois types de traitement de l'information dont nous parlions dans le parcours 1 : Décrire/mesurer – les données, Analyser/synthétiser – l'information, Modéliser/simuler - la connaissance.

Toutefois les deux typologies ne nous semblent pas traiter de manière convaincante de la question de l'aide à la décision. Crain et Mc Donald l'assimilent à tort à des traitements de type modélisation et simulation, alors que de nombreuses décisions sont dans la réalité prises à partir de l'analyse visuelle de la localisation d'un phénomène au travers d'un inventaire, ou au moyen d'analyses thématiques, diachroniques ou spatiales (Thériault 1995). Dans le commentaire de la

Figure 1-9 du Parcours 1, nous avons noté que nombre de décisions se prennent avec des informations ou des connaissances construites implicitement à partir des données. En accolant les termes aide à la décision et étude, Bordin quant à elle associe deux phases que l'on a d'habitude plutôt tendance à distinguer : l'étude d'une part, la décision de l'autre.

Il nous semble plus utile et plus conforme à la réalité d'assumer le fait que les SIG, comme tous les systèmes d'information, ont vocation à s'intégrer d'une manière ou d'une autre dans un processus décisionnel quelconque et que le critère d'aide à la décision n'est pas discriminant en soi. On pourrait alors distinguer les systèmes de type Inventaire-observatoire orientés vers la description et le recueil de données sur un phénomène externe à l'organisation, les systèmes de type Analyse-étude, orientés vers la réponse à un problème spatial au moyen d'un raisonnement et d'opérations d'analyse et de synthèse et les systèmes de type Gestion-suivi orienté vers le traitement répétitif et automatisé d'opérations routinières dans un contexte d'action relativement pérenne.

La distinction de ces trois grands types permet d'éclairer certaines ambiguïtés des caractéristiques du tableau de Bédard et Thériault. On constate que les systèmes se distinguent toujours en fonction de ces caractéristiques mais que les rapprochements deux à deux varient selon les cas (Tableau 3-3).

CARACTERISTIQUES DU S. I. G.	INVENTAIRE / OBSERVATOIRE	ANALYSE / ETUDE	GESTION / SUIVI
Fonctionnalité principale	Intégration / Structuration et Visualisation / Présentation	Interrogation / Navigation et Transformation / Analyse	Intégration / Structuration et Automatisation
Nature des objectifs	Ciblés	Ouverts	Ciblés
Base de données	Structure fixe	Structure évolutive	Structure fixe
Part des données internes	Faible	Faible	Forte
Durée de vie	Permanent	Provisoire	Permanent

Tableau 3-3. Caractéristiques du SIG en fonction des types principaux d'usage

Une typologie d'ordre organisationnel

Il est indispensable de caractériser les SIG en fonction des organisations qui les mettent en œuvre. De ce point de vue, un classement par nature d'organisation (collectivité locale, bureau d'étude, administration) est nécessaire même s'il paraît trivial. La structure, la culture, le mode d'action de l'organisation sont fortement liés à la nature de sa mission, qui formate les besoins en information.

Un second critère oblige à desserrer un peu le lien entre le SIG et l'organisation principale qui le met en œuvre. En effet à côté des SIG *organisationnels* qui couvrent l'ensemble de l'organisation, on peut repérer avec Pornon (1997) des SIG *départementaux*, qui ne couvrent

qu'un service ou un domaine d'activité d'une organisation et des SIG *trans-organisationnels* qui regroupent des participants issus de plusieurs organisations. Nous y ajouterons un cas, en apparence limite mais de plus en plus courant, celui des SIG *personnels*, développés pour les besoins professionnels, militants ou personnels d'une seule personne ou d'un tout petit groupe de personnes. C'est le cas d'un SIG élaboré en marge du SIG de son organisation par un cadre chargé d'une étude ponctuelle ou des projets SIG conduits par les étudiants pour leur travail de recherche dans les écoles et les universités.

Par ailleurs, comme le montre Pornon, autant que l'organisation elle-même, ce qui est déterminant c'est le système d'action qui sous-tend la mise en œuvre du SIG dans celle-ci. Elle se fait toujours à l'initiative d'un ou plusieurs acteurs spécifiques, en fonction d'objectifs qui leur sont propres et de la perception du rôle qu'il(s) joue(nt) ou entend(ent) jouer dans l'organisation. Le projet SIG, une fois diffusé, relayé ou coordonné, devient un projet de l'organisation dans son ensemble. Les différentes dynamiques socio-organisationnelles produisent des SIG aux caractéristiques très différentes. Ce n'est donc plus de systèmes qu'il convient de parler mais de *projets* SIG et une même organisation peut comporter plusieurs projets SIG.

Campbell et Masser (1995) distinguent 3 grands modes d'implémentation d'un projet SIG dans les collectivités locales britanniques. Dans le mode qu'ils appellent "*Classically corporate*", le projet SIG est conçu pour toute l'organisation, impulsé centralement depuis le sommet de l'organisation et piloté par une autorité unique, le service informatique ou le service de planification. Dans le mode "*Theoretically/pragmatically corporate*", le projet SIG est plutôt impulsé du bas par plusieurs services qui cherchent à disposer d'outils géomatiques, ou bien par un service transversal (informatique, planification) qui voudrait améliorer le travail en commun et la collaboration des services. Enfin dans le mode "*Fiercely independent*", le projet SIG est porté par un département unique, qui dispose souvent d'une culture de traitement de données et des besoins dans ce domaine.

Si l'on suit Pornon, ces trois modes ne sont en fait que la conséquence d'un processus plus général. Son étude systématique de projets concrets dans des organisations de types très variés (collectivité locale, cabinet de géomètre, Service de l'Etat...) le conduit à penser qu'un projet de SIG génère une double dynamique contradictoire. Une logique de différenciation, liée à une demande d'autonomie de la part d'individus ou de sous-ensembles de l'organisation et un besoin concomitant d'intégration et de centralisation pour coordonner au niveau de l'organisation des actions qui se multiplient. Si l'initiative d'un service pour organiser un SIG autour de son métier ou de son activité prend de l'ampleur, la question de la gestion globale des données de l'organisme et de la cohérence d'ensemble de son action se pose avec force. Émerge alors une activité propre de gestion des données géographiques commune à toute l'organisation. A l'inverse, une action impulsée et coordonnée centralement conduit nécessairement à ignorer ou à relativiser les besoins spécifiques liés aux métiers ou actions de certains services, qui peuvent alors être conduits à développer un système spécifique concurrent mieux adapté à leurs besoins. Ces deux mouvements contradictoires peuvent être alternatifs ou simultanés. Ils expliquent la complexité des situations organisationnelles concrètes dans lesquelles sont souvent conduits les projets SIG et la dynamique de conflits institutionnels, organisationnels et personnels qu'ils révèlent ou génèrent. Cette situation *dialogique* au sens d'Edgar Morin, c'est-à-dire dans laquelle deux éléments opposés se complètent et se combattent à la fois, n'est pas spécifique des SIG. Elle caractérise vraisemblablement tous les systèmes d'information, soumis

au modèle général de tout processus d'auto-organisation, qui, dans la production d'une complexité croissante, doit réussir à la fois une plus grande différenciation de ses parties et une meilleure intégration de celles-ci. La forte visibilité de ce phénomène dans le domaine des SIG s'explique peut-être par la nouveauté et la rapide diffusion de cette technologie.

A partir de l'analyse de Pornon, il est donc possible de remplacer les trois modes de Campbell par les cinq cas de figure de combinaison intégration/coordination ↔ différenciation/autonomie, qu'il propose (voir Tableau 3-4). En toute rigueur, le projet SIG d'une organisation peut combiner des traits opposés d'intégration et d'autonomie. Pornon a d'ailleurs construit un outil d'analyse, un moniteur informatisé, qui sert à analyser dans le détail l'évolution des projets en listant les types de mesures ou de décision.

	DIMENSION COORDINATION (côté direction de l'organisation)	DIMENSION AUTONOMIE (côté service métier)
SC	Système centralisé	Pas d'application cliente chez les opérateurs opérationnels
SF	Système fédérateur	Application cliente d'un serveur hétérogène
SH	Système serveur de clients hétérogènes	Application cliente d'un système fédérateur
ED	Echanges de données	Application échangeant des données
AU	Pas de coordination	Application autonome sans échange

Tableau 3-4. Différenciation des systèmes en fonction de la dynamique contradictoire coordination /autonomie. D'après Pornon (1997)

Une typologie par niveau de décision

P. Bordin insiste sur l'importance du niveau territorial auquel le SIG est conçu et distingue ainsi en France les SIG locaux, communaux, départementaux, régionaux, nationaux et internationaux. Dans d'autres pays, la hiérarchie administrative sera différente, mais le principe restera le même. Cette typologie par niveau territorial est celle qu'utilisent souvent les fournisseurs de données car les types de données sont très dépendants du niveau territorial auquel elles doivent être utilisées. Les SIG fonctionnant à un même niveau territorial ont aussi de plus grandes potentialités d'échange et de partage d'information ou de méthodes. Toutefois, le phénomène d'emboîtement d'échelle fait qu'il est rare qu'un système reste cantonné à un seul niveau territorial. Une commune conçoit un système à la fois au niveau communal et local, mais peut aussi avoir besoin de conceptualiser son action à un niveau supérieur, infra-départemental souvent.

C'est pourquoi nous avons proposé en 1996 de caractériser de manière générale le SIG par le niveau de la décision à laquelle il peut contribuer, à partir de (Kreitner 1992) et (Peters 1994).

On distingue classiquement trois grands niveaux de décision dans une organisation : décision à long terme (problème et décision de type stratégique), à moyen terme (tactique ou managériale) ou à court terme (opérationnelle). La gestion opérationnelle est une action répétitive et à court terme, caractérisée par un travail important, souvent au contact d'opérateurs de terrain et à l'échelle des objets de gestion eux-mêmes qui sont contrôlés, vérifiés, mesurés. A l'autre extrémité, la gestion stratégique envisage la planification des actions à long terme. Chaque type de décision a ses caractéristiques propres et le type d'information utile varie en fonction du niveau (Joliveau, Bessenay et al. 1995) (Tableau 3-5). Un organisme peut assumer les deux niveaux de gestion ou ceux-ci peuvent relever de deux services différents.

	Stratégique	Tactique	Opérationnel
Horizon de planification	Long terme	Moyen terme	Court terme
Précision des résultats	aperçu	Approximation	Très précis
Spatialisation de l'information	Petite échelle	Echelle moyenne	Grande échelle
Abstraction de l'information	Forte	Moyenne	Faible
Répétitivité de la décision	Rare	Moyenne	Forte
Homogénéité de l'information	Faible	Moyenne	Forte
Complexité de la décision	Forte	Moyenne	Simple
Règles de la décision	Peu de règles	Contexte défini	Procédure définie

**Tableau 3-5. Typologie des niveaux de gestion et des caractéristiques de l'information.
D'après Kreitner (1992) et Peters (1994)**

Les SIG construits pour deux niveaux de décision différents ont des caractéristiques différentes, même s'ils sont nécessairement articulés entre eux. L'information dominante d'un système stratégique sera d'origine externe et elle aura un moment (un niveau de traitement et donc un degré d'altération) élevé, à l'inverse d'un système dont les objectifs relèvent plus de la gestion opérationnelle.

Une typologie par le mode de relation à l'espace

La relation que le projet SIG entretient à la portion d'espace qui lui sert de référence peut être très variable. On peut d'emblée distinguer les organismes qui gèrent leurs propres bases de données et les organismes qui fournissent des prestations d'information géographique : fourniture ou production de données, appui méthodologique ou organisationnel. Pour les premiers, l'information géographique est le moyen de remplir une autre mission ; pour les seconds l'information géographique est la mission elle-même. Il existe dans le premier cas une relation à l'espace concret. Dans le second, les promoteurs du SIG n'envisagent en effet aucune action particulière sur les objets présents dans l'espace. Ils se contentent de les décrire de manière neutre, indépendamment d'un objectif de gestion ou d'explication particulier. Il s'agit d'inventorier les phénomènes localisés avec une rigueur et une précision qui dépend d'un cahier des charges fourni et de structurer correctement les informations collectées. Ce mode de relation à l'espace que l'on appellera *descriptif* ne concerne pas que les organismes spécialisés dans la production d'information géographique (cabinets de géomètres ou de topographes, Institut Géographique National, producteurs privés de données et sociétés de géomatique). Il concerne aussi en interne certains services cartographiques ou bureaux des plans (souvent renommés

maintenant services géomatiques), dont la mission est d'administrer des données de référence, indépendamment d'une action quelconque sur le réel.

On peut aussi reprendre la distinction de Cheylan (1991) entre les applications de gestion, qui ne mobilisent qu'un « sous-ensemble très spécifique des informations géographiques rattachables à un espace » et les applications d'aide à la décision et d'aménagement, qui visent à décrire l'espace de la manière la plus exhaustive possible¹. Le premier cas correspond à une approche verticale et sectorielle. Le SIG prend en charge la représentation et le fonctionnement du système déterminé d'objets lié à un secteur ou à une filière donnée, dont le découpage est arbitraire et souvent lié à des structures juridiques ou opérationnelles. Il peut s'agir d'un réseau routier, d'un système d'irrigation, d'un système de production ou d'un système d'allocation des sols. On peut qualifier ce mode de sectoriel. L'espace n'est pas le but premier du SIG. Il apporte les capacités de spatialisation du système à gérer qui sont nécessaires à l'action sectorielle. Au niveau opérationnel, la visualisation des objets dans l'espace (proximité, relation amont-aval, superposition...) peut aider à comprendre le fonctionnement du système. On peut aussi visualiser le contexte spatial des objets de gestion eux-mêmes et améliorer les interventions : visualiser que le réseau d'assainissement coupe telle voie ou que telle usine peut occasionner la pollution constatée permettent de prendre en compte l'environnement du système. Si celui-ci est complexe, une structuration spatiale des données peut aider à simuler des fonctionnements (écoulement dans un réseau, conséquence budgétaire d'une opération, etc.). Au niveau stratégique, une vue spatiale simplifiée du système permet de planifier l'activité dans le temps et dans l'espace, et de la replacer dans son environnement global (localisation des grandes dynamiques d'urbanisation, évolution des autres systèmes de gestion ...). Les systèmes d'objets représentés dans ce mode sectoriel peuvent être très complexes. Ils intègrent souvent de multiples dimensions (techniques, réglementaires, ...) et prennent en charge les actions des usagers des systèmes. Contrairement à ce qui est dit souvent, les traitements spatiaux d'un système sectoriel ne sont pas forcément simples et répétitifs. Il est nécessaire de développer des simulations spatiales complexes de systèmes sectoriels.

Sous le terme *mode spatial*, on décrira les projets dans lequel le SIG a pour finalité de gérer un espace dans sa globalité, et non un sous-système spécifique lié à une filière. « C'est la complétude de l'information sur l'espace considéré » (Cheylan, *op. cit.*) qui est alors visée. Les projets de ce type concernent essentiellement les organismes en charge d'une portion d'espace, comme un établissement industriel qui doit gérer et aménager son site de production, ou ceux qui interviennent dans plusieurs secteurs et tentent de coordonner leurs actions, telle qu'une collectivité ou un service déconcentré de l'Etat. On ne distinguera pas à ce niveau des objectifs de gestion *intégrée*, qui en spatialisant plusieurs systèmes sectoriels, permet leur mise en cohérence spatiale et une *gestion territoriale* qui réinterprète les systèmes sectoriels à partir de la manière dont les divers acteurs de tous ces systèmes se les réapproprient à travers leurs pratiques spatiales ; cette question du territoire des SIG fait l'objet d'une étude détaillée plus loin.

¹ Nous laissons de côté la distinction que J-P. Cheylan fait entre les applications d'aide à la décision et d'aménagement et les applications d'études et de recherche. Il dit lui-même qu'elles sont proches et il nous semble que c'est plus le contexte et le statut des utilisateurs qui font la différence que les finalités de l'application.

Cette typologie, même si elle est organisée autour de la gestion des objets ne concerne pas que des organismes gestionnaires. Les projets SIG d'analyse scientifique en relèvent aussi. S'ils s'organisent non autour d'objets de gestion mais de phénomènes, qu'ils soient physiques, sociaux ou économiques, (un réseau hydrographique, une agglomération urbaine, un type de pollution...), les trois approches possibles existent : une approche tournée vers la mesure du phénomène, une approche portant sur l'ajout d'une dimension spatiale à un phénomène sectoriel, souvent lié à un découpage disciplinaire (hydrologie, biologie, ...) ou une approche de type spatial : géoscience ou écologie du paysage par exemple. Il est évident qu'un projet concret peut relever de plusieurs types différents. Un projet en mode sectoriel peut s'appuyer sur une description cartographique et emprunter des éléments d'analyse scientifique. Dans de nombreux cas, un projet relève cependant d'une dominante.

CRITERES	NIVEAU	NOMBRE DE TYPES	TYPES
1. TYPE D'ORGANISATION	Organisation	Indéfini	- Collectivité locale, bureau d'étude, administration centrale, administration décentralisée...
2. TYPE DE PROJET	Projet	4	- Trans-organisationnel - Organisationnel - Départemental - Personnel
3. DYNAMIQUE DE PROJETS	Organisation	5	- Système centralisé (SC) - Système fédérateur (SF) - Système serveur de clients hétérogènes (SH) - Echanges de données (ED) - Pas de coordination (AU)
4. DOMAINE D'APPLICATION	Projet	Indéfini	- Agriculture, aménagement, défense, risque ...
5. NIVEAU TERRITORIAL	Projet	5	- Local - Communal - Supra-communal - Régional - National - International
6. USAGE DOMINANT DU SIG	Projet	3	- Inventaire - Observatoire - Analyse - Etude - Gestion - Suivi
7. NIVEAU DE DECISION	Projet	3	- Stratégique - Tactique - Organisationnel
8. RELATION A L'ESPACE	Projet	5	- Mode descriptif - Mode sectoriel - Mode spatial

Tableau 3-6. Critères de classification générale des projets SIG

Une grille taxonomique

Une synthèse de ces différentes approches nous permet de construire une grille de critères généraux utilisable pour classer et comparer différents SIG concrets en fonction de leur type (Tableau 3-6). Certains critères sont essentiellement descriptifs, car le nombre de taxons est indéfini. D'autres permettent des comparaisons plus formalisées. Il nous semble indispensable de distinguer deux niveaux, celui du projet et celui de l'organisation. Le niveau du SIG projet correspond à une thématique et à un usage particuliers et qui s'intègrent de manière spécifique à une organisation. Le niveau Organisation prend en compte le cas échéant plusieurs projets SIG. L'analyse doit entrelacer les deux niveaux pour comprendre les types de systèmes. Les différents critères peuvent théoriquement tous être combinés entre eux. On peut faire l'hypothèse qu'à chaque combinaison correspondent des systèmes observables aux caractéristiques techniques, informationnelles et humaines analogues.

1.2. Application aux SIG d'une grande agglomération

Pour être validée, cette hypothèse demanderait la réalisation d'une enquête auprès d'un grand nombre de SIG, qui permettrait de rassembler les informations nécessaires à cette étude comparative. En guise de pré-enquête rétrospective (!), nous avons appliqué cette grille aux données collectées lors d'une étude menée en 1998-1999¹, dans laquelle a été enquêtée la très grande majorité des expériences SIG existant à l'époque dans l'agglomération stéphanoise. La question à laquelle l'étude devait répondre était d'évaluer la possibilité d'une coopération entre les différents organismes de l'agglomération mettant en œuvre un SIG ou envisageant d'en développer un à court terme. Les données n'ont pas été collectées directement en fonction de la grille proposée, mais comme l'objectif était de décrire la nature des différents projets SIG de l'agglomération, la réorganisation en fonction de la grille du matériel collecté reste méthodologiquement acceptable.

Dans une grande agglomération comme Saint-Etienne, il existait en 1999 de multiples SIG qui relevaient d'initiatives distinctes et se développaient de manière plus ou moins autonome. On trouvait des projets SIG dans les organismes suivants² :

- l'Office National des Forêts (ONF),
- la Direction Départementale de l'Équipement de la Loire (DDE),
- le Conseil Général, à la DVD (Direction de la Voirie Départementale) et à la DARAT (Direction de l'Aménagement rural, de l'agriculture et du territoire)
- le Comité d'Expansion de la Loire (CEL),
- le Syndicat Intercommunal d'Énergie de la Loire (SIEL),
- la Chambre Départementale d'Agriculture de la Loire (CA),

¹ Cette étude portait sur une analyse des potentialités et modalités de coopération dans le domaine de la gestion de l'information géographique au niveau de l'agglomération stéphanoise. Les enquêtes ont été menées par les étudiants du DESS SIG & Gestion de l'espace (Joliveau 1999)

² En laissant de côté les organismes nationaux gestionnaires de réseaux (EDF, France Télécom, ...) qui étaient à l'époque peu ouverts aux coopérations en ce domaine.

- la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI),
- l'Agence d'Urbanisme EPURES,
- la Société de Transports de l'Agglomération Stéphanoise (STAS),
- les Houillères du Bassin Centre Midi (HBCM).

Parmi les quelques communes équipées, deux collectivités de taille différente ont été choisies comme référence :

- la Ville de Saint-Etienne
- la Ville de Saint-Priest.

Le Tableau 3-7 synthétise les grandes applications des différents systèmes et la nature des moyens mis en place. On constate d'emblée que l'envergure et les ambitions de ces systèmes étaient très variables. La DVD du Conseil général et la Ville de Saint-Etienne disposaient d'un outil logiciel complexe (APIC), nécessitant un personnel spécialisé. L'infrastructure matérielle était à la hauteur et un service spécifique prenait en charge l'administration des données. La DDE, avec une autre architecture logicielle, disposait aussi d'une structure de coordination SIG. D'autres organismes (Chambre d'Agriculture, EPURES, STAS, SIEL) étaient équipés de plusieurs licences de logiciels fonctionnant sur micro-ordinateur (Géoconcept, Mapinfo, Arcview) et/ou d'un réseau. Au Comité d'Expansion, à Saint-Priest ou à l'ONF, même si un seul poste était réservé au SIG, le fait que plusieurs utilisateurs fussent formés témoignait de la diffusion du SIG dans la structure. Les autres organismes ne disposaient que d'une licence logicielle et n'avaient pas dégagé la totalité d'un emploi pour le SIG. Ils en étaient soit au début, soit végétaient depuis plusieurs années.

Les types d'organisation

Première constatation, dans une grande agglomération comme Saint-Etienne les SIG sont l'apanage d'organismes publics, parapublics ou en charge de concessions de service public. Ce sont eux qui dominent en 1999 dans notre liste : communes, conseil général, communauté d'agglomération, services déconcentrés de l'Etat. Les deux grands organismes consulaires départementaux que sont la Chambre d'Agriculture et d'Industrie et la Chambre de Commerce sont aussi officiellement équipés. Des structures universitaires comme l'Institut Universitaire de Technologie (IUT), l'Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne (EMSE) ou l'Université mettaient aussi en œuvre des SIG dans le domaine de l'enseignement ou de la recherche.

Organisations	Principaux champs d'application du SIG	Principales composantes du SIG
Office National des Forêts (ONF)	- Gestion et aménagement de la forêt et des espaces naturels - Gestion des domaines, des types d'essences et des coupes	- 1 PC - 1 ArcView - 1 opérateur + 1 technicien
Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS)	- Santé et environnement liés à l'eau potable	- prévu à court terme
Direction Départementale de l'Équipement (DDE)	Structuration d'une Base de données départementale : - Données d'urbanisme : OPAH, logements collectifs, ZAC - Données environnementales : bassins versants, zones humides, ZNIEFF, qualité de l'eau des cours d'eau, monuments historiques, problèmes liés au bruit, risques naturels, etc. - Données routières...	- 1 réseau de PC - 4 licences MapInfo - 1 responsable SIG, techniciens et utilisateurs formés
Conseil Général (Direction de l'Aménagement Rural, de l'Agriculture et du Territoire : DARAT)	- Espaces Naturels Sensibles (ENS) - Gestion des déchets	- 1 licence MapInfo - 1 technicienne à 60 %
Conseil Général (Direction de la Voirie Départementale : DVD)	- Renouvellement des couches de roulement - Mise hors gel du réseau et barrières de dégel - Tableau de bord de l'insécurité routière (accidents et trafic) - Gestion de la signalisation - Entretien des ouvrages d'art	- 4 stations UNIX, APIC - 1 licence Space Windows - 1 licence ArcView - 1 ingénieur SIG + 2 techniciens
Comité d'Expansion de la Loire (CEL)	- Cartographie dynamique des données socio-démographiques - Observatoire des zones d'activités	- 1 licence MapInfo - 1 réseau interne pour consultation - 1 chargé d'études SIG
Chambre Départementale d'Agriculture (C.A.) et ADASEA	- Gérer l'exploitation des surfaces agricoles (utilisation des surfaces, structure parcellaire, travaux d'aménagement (irrigation, drainage...) - A terme : plans d'épandage, recyclage des boues des stations d'épuration, protection des sources d'eau potable, irrigation, lutte contre l'érosion, gestion des aides européennes, aménagement des structures foncières	- 2 licences Géoconcept - 1 spécialiste SIG
Syndicat Intercommunal d'Énergies du Département de la Loire (SIEL)	- Gestion des réseaux d'éclairage public - Production d'avant-projets détaillés - Mise à disposition des communes de la cartographie des réseaux	- 1 licence MapInfo - 1 licence Microstation + outil métier - 1 responsable informatique + 1 chargé d'exploitation
Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI)	- Tableau de bord économique local	- 1 licence MapInfo - 1 chargé d'études CDD
Agence d'Urbanisme EPURES	- Gestion des POS - Observatoire de l'habitat, des déplacements, des emplois, de l'activité économique, de l'occupation du sol, de l'environnement	- 3 licences ArcView PC - 3 chargés d'étude + 3 ateliers Images
Société de Transports de l'Agglomération Stéphanoise (STAS)	- Cartographie des enquêtes et données internes - Planification à moyen ou long terme du développement du réseau	- 2 licences MapInfo - Outils du service marketing (1 chargé d'étude + 1 technicien)
Houillères du Bassin Centre Midi (HBCM)	- Gestion de la communication de l'information sur le sous-sol et le passé minier des parcelles	- 1 licence ArcView - 1 dessinateur
Ville de Saint-Etienne	- Maintenance de la BDU : cadastre, POS, commerces, parc HLM, voies, pompiers, éclairage public, panneaux indicateurs, accidents de la circulation, points topographiques, numérotation de la voirie, réseaux d'eau et d'assainissement, patrimoine architectural et urbain, panneaux publicitaires - Gestion des plans - Gestion du patrimoine - Applications spécialisées	Service informatique : - 15 licences APIC UNIX - 3 informaticiens Service urbanisme : - 1 licence ArcView - 1 spécialiste SIG
Ville de Saint-Priest	- Mise à jour des données - Entretien des réseaux - Gestion des concessions du cimetière - Gestion fiscale, TF, TH, TP - POS et instruction des dossiers d'urbanisme - Eclairage public - Réseaux d'assainissement et d'eau potable - Collecte des déchets	- 1 licence ArcView - 1 technicien formé aux SIG - des utilisateurs formés

Tableau 3-7. Principales caractéristiques des SIG de l'agglomération stéphanoise

Les entreprises privées sont plus rares et participent d'une logique de service public. La STAS s'occupe des transports urbains. Même si l'activité des Houillères est de type production, elle a un statut d'établissement public (Charbonnages de France). Le SIG y avait aussi une vocation de service quasi public puisqu'il servait à l'époque essentiellement à gérer la « renonciation » aux concessions, à réaliser la mise en sécurité des ouvrages miniers et à réhabiliter les sites, une fois stoppée l'exploitation. La société Casino avait certes mis en place un SIG mais pour planifier son développement international et non gérer ses implantations dans l'agglomération. Par ailleurs les établissements gérant des succursales, telles que les grandes banques de la place, n'étaient à l'époque pas équipés localement d'outils géomatiques. La Poste disposait d'un SIG lui permettant d'analyser la couverture de son réseau de service financier, d'analyser les zones de chalandises et de planifier la localisation des fermetures et ouvertures de bureaux, mais ce service était situé au niveau de la Direction Régionale à Lyon.

La taille des organismes concernés était en 1999 extrêmement variée, de quelques dizaines d'agents à plusieurs centaines. Il en va de même de leurs missions qui couvraient l'ensemble des activités : transports, agriculture, équipement, foresterie, commerce, énergie, urbanisme, foncier, risque...

Les types de projets SIG

Les projets SIG enquêtés sont quasi exclusivement de types *départemental* ou *organisationnel*, si l'on élimine les SIG *personnels* construits par les étudiants de l'Université, de l'Institut Universitaire de Technologie ou des élèves de l'École des Mines, organismes d'ailleurs non enquêtés. La marque d'un projet *organisationnel* est que son pilotage et son impulsion concernent l'ensemble de l'organisation. Par exemple, en 1999 le SIG de la Ville de Saint-Etienne est clairement organisationnel. Son pilotage se fait par un service spécialisé dépendant du service informatique. Même si la Base de Données Urbaines de Saint-Etienne comporte en 1999 plusieurs applications utilisées par des services différents, il existe une standardisation de la conception, une coordination des outils utilisés et une mise en commun de données partagées. La Chambre d'Agriculture dispose aussi d'un service SIG spécifique, qui prend en charge toutes les questions liées à la gestion de l'information géographique de la Chambre. A l'Agence d'urbanisme EPURES, l'activité SIG est complètement transversale puisqu'elle regroupe des personnes appartenant à des services fonctionnels différents.

Au Conseil Général au contraire, les SIG sont en 1999 de type *départemental* : les deux Directions DVD (Voirie départementale) et DARAT (Environnement et Aménagement) ont développé de manière autonome chacune un SIG sans concertation entre elles. Il en va de même à la STAS où le SIG ne concerne en 1999 que l'activité commerciale et marketing et aux HBCM où l'activité SIG concerne essentiellement l'Unité de Gestion des Sites Arrêtés (UGSA), même si le service immobilier commence à utiliser le SIG de façon ponctuelle pour la gestion des propriétés. Dans d'autres organismes, le SIG se trouve dans un service particulier, souvent le service aménagement, mais celui-ci peut travailler pour d'autres services. L'observatoire SIG de la DDE est ainsi rattaché non au niveau de la Direction ni d'un service transversal comme le Secrétariat général mais à l'intérieur du service Aménagement et Environnement, même s'il coordonne l'ensemble des actions SIG de la Direction.

Le seul projet *trans-organisationnel* observable en 1999 était justement celui qui avait donné lieu à l'enquête, puisque celle-ci avait pour but d'évaluer la possibilité d'une coopération des différents projets SIG de l'agglomération. Ce projet était porté principalement par EPURES, la

DDE et la Communauté de Communes de Saint-Etienne Métropole. Même si des collaborations d'échanges de données existaient à l'époque, il est cependant difficile de parler de projet véritablement trans-organisationnel.

La dynamique des projets

Il serait illusoire de prétendre dresser finement à partir des données de l'enquête les profils de dynamique des projets. Dans les organismes de taille limitée, où le nombre d'acteurs est réduit, il est difficile de percevoir le jeu de la dialogique intégration/coordination ↔ différenciation/autonomie sans une analyse spécifique et approfondie. Deux exemples sont cependant intéressants : celui de la Ville de Saint-Etienne et celui du Conseil Général, qui sont les systèmes les plus anciens et les plus complexes de l'agglomération.

Les racines du projet SIG de la Ville de Saint-Etienne remontent à 1973, date d'élaboration de la première convention avec le Service des Impôts pour l'acquisition du cadastre numérique. La phase "moderne" du SIG a commencé en 1992 avec la création de la Banque de Données Urbaine (BDU) et le choix d'une technologie organisée autour du logiciel APIC. Le projet est de type centralisé (SC). Un Service Informatique de 3 personnes gère dans la BDU les données communes à l'ensemble des services. Les données spécifiques à un service peuvent être ajoutées à la base mais le principe général est que la responsabilité des données relève du service qui demande leur intégration. Le service informatique s'occupe aussi du développement d'applications pour les services intéressés. L'intégration de nouvelles données ou la modification des caractéristiques d'une application nécessitent donc de passer par le service informatique, seul apte à utiliser le logiciel SIG complexe et fonctionnant sur le système d'exploitation UNIX. A partir de 1999, le Bureau du Plan, situé dans le service de l'urbanisme, a développé une activité SIG orientée vers l'analyse, la cartographie d'étude et la création d'observatoires. Le logiciel SIG choisi par ce service (Arcview) est de type bureautique, et ne s'intègre pas complètement dans le système logiciel de la BDU, même s'il peut en extraire des données. Cette stratégie permet au service de l'urbanisme de devenir plus autonome dans la gestion et l'analyse des données. Bien qu'officiellement complémentaires, les deux initiatives apparaissent rapidement concurrentes. La souplesse du logiciel bureautique risque de conduire d'autres services à demander des traitements d'information au Bureau du Plan. Le système centralisé se double d'un système d'échange de données entre applications autonomes (ED). Le risque d'un éclatement de la BDU en de multiples systèmes de données incohérentes conduit le service informatique à faire évoluer son système informatique et à faire migrer récemment la base de données d'APIC à Oracle Spatial, dont Arcview est client. Dans la situation actuelle, on peut dire que le SIG de la Ville de Saint-Etienne relève du type de serveur de clients hétérogènes. C'est l'exemple d'un système marqué originellement par une politique d'intégration/coordination qui génère par réaction une initiative d'autonomie d'un service qui conduit en retour à proposer une stratégie de compromis. Il semble même que la dynamique soit plutôt à une nouvelle centralisation du système au service informatique, ce qui s'est traduit par des arbitrages récents en faveur du Service informatique.

Le SIG du Conseil Général date lui aussi de la fin des années quatre-vingt et a opté à l'époque pour le même choix technologique que la Ville de Saint-Etienne : le logiciel APIC. Même s'il est lancé à partir de préoccupations concernant la voirie départementale, le Système d'Information Géographique pour l'Aménagement de la Loire (SIGAL) a dès l'origine l'ambition de fédérer les données disponibles dans tous les domaines de l'action

départementale : la route, l'eau, les déchets, les aides et subventions, l'action sociale, les hébergements touristiques, les zones naturelles sensibles, les monuments historiques, les transports interurbains de voyageurs, les transports scolaires, la fiscalité et tous les éléments statistiques de la population... Dès 1989, la Direction de la Voirie Départementale s'équipe d'APIC pour la gestion de son réseau de voirie départementale. Une cellule est créée qui prend en charge la digitalisation du réseau puis le développement de nombreuses et complexes applications. En 1991 la création du service Environnement au sein de la DARAT (Direction de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Aménagement du Territoire) s'accompagne aussi de l'acquisition du logiciel APIC. Mais, à l'époque, les objectifs de réalisation dans le domaine de l'environnement sont mal définis. Le projet d'une application SIG portant sur la gestion du canal du Forez est ainsi étudié mais la gestion étant en définitive dévolue au service agricole, l'outil SIG ne constitue plus une priorité. La DARAT s'écarte alors progressivement des choix techniques de la DVD, abandonne APIC pour des logiciels plus simples à mettre en œuvre qu'il emploie essentiellement à des fins d'inventaire et de cartographie. Les autres services du Conseil général sont restés longtemps complètement à l'écart du SIG. Le Conseil Général illustre un projet né au départ dans une logique de système fédérateur (SF) mais qui s'est rapidement transformé en un système d'applications autonomes (AU), par manque de volonté de coordination ou de nécessité de globalisation à l'échelle de l'organisation.

Cette logique pourrait vraisemblablement s'observer dans d'autres organismes, dès que le SIG devient assez général pour que se pose sa cohérence à l'échelle de l'organisation et que, dans le même temps, les besoins spécifiques de services ou d'utilisateurs variés conduisent à des stratégies de différenciation et d'autonomie.

Les thématiques abordées

Les thématiques des SIG sont bien entendu dépendantes de celles des institutions qui les mettent en œuvre. Dans de nombreux cas, des SIG différents relèvent des mêmes thématiques. La thématique transports regroupe les SIG de la DVD du Conseil Général (réseau routier départemental), de la DDE (réseau routier national), de la STAS (réseau de transport collectif urbain) et des SIG communaux (routes et chemins communaux). Les SIG de la Chambre d'Agriculture, d'EPURES, de l'ONF, de la DARAT, de la DDE relèvent à divers degrés d'une thématique générale de type aménagement du territoire rural, ceux d'EPURES, de la DDE et des communes urbaines de l'aménagement du territoire urbain. La gestion des activités économiques concerne les SIG du Comité d'Expansion, de la CCI et d'EPURES. Une thématique environnementale est perceptible dans les objectifs des SIG de la DARAT, d'EPURES, etc..

Chacune de ces thématiques est abordée à travers le prisme de chaque organisation, mais les données collectées ou les cartes produites sont souvent complémentaires. *A contrario*, de nombreux domaines ne sont pas couverts. En environnement, les thèmes de la pollution de l'air, de l'eau et des sols, de la gestion des déchets ne sont guère ou pas du tout représentés dans les SIG de 1999. Dans le domaine du risque, si la question de la sécurité routière est abordée, d'autres domaines ne sont qu'envisagés : inondation, sécurité des personnes et des biens...

Le niveau territorial

Un premier descripteur utilisable est l'extension maximale de la zone que le SIG doit couvrir (éventuellement à terme, si la construction du système est progressive). A Saint-Etienne,

certaines SIG s'organisent selon les découpages administratifs. Au niveau communal, on trouve bien entendu les SIG des communes, au niveau départemental ceux des services déconcentrés de l'Etat et du Conseil Général, des organismes consulaires (Chambres d'Agriculture et d'Industrie), du Comité d'Expansion, de l'ONF et du SIEL dont l'action ne concerne que les communes du Département. Le SIG des Houillères reprend la délimitation des anciens sites miniers et relève d'un niveau local. L'action de la STAS concerne un niveau supra-communal. La société exploitait en 1999 le réseau de transports urbains de l'agglomération de Saint-Etienne pour le compte du SIOTAS (Syndicat Intercommunal pour l'Organisation des Transports Collectifs de l'Agglomération Stéphanoise) qui regroupait 15 communes de l'agglomération stéphanoise. Le SIG d'EPURES est aussi supra-communal. Il correspond au périmètre statutaire de l'Agence, c'est-à-dire les limites des 61 communes qui y adhèrent et qui sont toutes situées dans le Département de la Loire.

Cette structuration politico-administrative a par ailleurs des conséquences inattendues dans la mise à disposition de données officielles. Les données cadastrales sont fournies par la Direction Générale des Impôts uniquement au niveau de la commune et l'Institut Géographique National propose certaines de ses bases de données par département. La Chambre régionale d'Agriculture structure quant à elle son inventaire des sols aussi au niveau départemental, etc..

On peut aussi affiner l'analyse en précisant la forme de l'extension spatiale à gérer. Certains organismes gèrent leur espace en continu. Aucune portion de l'espace relevant de sa compétence ne doit, politiquement ou réglementairement, être laissée de côté. Il en va ainsi des administrations municipales, départementales et étatiques, ainsi que des organismes consulaires. Certains organismes gèrent des espaces discontinus, en fonction de leur nature ou leur statut. Les HBCM gèrent une liste de concessions minières. Le SIEL n'a pas en concession les réseaux d'électricité de toutes les communes, mais uniquement de celles qui adhèrent au syndicat (ce n'est pas le cas de Saint-Etienne et Saint-Priest par exemple). Enfin certains organismes (DVD, DDE, STAS, SIEL) ne gèrent pas des espaces mais des réseaux. Mais dans ce cas, il arrive cependant que les gestionnaires de réseaux soient amenés à prendre en charge la description simplifiée de l'espace structuré par le réseau (démographie communale pour la DVD, dynamique urbaine pour la STAS). Enfin, les formes des extensions spatiales peuvent varier en fonction des missions de l'Organisme. L'ONF, dans sa mission Régime forestier, gère des massifs forestiers isolés. En revanche, quand il tente de se positionner en organisme d'étude des espaces naturels, il se confronte à un espace continu.

L'usage dominant

On peut classer les différents SIG dans les trois catégories repérées plus haut : Inventaire/observatoire, Analyse/étude, Gestion/suivi. Le type Gestion/suivi semble le plus courant. Toutes les applications routinières des SIG communaux (à Saint-Etienne, celles de la BDU) sont de ce type, qu'elles concernent le cadastre, l'urbanisme réglementaire, la gestion des permis de construire, la voirie, les concessions du cimetière, la collecte des déchets ou d'autres applications spécialisées. Le SIG des Houillères, qui peut s'assimiler à une gestion de concessions, relève aussi de ce type. Les systèmes du Comité d'expansion ou celui, embryonnaire, de la CCI relèvent plus en 1999 du type Inventaire/observatoire, comme ceux de la DARAT du Conseil général et du Comité d'Expansion. L'objectif principal est de saisir et de cartographier les données de références nécessaires à l'activité de l'organisation. Le système de la Chambre d'Agriculture semble relever en 1999 principalement du type Analyse/étude, qu'il

s'agisse de diagnostics territoriaux et paysagers à l'échelle communale, ou de prestations cartographiques : plans d'épandage des boues de stations d'épuration, plans de restructuration foncière, Plans d'Occupation des Sols.

Évidemment, les objectifs de certains systèmes sont mixtes. L'application de l'ONF vise à décrire un système biologique (la forêt) dans un contexte de gestion de plan forestier (entretien, coupe, débardage), mais, comme celui de la Chambre d'Agriculture, il est envisagé que le SIG puisse servir aussi dans des logiques d'études en prestation ou de fourniture de plans. La combinaison Inventaire/observatoire et Analyse/étude est caractéristique du SIG du Bureau du plan de la ville de Saint-Etienne et du SIG d'EPURES. Le système de la DVD couple des applications de Gestion/suivi et d'Analyse/étude (schéma directeur de signalisation, stratégie de mise hors-gel). Le Système du SIEL couple Gestion/suivi des réseaux d'éclairage public et inventaire cartographique des réseaux à destination des communes.

Le niveau de décision

Les données de l'enquête ne permettent pas toujours de juger du niveau de décision du SIG pour l'organisation. On pourrait être tenté de réserver la distinction aux systèmes de Gestion-suivi mais ce serait une erreur. Le Comité d'Expansion dispose ainsi en 1999 d'un observatoire plutôt stratégique (la base de données communales Géraldine) et d'un observatoire plutôt tactique-opérationnel sur les zones d'activité, qui permet par exemple un suivi régulier de leur taux de remplissage. Il en va de même des SIG de type Analyse-étude de la Chambre d'Agriculture. Ceux constitués pour la gestion des plans d'épandage sont nettement opérationnels et ceux consacrés aux études paysagères communales de niveau typiquement stratégique. On trouve aussi des systèmes de différents niveaux en Gestion-suivi. Certains peuvent être classés comme de type opérationnel, permettant des décisions quotidiennes ; c'est le cas du SIG des Houillères et de nombre d'applications communales. A la Ville de Saint-Etienne, certaines applications relèvent du suivi de l'opérationnel : concessions de cimetière, panneaux de signalisation, instruction des permis de construire... D'autres sont plus tactiques : calculs statistiques pour les Plans d'Occupation des Sols. Les applications du Bureau du Plan sont plus stratégiques (rénovation de l'habitat).

Le SIG de la DVD est suffisamment complexe pour mériter un commentaire spécifique. A ses fonctions de gestion quotidienne de travaux, le système joint une vocation d'outil stratégique. L'objectif général du SIG est de prendre des décisions de manière objective et de les faire comprendre à des non-spécialistes tels que les élus. Le SIG supporte ainsi un tableau de bord de l'insécurité routière. Toutes les années, le fichier des accidents des forces de police est intégré automatiquement dans le système. Divers traitements permettent de calculer la densité des accidents sur le réseau départemental, de localiser les zones à risque et de prendre les décisions nécessaires à l'amélioration de la sécurité routière. Des applications d'aide à la décision fondée sur des simulations ont aussi été développées. Par exemple, en couplant le SIG à un logiciel calculant la résistance des chaussées au dégel, le SIG permet d'élaborer une stratégie de mise hors gel du réseau et de localisation de barrières de dégel. En tenant compte de différents phénomènes (trafic, altitude, climatologie, état du réseau...), le SIG simule pour un indice de gel donné, les barrières de dégel qu'il serait nécessaire de poser. La cartographie de ces barrières permet d'optimiser leur programmation et le SIG suit la réalisation du programme de renforcement du réseau. En revanche, d'autres systèmes plus récents en étaient encore en 1999 à une phase d'inventaire et de représentation cartographique des données (Agence d'urbanisme

EPURES, Comité d'Expansion, Office National des Forêts, HBM), avec des objectifs différents. Le Comité d'Expansion se posait plus des problèmes de mise à disposition à distance de l'information pour ses partenaires. Le SIEL était confronté à la mise au point d'une procédure décentralisée de collecte de données confiée à ses prestataires. Enfin, certains organismes débutaient timidement dans les SIG, alors qu'ils étaient des producteurs importants de données (CCI, DDAF, DDASS).

Mode de relation à l'espace

Comme nous n'avons pas enquêté les organismes fournisseurs d'information (géomètres topographes, fournisseurs de données ...), un seul projet peut être caractérisé comme descriptif, la BDU de la Ville de Saint-Etienne, dont la fonction principale est de maintenir à jour les éléments de référence de la base de données spatiales de Saint-Etienne et de les mettre à la disposition de tous les services. Dans les autres projet, cette fonction de description "neutre", indépendante d'une action sur les objets réels, est encore rarement autonomisée.

Nombreux sont les projets fonctionnant en mode sectoriel, souvent de manière très parcellisée. La gestion du réseau routier relève dans une agglomération comme Saint-Etienne de plusieurs SIG. La voirie communale est représentée dans les SIG communaux, la voirie départementale dans celui de la DVD, les routes nationales et autoroutes dans celui de la DDE. Les autoroutes à péage relèvent des sociétés concessionnaires. La même route relève de différents systèmes selon qu'il s'agit de son revêtement, de sa signalisation ou de la circulation. Il en va de même des cours d'eau qui relèvent de gestionnaires très différents. La police de l'eau dépend de la DDE en zone urbaine et de la DDA en zone rurale. La DDE s'occupe des crues, la Direction régionale de l'Environnement des milieux naturels, les syndicats formés pour les contrats de rivière des travaux de restauration, etc.. Les exemples de gestion sectorielle sont infinies (foncier, droit à construire, réseaux divers, ...). Les projets SIG de gestion sectoriel sont les plus nombreux. A Saint-Etienne en 1999, la plupart des domaines étaient couverts, certains à des niveaux opérationnels et stratégiques (routes), d'autres uniquement stratégiques (transports urbains).

Certains organismes ont une mission plus sectorielle liée à la gestion d'une activité dans son ensemble, dont la traduction spatiale de certains de ses aspects est utile ou nécessaire : les chambres consulaires sont dans ce cas ainsi que le Comité d'Expansion. L'effet structurant de l'espace dépend alors nettement du caractère de l'activité. L'agriculture a une action de nature beaucoup plus spatialisée que le commerce et l'industrie, et le SIG de la Chambre d'Agriculture s'avère nettement plus développé que celui de la CCI, ce qui rend difficile une analyse spatiale de la régression du petit commerce par exemple. Enfin certains organismes sont en charge de filières ou systèmes relativement spécialisés avec des objectifs à caractère plutôt technique : ONF, STAS, SIEL, HBCM. La place du SIG dépend de l'importance de la dimension spatiale du système technique à gérer. Dans les cas de la forêt, des transports, de l'électricité et des mines, cette dimension spatiale est indéniablement plus forte que dans la gestion d'une implantation commerciale ou bancaire par exemple.

Enfin certains systèmes relèvent plutôt du mode spatial. Certains organismes ont une mission de mise en cohérence spatiale d'actions relevant de multiples activités : les collectivités locales et territoriales : Villes, Conseil Général, services déconcentrés de l'Etat (DDE), Agence EPURES. L'espace est alors la clé principale pour la mise en cohérence des actions et le SIG se trouve (ou devrait se trouver) au cœur de l'organisme.

Éléments de synthèse

Les SIG observables dans l'agglomération de Saint-Etienne étaient donc en 1999 d'une très grande diversité, quels que soient les critères utilisés : type de projets, usage dominant, profil de dynamique. Cette diversité s'explique bien entendu d'abord par le fait que ces systèmes sont conçus pour répondre aux objectifs spécifiques d'une organisation précise. Chaque SIG a son histoire propre qui produit une combinaison spécifique d'hommes, de données, d'outils et de méthode. L'ancienneté de cette histoire est importante. Les organismes ayant débuté le plus tôt (DVD, Ville de Saint-Etienne), ont opté pour des solutions logicielles sur station de travail UNIX. Cela s'explique par le volume de données à traiter et des exigences de sécurité mais aussi par la disponibilité des outils à l'époque du démarrage. L'apparition ultérieure d'autres logiciels (Arcview ou Space Windows par exemple) associée à l'émergence de nouveaux objectifs comme la communication vers le grand public, l'analyse exploratoire des données ou l'intégration d'applications métiers clés en main ont conduit à un repositionnement technique de ces systèmes. Les projets qui se sont lancés plus récemment, disposant de compétences informatiques plus limitées et de logiciels bureautiques plus complets, ont plutôt opté pour des solutions sur micro-ordinateur.

Pour ce qui est des ressources humaines, la situation est aussi contrastée. Seul un organisme dispose de plusieurs spécialistes SIG : la ville de Saint-Etienne. Plus nombreux sont ceux qui disposent de l'équivalent d'au moins une personne en charge spécifiquement du SIG à quasi temps plein : DDE, Comité d'expansion, DVD, Chambre d'agriculture, SIEL, EPURES, STAS, Ville de Saint-Priest. La CCI, les HBCM, la DARAT, l'ONF quant à eux ne disposent pas d'une personne à plein temps. Par ailleurs, en se fondant sur le nombre de licences de logiciel par organisme, on peut évaluer le nombre d'utilisateurs en dehors des spécialistes SIG proprement dits : seules la DDE, la DVD, la chambre d'agriculture, EPURES, la STAS et la Ville de Saint-Etienne semblent disposer de plus d'une licence. C'est à dire que dans les autres services, une seule personne à la fois peut avoir accès aux données du SIG (ceci est à moduler : il existe parfois des solutions pour consulter les données sans avoir une licence à sa disposition). En 1999, les SIG restent donc fragiles dans la plupart des organisations stéphanoises.

Enfin, du point de vue des données, il faut pointer la grande diversité des référentiels spatiaux, qui montre le caractère étanche des démarches. L'ONF et la DVD ont constitué leur jeu de données par rapport à des levés spécifiques de terrain pour certaines applications. Le cadastre de la DGI sert de principal référentiel à la DARAT, la Chambre d'Agriculture, le SIEL, EPURES, les HBCM, les Villes de Saint-Etienne et Saint-Priest. L'ONF, la DDE, la DVD, la Chambre d'Agriculture, EPURES se réfèrent aussi pour certaines applications aux cartes topographiques scannées ou aux bases de données de l'IGN. Le Comité d'expansion se localise par rapport au scan100 de l'IGN et la STAS par rapport à la base de données Géoroute, toujours de l'IGN. Cette multiplicité des référentiels est un facteur de différenciation des systèmes.

Toutefois, ces systèmes ne sont ni homogènes ni statiques. A l'intérieur des organisations, cohabitent souvent différentes applications, parfois portées par des services distincts et qui visent à proposer des solutions informatiques à des familles de problèmes à la fois très particuliers et très formalisés. Même si l'origine du besoin est spécialisée, le développement du SIG finit par nécessiter la coordination de la collecte, gestion et maintenance des données nécessaires à l'activité de l'organisation. Les organismes aux SIG un peu étoffés ont donc tous une cellule en charge de la gestion des données communes de l'organisme, dont le travail est moins lié à des questions spécifiques et se confronte à des questions de méthode plus générales.

En conclusion, on peut questionner à partir du cas stéphanois la pertinence de la typologie Inventaire/observatoire, Gestion/suivi, Analyse/étude quand on en considère qu'un SIG ne relève jamais d'une seule de ces catégories. On voit cohabiter dans une même organisation des systèmes de types différents, pouvant répondre à différents niveaux de décision. Par ailleurs les systèmes évoluent. Créés le plus souvent en fonction d'un usage particulier, ils s'élargissent très souvent dans un second temps à un usage complémentaire. Le SIEL semble ainsi compléter son système de Gestion/suivi par un système Inventaire/observatoire. La DVD a construit à partir de son système de Gestion/suivi un système d'Analyse/étude (DVD). Il n'y a donc pas de parcours obligé qui mènerait un système de l'inventaire à l'analyse puis à la modélisation comme le pensaient Crain et Mc Donald (*op.cit.*). Il nous semble cependant que cette typologie correspond bien à des natures de données et de traitement différentes et s'avère pertinente pour qualifier, comme on l'indiquait, des différences entre projets SIG à l'intérieur du SIG global.

2. Cohérence spatiale et dimension territoriale

Le chapitre précédent envisageait les différents SIG de l'agglomération stéphanoise en 1999 comme des projets isolés et distincts et permettait de constater à la fois leur diversité et les caractéristiques communes qui pouvaient les rapprocher (domaine d'application, usage dominant...). Or ces projets concernent pour tout ou partie le même espace, décrivent plus ou moins les mêmes objets et répondent parfois à des questions comparables. Ces projets ont donc vocation à entrer en relation les uns avec les autres et des collaborations à se tisser entre les différents partenaires œuvrant sur cet espace commun. Nous nous attachons dans un premier temps à comprendre les liens qui existent entre ces systèmes et si l'on peut discerner, au-delà de simples collaborations ponctuelles, une logique territoriale commune. Nous combinons pour ce faire une lecture critique de la bibliographie théorique sur ces questions et un essai d'application de l'approche conceptuelle à la situation stéphanoise. Dans un deuxième temps, nous proposons une analyse critique de deux constructions conceptuelles visant à concevoir à partir des technologies et méthodes des SIG des systèmes d'information du territoire.

2.1. Liens organisationnels et cohérence spatiale

Même s'ils appartiennent à des organisations différentes, les projets SIG entretiennent des relations liées à la nature des problèmes qu'ils ont à résoudre. Dans la plupart des domaines, le réel n'a pas de couture et les missions ou prérogatives des organismes s'appliquent très souvent à des objets partagés avec d'autres. Les organismes sont donc conduits à comparer des cartes présentant les mêmes objets, à échanger des informations ou à construire des collaborations sur des sujets spécifiques. Cela ne signifie pas que les SIG des différents organismes doivent se structurer autour d'objets identiques. Chacun organise et structure son information en fonction de ses propres besoins. Mais la dimension sectorielle de l'action peut les amener progressivement à homogénéiser l'information commune. Par exemple la DVD avait constitué historiquement le descriptif de son réseau routier dans son propre référentiel. Quand est apparu le référentiel de la BD Topo de l'IGN, choisi par d'autres services, les écarts de localisation pouvaient se révéler gênants et conduire le service à changer de référentiel. Il semble cependant que cette logique sectorielle joue peu dans la convergence des SIG. Chacun des organismes dispose de la représentation de la réalité dont il a besoin pour atteindre ses objectifs propres

Les relations entre différents projets SIG : une vue théorique

Ce type de question a généré outre Atlantique depuis le milieu des années 90, en particulier à travers l'initiative 17 du National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), tout un courant de recherche essentiellement méthodologique à propos des modes de décision collaborative (Jankowski et Nyerges 2001). En France la question a été abordée de manière plus pragmatique, à travers le prisme des partenariats (Pornon 1998). La question des animations régionales s'en rapproche (CNIG 2000). Il s'agit d'initiatives de nature diverse, le plus souvent à l'échelle régionale, qui visent à réunir un certain nombre d'acteurs et utilisateurs de l'information géographique intervenant sur un territoire commun. Cette question d'une approche coopérative des stratégies SIG concernant un espace de référence commun se pose dans tous les pays, mais les solutions qui sont trouvées dépendent largement du contexte culturel et technique.

Les facteurs de la mise en relation

Sans prétendre proposer une analyse d'ensemble, nous voulons analyser, à partir de la situation stéphanoise de 1999, les facteurs qui peuvent conduire à mettre en relation différents projets SIG et les formes que cette relation peut prendre.

Le premier facteur de mise en relation est bien sûr organisationnel. Comme on l'a vu plus haut, les projets SIG de services différents à l'intérieur d'une même organisation sont confrontés à un moment ou à une autre à une question de compatibilité et de cohérence. Au niveau inter-organisationnel, le principal facteur est spatial : le même espace est géré par des organismes différents. Cette coïncidence spatiale est ordinairement doublée d'une juxtaposition de missions, d'actions ou de compétences différentes. Les services déconcentrés de l'Etat ont ainsi des missions de porter à connaissances de limites spatiales réglementaire ou légales (zones inondables, arrêtés de biotope, zones naturelles...), qui sont indispensables aux autres organismes. Les organismes qui gèrent des systèmes techniques sectoriels peuvent fournir leurs données à des organismes aux missions d'ordre plus général. La nécessité de coordination intersectorielle des actions sur un même espace peut conduire à une collaboration au niveau des SIG. La nécessité de combiner des actions conçues à différents niveaux territoriaux est aussi un facteur possible de collaboration. Dans la plupart des domaines, une seule action peut mobiliser des communes, la Communauté de communes, le Conseil Général, les Directions Départementales de l'Etat, etc.. Enfin un dernier facteur est la juxtaposition spatiale, qui peut amener des organismes voisins à collaborer, pour des raisons de cohérence et de continuité dans l'information aux limites qui les séparent. Dans les faits, compte tenu de l'étanchéité assez remarquable des limites territoriales, cette question est le plus souvent liée à un problème plus global, concernant plusieurs espaces voisins, et donc renvoie à une question d'emboîtement d'échelle.

Les métiers différents, les niveaux d'analyse différents, les territoires d'action différents sont donc potentiellement générateurs de besoins d'échange. Concrètement, chaque organisme, dans une plus ou moins grande mesure, est confronté à la nécessité d'articuler :

- Ici et à côté : ce qui se passe aux limites de mon territoire d'action interfère avec ce qui se passe à l'intérieur. Quelle information est disponible pour décrire ce qui se passe à ces limites ? Est-elle compatible avec celle dont je dispose sur mon territoire ?

- Approche sectorielle et territoire : les actions liées à mon métier peuvent être perturbées par les actions d'autres métiers : que se passe-t-il dans d'autres secteurs à cet endroit ?
- Approche opérationnelle et approche stratégique : pour planifier mon action au jour le jour, j'ai besoin d'informations stratégiques. Par définition, une partie de celles-ci est en dehors de mon propre système. Où puis-je les trouver ?
- Niveau local et niveau global : je travaille sur une portion du territoire : que se passe-t-il dans l'ensemble de la région ? Je travaille sur un territoire vaste : dois-je collecter une information spécifique ou puis-je utiliser une information déjà existante à un niveau plus fin ? Celle-ci est-elle homogène ? Jusqu'à quelle échelle est-elle valide ?

Les formes et niveaux de relation

(Prélaz-Droux 1995) envisage deux modèles de relation entre des SIG différents, l'association et la fédération. L'association est le système le plus souple, qui voit chacun des partenaires garder son autonomie, tout en s'efforçant que les échanges de données restent possibles. La fédération est plus contraignante, puisque elle implique un organe de coordination, qui établit des normes et des procédures communes et vérifie la cohérence des applications développées par chacun des partenaires. Dans la réalité, on peut envisager plusieurs situations intermédiaires. La classification générale des modes de travail de groupe proposés par Jankowski, Nyerges et al. (1997) et reprise par Pornon (1998, *op.cit.*) distingue quatre situations différentes. Lors de l'étude de 1999, nous avons distingué, à partir d'une analyse empirique, quatre niveaux possibles de collaboration institutionnelle, organisés du plus lâche au plus étroit et qui correspondent en fait très exactement aux différentes situations de Jankowski, Nyerges et al. (*Ibid*) :

- **Situation de communication** : *les acteurs se parlent mais n'ont pas le souci d'harmoniser leurs actions.* Les organismes décident de s'informer mutuellement sur leurs actions SIG (acquisition ou production de données, mise en place d'un applicatif,...). Ce partage peut prendre un caractère plus ou moins formel : réunions régulières d'information, échange de répertoires de données. Ce partage d'information correspond au modèle d'échange entre des systèmes indépendants. Si l'échange de données physiques peut trouver souvent des solutions acceptables, même si l'interopérabilité est loin d'être réalisée, l'indépendance des systèmes conduit à de nouvelles difficultés. Celles-ci peuvent être d'ordre conceptuel : les échelles de perception des phénomènes, la résolution des informations, la définition des nomenclatures et le choix des unités spatiales de référence conduisent à ce que des données a priori analogues ne puissent être mises en rapport. Par ailleurs au niveau logique, les non concordances d'identifiants ou l'organisation différente des bases de données peuvent rendre la communication entre systèmes très difficile. Une reprise des données dans le nouveau système est souvent nécessaire. Cette situation de communication devrait, en cas de succès, conduire à un besoin de coordination
- **Situation de coordination** : *les acteurs acceptent de travailler sur des tâches différentes et de partager les résultats.* Les organismes dépassent le stade précédent en rapprochant leurs stratégies SIG communes : répertoires harmonisés, achats coordonnés de données et d'outils, mise en œuvre de méthodologies ou d'actions de formation communes. Nous sommes bien dans une logique de coordination de systèmes qui s'organisent pour que l'un puisse accéder dans des conditions aisées aux données de l'autre. Cela se fait techniquement sous forme d'échanges non automatiques, par copie et communication de fichiers.

- **Situation de coopération** : *les acteurs acceptent de coordonner les résultats de leurs efforts à propos de certaines tâches communes bien délimitées.* Les organismes peuvent partager physiquement une base de données pour un certain nombre de besoins communs. Les organismes travaillent en commun pour disposer de données communes. D'un point de vue technique, on peut parler de bases de données réparties. Les systèmes peuvent accéder de manière automatique à tout ou partie des bases de données d'un autre système par un accès à distance directement dans le format d'origine des données. Cela suppose que soient résolus les accès physiques et logiciels par réseau, les compatibilités d'outil et la gestion de la sécurité des accès d'un système à l'autre. On peut envisager alors une non redondance des données. Cela correspond à une situation de coopération pour construire des bases de données communes.
- **Situation de collaboration** : *les participants acceptent de travailler à des réalisations communes sur la base d'objectifs qui dépassent ces réalisations.* Les organismes partagent des applicatifs, des traitements de données ou des outils d'analyse spécifiques. Les organismes se sont donné des objectifs communs de traitement d'information et partagent des méthodes ou des outils de traitement pour parvenir à ces objectifs. Il existe une coordination des différents organismes pour construire une base de données en partie commune, centralisée ou répartie, à laquelle chacun peut avoir accès. Des parties d'un système commun font l'objet d'une stratégie unique de développement.

Il est très difficile que dans la réalité des partenariats de niveau élevé se constituent, même pour des objectifs limités. En effet les logiques et les objectifs des organisations sont rarement convergents. De plus, la gestion du partenariat alourdit, au moins dans un premier temps, les tâches à assumer. Le principal problème est d'ailleurs moins technique que juridique et institutionnel. Il faut trouver des arrangements et des conventions permettant de partager des coûts et des responsabilités. Il faut aussi une forte motivation, même pour parvenir au simple premier niveau d'information réciproque.

Le cas stéphanois

Lors de l'enquête, les questions sur les coopérations existantes et les perspectives d'un SIG d'agglomération ont permis de dresser un état de l'intérêt a priori des organismes pour une coopération dans le domaine des SIG. Des réunions thématiques tenues avec les acteurs ont permis ensuite de faire apparaître de manière plus dynamique les thèmes sur lesquels cette coopération pourrait s'effectuer.

Les relations SIG existant entre les organismes

L'enquête a permis de faire apparaître les relations déjà existantes entre les organismes de l'agglomération dans le domaine des SIG, dont le graphique ci-joint présente une synthèse. Les relations sont très évolutives et ne doivent pas être analysées dans le détail : il suffit qu'un organisme intègre un nouveau type d'information pour que, dans le cadre d'un échange ou d'un porter à connaissances, une relation SIG naisse. Quand il existe des relations plus étroites qu'un simple échange de données, par exemple une réflexion sur des méthodologies communes, nous avons indiqué une relation de coopération. Quand cette coopération prend la forme d'un accord formel, on pourrait même parler de partenariat.

Le schéma fait bien apparaître les organismes qui sont au centre des relations SIG dans l'agglomération : ceux qui sont au départ ou à l'arrivée du plus grand nombre de flèches : EPURES, DVD, DDE, CEL. On peut mesurer aussi à partir de ce graphique l'importance de la

logique partenariale d'EPURES, qui au-delà des échanges essaie de structurer une réflexion commune avec ses partenaires. D'autres organismes sont dans une position plus marginale du point de vue des SIG (DDAF, DDASS bien sûr, mais aussi Chambre d'Agriculture, ONF et HBCM).

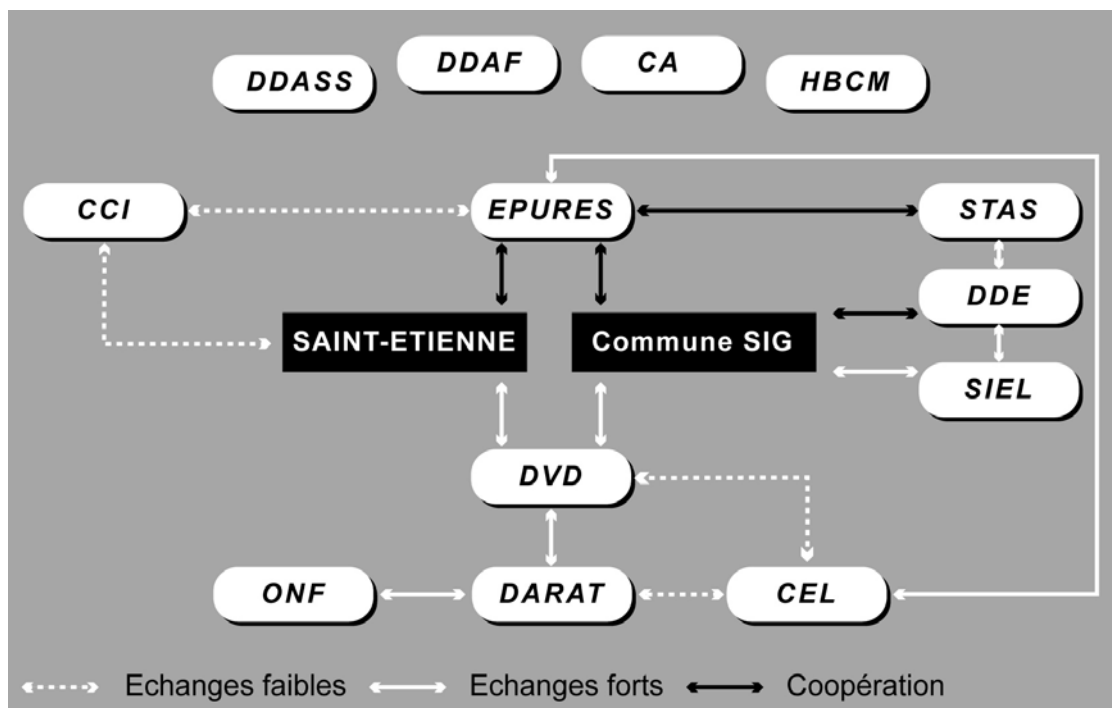


Figure 3-1. Relations SIG entre les différents organismes stéphanois en 1999. Source : (Joliveau 1999)

La perception de l'intérêt d'une coopération SIG à l'échelle de l'agglomération

On distinguait en 1999 trois grands niveaux d'intérêt pour une coopération SIG à l'échelle de l'agglomération stéphanoise. Certains organismes étaient peu intéressés à une coopération dans ce domaine et ne semblaient pas prêt à s'investir fortement dans un projet de ce type, même s'ils reconnaissaient que cela pouvait faciliter pour eux l'accès aux données. Hormis, le cas de la DDASS et la DDAFF, qui n'avaient pas de politique SIG, la Chambre d'Agriculture était intéressée par une meilleure organisation des échanges de données mais citait des partenaires (EDF-GDF, Stéphanoise des Eaux) non équipés alors de SIG proprement dits ou uniquement fournisseurs de données. Les HBCM voyaient aussi principalement le SIG d'agglomération comme une base de données cadastrales, qui permettrait une mise à disposition à moindre coût de données à jour.

L'existence d'une coopération dans le domaine des SIG était perçue favorablement par d'autres organismes, qui se déclaraient prêts à y participer, moyennant un certain nombre de conditions. Mais il ne s'agissait pas d'un axe fort dans leur stratégie SIG. L'ONF se déclarait ouvert à toutes propositions d'échanges de données. Un des intérêts que l'Office voyait à une coopération SIG à l'échelle de l'agglomération était la meilleure prise en compte dans les politiques communales de la nécessité d'une gestion à long terme de la forêt. La DARAT souhaitait plutôt privilégier l'exploitation et donc la digitalisation de ses données internes avant

de s'ouvrir à des coopérations externes. Néanmoins, elle était susceptible de recevoir des données et des connaissances par le biais du SIG d'agglomération. Sa priorité irait à la création d'un répertoire des informations facilitant des échanges de données. La DVD se montrait d'abord intéressée par une coopération entre le Département et les communes sur le sujet de l'intégration des données cadastrales dans la mesure où elle lui permettrait de fédérer les informations géographiques de son SIG. Un SIG d'agglomération permettrait à la DVD d'adapter son système aux soucis des autres gestionnaires de l'agglomération. La Chambre de Commerce et d'Industrie percevait le SIG d'agglomération comme un moyen de communiquer et de collecter par l'intermédiaire d'Internet des données précédemment négociées. Le SIEL jouait déjà un rôle important de coordinateur pour les données cadastrales au niveau des communes. Son intérêt pour un système d'agglomération était plus distant. La STAS voyait en ce SIG commun la possibilité de trouver des informations centralisées. L'intérêt d'un tel projet serait alors de pouvoir accéder à une base de données générale de qualité et suivie dans sa mise à jour.

Enfin, une coopération au niveau de l'agglomération dans le domaine des SIG apparaissait à certains organismes comme très favorable, voire nécessaire, à la réalisation de leur stratégie SIG propre. Ils mettaient plutôt l'accent dans leur réponse sur les modalités de réalisation que sur le principe, déjà acquis. Pour la DDE, un SIG d'agglomération permettrait de mettre à disposition les informations traitées par chaque organisme participant. Les difficultés techniques et institutionnelles apparaissaient réelles mais pouvaient être surmontées. Une coopération autour d'un SIG d'agglomération était perçue aussi comme nécessaire par le Comité d'Expansion car elle permettrait de dépasser ses analyses thématiques pour réaliser des analyses sur un territoire. EPURES était certainement la structure qui voyait le plus grand nombre d'avantages à un SIG d'agglomération et qui avait les propositions les plus élaborées. C'était lié à sa politique partenariale, déjà notée plus haut. L'existence d'un forum de rencontre et d'échanges de données informatisées et de méthodes permettrait de mieux connaître les acteurs et les données qu'ils utilisaient et de trouver la donnée à jour auprès de l'interlocuteur approprié sans avoir besoin de la stocker. Cela créerait une certaine émulation des compétences et des savoir-faire et conduirait à partager et mutualiser les coûts d'acquisition des données. Pour EPURES, un SIG d'agglomération ne devait pas se limiter seulement aux limites de Saint Etienne-Métropole mais couvrir une zone correspondant à son espace d'intervention, mesurant environ 2500 km², soit 92 communes et 522 000 habitants. Ce périmètre serait, selon elle, beaucoup plus représentatif de la région stéphanoise car il prendrait en compte entre autres des relations domicile-travail, des aires de chalandises, etc.

Une faible intégration réelle

L'agglomération stéphanoise est-elle, en 1999, un espace sur lequel peut s'organiser une fédération des initiatives SIG ? Plus ou moins réduite à un espace urbanisé, en fonction de la définition que l'on retient, elle mobilise de manière différentielle les organismes. Elle constitue la préoccupation principale ou unique de certains : la STAS, EPURES, la DDE. D'autres sont plus indifférents à la notion d'agglomération. La DVD gère aussi bien des routes rurales que des voies urbaines ; en revanche, l'accès à la zone urbaine est une question importante de la gestion de la voirie départementale. La DARAT a certains de ses objets en zone urbaine (contrats de rivière) même si les Espaces Naturels Sensibles se trouvent plutôt en dehors de l'agglomération. Pour d'autres encore, l'espace de l'agglomération est une préoccupation minoritaire. L'ONF ne gère que peu de forêts dans l'agglomération. Pour la Chambre d'Agriculture, le périmètre de

l'agglomération n'apparaît pas comme le plus pertinent, car l'essentiel des surfaces agricoles et des exploitants n'est pas là. Quant à la DDAF, l'enquête montre qu'elle perçoit l'agglomération comme essentiellement urbaine, et donc hors de ses attributions. Même si la question du devenir de l'agriculture en périphérie est un enjeu fort pour une chambre d'agriculture ou une DDAF, ces organismes ne sont pas déterminés dans leur gestion d'information par l'agglomération. Pour ce qui est des communes, l'espace agglomération est clairement perçu. La ville de Saint-Etienne est un partenaire central de toutes les études menées dans l'agglomération. Quant à Saint-Priest, on a mesuré à travers l'enquête la nécessité qu'elle avait de tisser des liens horizontaux avec les communes limitrophes (harmonie des légendes, continuité des réseaux, ...) et son souhait de voir se créer un club utilisateur SIG entre les communes de l'agglomération. Les différences de temporalité des systèmes sont aussi importantes. L'ONF raisonne à long terme et planifie sa gestion sur plusieurs dizaines d'année. D'autres systèmes renvoient à des décisions plus rapides.

On peut constater globalement que les promoteurs les plus convaincus d'un projet SIG d'agglomération intégré sont des organismes dont les projets SIG ont des objectifs d'Analyse-étude et dont la relation au réel est plutôt de type spatial. Les projets à finalité de Gestion-suivi sont plus intéressés par une structure d'information réciproque, et ne sont pas forcément mobilisés pour la constituer. Les collaborations existant dans l'agglomération stéphanoise en matière d'information géographique sont en réalité très faibles. Aucun acteur n'apparaît dans une situation de leadership qui lui permettrait de piloter une coordination ou une harmonisation des différents systèmes. Ni la Direction Départementale de l'Équipement, assujettie à sa mission de représentation de l'Etat dans l'espace local et engoncée dans un système de décision national, ni l'Agence d'urbanisme EPURES, dont la vocation d'analyse territoriale la place en position de structure d'étude et de conseil et non de maître d'ouvrage, ni bien entendu la Ville de Saint-Etienne, dont tout le monde craint l'hégémonie, n'ont la légitimité pour conduire un tel projet. Le seul acteur qui aurait pu jouer un rôle déterminant, la Communauté d'agglomération Saint-Etienne Métropole, était absent du domaine des SIG en 1999. Le fait qu'elle le soit restée jusqu'à présent explique peut-être que les actions de collaboration soient restées ponctuelles depuis lors. Les structures travaillant sur l'aménagement urbain (DDE, EPURES, Ville de Saint-Etienne) ont coopéré à l'élaboration du plan de déplacement de l'agglomération. Mais l'effort commun a plus porté sur la mise au point d'un modèle spatialisé des déplacements mobilisant des données issues des différents SIG que sur la mise en commun de ces données elles-mêmes. EPURES n'a toutefois pas abandonné son objectif d'installer une structure de communication entre les organismes utilisateurs des SIG. Elle a demandé en 2004 aux étudiants de DESS de mettre à jour l'enquête de 1999, de manière à relancer un club d'utilisateurs à l'échelle de l'agglomération.

En 1999 à Saint-Etienne le niveau de collaboration entre les SIG des différents organismes reste faible. Cette situation peut certes s'expliquer par les vicissitudes et la fragilité de la construction de l'intercommunalité stéphanoise (Vant et Gay 1997; Vant 1998). Il faudrait pour le vérifier se livrer à une étude approfondie du cas stéphanois et à une analyse comparative avec d'autres agglomérations. En France, les collaborations SIG entre des partenaires intervenant sur un même territoire restent encore rares. Le peu d'esprit coopératif des différents acteurs utilisateurs de SIG (opérateurs de réseaux, collectivités locales, services publics) est souvent pointé comme une spécificité française. Or cette non coopération, qui peut à la rigueur se justifier entre opérateurs de réseaux ou fournisseurs de données en concurrence, est indéfendable lorsque elle

concerne les collectivités locales entre elles ou des collectivités locales avec les services territoriaux de l'État, eux-mêmes souvent en désaccord entre eux (Basquiat 1999). Depuis, il semble que des tentatives de partenariats SIG régionaux recommencent à se développer en France dans les Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Nord-Pas-de-Calais, et dans l'Ouest. On parle aussi d'initiatives nouvelles de coopération dans certaines agglomérations, comme à Grenoble. Mais en Suisse et au Québec on trouve des initiatives beaucoup plus avancées.

Des exemples de fédération

Les Systèmes d'information du territoire des cantons suisses

La plupart des cantons romands se sont lancés depuis déjà plusieurs années dans des démarches fédératives visant à coordonner la gestion des données territoriales et à constituer un partenariat entre la Confédération, l'Administration cantonale, les communes, les entreprises de distribution d'eau et d'électricité, les sociétés d'étude (cabinet de géomètres, bureaux d'étude divers...) et les structures de recherche. Ces Systèmes d'Information Territoriaux (SIT) apparaissent comme des organisations partenariales, souvent formalisées dans une création juridique spécifique. Le SIT dispose d'outils de gestion et d'exploitation des informations géographiques et prend en charge la collecte et la mise à jour des informations, leur description, leur stockage et leur distribution. Cela se traduit par la construction de serveurs de données spatiales, intégrant et donnant accès aux données de tous les partenaires. De tels serveurs existent par exemple dans les cantons de Vaud, de Genève, de Neuchâtel, de Fribourg¹. Il existe même une collaboration entre tous les cantons romands pour créer des synergies dans la mise en œuvre des SIT cantonaux : information réciproque, échanges, coordination, définition de stratégies convergentes de tarification, aspects juridiques, collaboration entre la Confédération et les Cantons, orientation technologique, etc..

Si l'on se réfère à l'exemple genevois (Brun 2001), officialisé par une loi cantonale, le Système d'Information Territorial Genevois (SITG) dispose d'une personnalité juridique. Le SITG se compose de trois instances dans lesquelles sont représentés les partenaires. L'instance de direction est le Comité directeur qui détermine la stratégie et vérifie que les principes de la charte signée entre les partenaires est respectée. Une commission technique fixe les normes et standards techniques du système. Une commission des fournisseurs et usagers règle toutes les questions liées aux échanges d'information entre les partenaires et l'accès des données au public. Le Service des systèmes d'information de géomatique du Département de l'intérieur, de l'agriculture et de l'environnement de l'Etat de Genève est en charge de la dimension opérationnelle du système. La base de données est constituée de plus d'une trentaine de thèmes, représentant en 2001 plus de 3 millions d'objets géoréférencés. Les données sont fournies aux partenaires institutionnels du SITG, aux professionnels (géomètres, architectes, ingénieurs, historiens, gestionnaires immobiliers) et à tout utilisateur pouvant justifier d'un intérêt public. Leur mise à disposition peut, selon les cas, être gratuite ou nécessiter un paiement. Elles sont consultables par tout un chacun sur un site Internet www.sitg.ch.

¹ Ils sont consultables sur le web : Système d'Information du Territoire Vaudois (SIT-VD): <http://www.asit.vd.ch/>. Système d'Information du Territoire du Canton de Genève (SITG): <http://www.sitg.ch/>. Système d'Information du Territoire Neuchâtelois : <http://www.ne.ch/neat/site/>. Système Infographique Fribourgeois : <http://www.fr.ch/sysif/>

Une infrastructure coopérative de connaissance du territoire

Au Québec aussi de telles tentatives de collaboration existent. Dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Centre Jacques Cartier, nous avons enquêté en 2000 auprès de l'Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais (L'Atino), dont l'objectif est de collecter et de partager l'information spatialisée disponible dans la province et de la mettre à disposition de ses différents partenaires ((Joliveau, Molines et al. 2000). La démarche mobilise les Municipalités Régionales de Comté (MRC) de la région ainsi que la Communauté urbaine de l'Outaouais, différents ministères (Environnement, Affaires municipales, Agriculture Pêche et Aliments et Régions), plusieurs organismes de recherche et universités. Le Conseil régional de Développement de l'Outaouais coordonne l'opération. En 1997 un organisme fédérateur, l'ATINO, Agence de traitement de l'information numérique de l'Outaouais a été chargé de la mise en œuvre du projet (ATINO 2002).

Dans la première phase, l'objectif était de collecter et de partager l'information spatialisée disponible, et de la mettre à disposition des différents partenaires. L'information proposée est diversifiée. Elle comprend des données d'imagerie satellitaire SPOT et Landsat, les cartes topographiques scannées, le cadre écologique de référence, les données géologiques et hydrographiques, un descriptif de l'occupation du sol ainsi que les données socio-économiques de la statistique canadienne ... Ces données sont stockées à l'Agence et accessibles sur Internet pour ses partenaires. Elles sont décrites par un système de métadonnées, qui permet à l'utilisateur de connaître leurs limites d'utilisation. Chaque partenaire peut les prévisualiser rapidement et les télécharger.

Le projet a conduit à la constitution de plusieurs atlas électroniques à usage du grand public : un atlas de l'Outaouais, un atlas urbain (Communauté urbaine de l'Outaouais), qui permet en plus aux usagers un positionnement à l'aide des adresses et des bâtiments, un atlas environnemental pour la MRC de Papineau, basé sur le cadre écologique de référence. D'autres applications ont eu lieu à destination des politiques, décideurs et aménageurs régionaux. Un partenariat avec une équipe de recherche de l'UQUAM a ainsi permis de tester l'utilisation des données pour l'aide à la décision dans des exemples concrets de problématique d'aménagement et de développement durable du territoire.

La deuxième phase vise à constituer, à partir de cette base de données commune, un système d'information et de gestion pour l'aménagement du territoire et la planification territoriale dans plusieurs domaines : agriculture, eau, forêt, potentiel géologique et risque. Les applications prévues sont nombreuses : risque d'eutrophisation des lacs, potentiel et risques liés aux nappes, caractérisation des zones en friches pour une remise en production forestière, risques de pollution, etc.. Le projet a vocation à passer d'un partenariat fondé sur le partage de données à un système d'information multi-objectifs et multi-partenaires.

Ces projets suisses et québécois sont exemplaires d'une tendance depuis une dizaine d'années à construire des systèmes d'information multipartenaires sur une base territoriale. En effet, on prend de plus en plus conscience des manques de synergie et des incohérences liés à la coexistence sur un même espace de systèmes d'information différents, voire concurrents. Des initiatives se mettent donc en place pour coordonner ces actions et construire un système d'information dont les données sont accessibles aux différents partenaires.

Toutefois, l'objectif de rassembler des institutions pour organiser une description et un partage commun des données reste problématique dans beaucoup de cas. Le projet de l'ATINO est

confronté lui aussi à des réticences, des pesanteurs administratives produites par des susceptibilités de pouvoir. Pour ses initiateurs, cette expérience n'est d'ailleurs pas forcément reproductible à l'ensemble du Québec car son avancée est liée à des parcours personnels spécifiques, à une intégration locale forte et à un appui du Ministère de l'Environnement.

On peut penser que les tentatives de fédération sont facilitées quand un organisme dispose d'un leadership affirmé sur une espace donné ou qu'existe une volonté politique forte. En France, la différence entre les Systèmes d'Information Géographiques des Parcs Nationaux (PN) et ceux des Parcs Naturels Régionaux (PNR) en est une bonne illustration. Dès 1995, les Parcs Nationaux disposaient d'un descriptif cartographique des milieux naturels numérisé très complet et validé (Claudin, Bernard-Brunet et al. 1995). Les PNR n'en étaient alors pour la plupart qu'aux balbutiements de la création d'atlas généraux ou de relevés très précis liés à des opérations ponctuelles (Joliveau, Petit et al. 1995). Un des facteurs importants qui explique cette différence peut être trouvé dans le statut des Parcs Nationaux qui en font l'acteur dominant de la zone centrale sur laquelle ils peuvent interdire ou réguler les usages. Une mission leur est officiellement assignée de production de connaissances sur cet espace et se traduit par des moyens et du personnel scientifique attaché à cet objectif. Les PNR sont dans une position beaucoup moins dominante et sont contraints à passer de multiples compromis avec les autres gestionnaires de l'espace que sont les collectivités locales et les acteurs économiques. Ils ont donc moins de ressources à accorder à l'observation et à la connaissance du territoire. Les Parcs Nationaux sont dans la même situation dans la zone périphérique, dans laquelle ils doivent aussi concilier des objectifs économiques et environnementaux.

En Suisse, la combinaison de la culture politique, de l'organisation administrative et du poids du canton peuvent certainement expliquer le développement des systèmes d'information territoriaux cantonaux. On peut faire l'hypothèse que, malgré les difficultés rencontrées, une coopération territoriale dans le domaine géographique est inéluctable. Il faut alors se donner les moyens d'une analyse conceptuelle du problème.

2.2. Penser la dimension territoriale des SIG

Dans les années quatre-vingt-dix, plusieurs équipes de chercheurs ont tenté des constructions théoriques et générales tendant à mettre au point des méthodes adaptées à l'émergence de cette problématique territoriale qui implique plusieurs partenaires dans une gestion de l'information géographique. Nous discutons d'abord l'approche du projet Germinal menée en accompagnement de la constitution du Système d'Information Territorial du Canton de Vaud.

Une approche territoriale des SIG

Pour Chevalier (1994), les décisions territoriales sont marquées par leur complexité et leur pluralité. Dans tous les cas une décision territoriale implique en effet plusieurs acteurs (personnes, groupes sociaux, institutions, services, ...) ; elle touche à plusieurs composantes du territoire ; elle doit prendre en compte différents critères d'évaluation de la décision; elle vise souvent plusieurs objectifs à la fois et elle combine dans son application plusieurs moyens et instruments. Cette multiplicité des composantes de la décision s'accompagne d'une très forte interdépendance entre les différents phénomènes observables sur le territoire, qu'ils soient naturels ou sociaux. Ces deux caractéristiques expliquent la nature conflictuelle des décisions territoriales et la nécessité de construire une représentation multiple du territoire, pouvant correspondre aux différents acteurs, aux différentes composantes, aux différents critères, aux

différents objectifs et aux différents instruments d'action. Cela nécessite la création d'outils de gestion d'information adaptés à cette pluralité.

Exposé de l'approche territoriale

En s'appuyant sur les travaux de M. Thériault et J-J. Chevalier, les initiateurs du projet Germinal à l'Ecole Polytechnique de Lausanne, en particulier R. Prélaz-Droux et M.-H. de Sède (Prélaz-Droux 1995; de Sède et Thériault 1996) ont proposé un nouveau type d'approche de conception d'un SIG, une approche *territoire*, comme l'écrit Prélaz-Droux. Cette approche théorique a été en particulier appliquée pour élaborer une méthodologie de constitution du dictionnaire de données du Système d'Information du Territoire du Territoire Vaudois (SIT-VD).

Cette approche est construite sur une différenciation des systèmes concrets à partir d'un critère territorial. R. Prélaz-Droux (1995) s'attache ainsi à distinguer l'entreprise de l'institution : « L'entreprise peut être considérée comme un système fermé qui, à partir d'un certain nombre d'intrants, effectue certaines opérations pour obtenir les extrants qu'elle va commercialiser. Son système d'information décrit ce processus en détaillant ses éléments, leurs relations ainsi que les opérations et leurs combinaisons. Une institution se distingue par le fait qu'elle agit sur un territoire. Le territoire est autre chose que l'institution. C'est en fait un système bien plus vaste, dont l'institution fait partie en tant qu'acteur. Il constitue à la fois la finalité, la source et le résultat des activités institutionnelles ! En effet, celles-ci ont pour objectifs la gestion et l'aménagement du territoire, elles reposent sur la connaissance de son état actuel et provoquent son évolution vers un autre état. ». Pour ces auteurs, il existe conceptuellement deux types de systèmes. Les SIG *institutionnels*, basés sur une description du territoire et les SIG que l'on pourrait appeler *entrepreneuriaux*, fondés sur une modélisation et une description de l'activité d'une organisation. Or selon eux, les institutions en charge du territoire adopteraient la plupart du temps des approches entrepreneuriales. Les SIG "territoriaux" répondraient d'avantage aux objectifs de l'institution en tant qu'organisation qu'aux besoins du territoire.

Pour M.-H. de Sède et M. Thériault, les approches traditionnelles de constitution de SIG se contentent d'intégrer dans le système les données des activités et métiers. Elles réduisent le territoire à un « contenant neutre et sans finalité » en niant son contexte proprement géographique, c'est-à-dire la dimension politique, sociale, économique ... des processus qui le transforment. Or la prise en compte de cette dimension pose des défis complexes et spécifiques, auxquels ne sauraient répondre les applications de type entrepreneuriales que développent les institutions. Ces approches classiques sont même considérées comme "nocives" (de Sède et Thériault, *op.cit.* p. 38). Elles restreignent les capacités des systèmes à des applications de court terme, sectorielles et verticales, associées aux besoins de l'organisation, et ne leur permettent pas d'envisager les questions horizontales et transversales liés au territoire. Pour de Sède et Thériault, la conception et la mise en œuvre d'un SIG territorial doit « passer par la compréhension du concept d'espace, de la notion de territoire, des usages et différentes perceptions qu'en ont les acteurs concernés. Cette compréhension doit demeurer, dans la mesure du possible, indépendante des diverses applications s'appuyant sur le concept et des ressources technologiques disponibles pour traiter les données relatives à chaque domaine. Elle ne peut cependant se faire sans prendre appui sur un objectif global, presque philosophique, la promotion d'une vision intégrée du territoire orientée vers une gestion et une planification environnementale à long terme. » *Ibid.* p. 40.

L'hypothèse centrale des auteurs de cette approche « territoire » est que ce manque de dimension territorial des SIG institutionnels provient essentiellement de lacunes méthodologiques qu'il convient de combler. Les méthodes traditionnelles de conception informatique, qu'il s'agisse de Merise, SADT ou UML, sont conçues pour modéliser les circuits et traitements d'information liés à l'activité des organisations et s'avèrent inadaptées à la dimension territoriale des SIG. C'est donc à l'élaboration d'une méthode complète, systématique et détaillée de modélisation du territoire permettant de dégager les principales composantes et les relations fonctionnelles les plus marquantes de l'institution que l'équipe a décidé de s'atteler.

R. Prélaz-Droux a consacré son travail de thèse à l'élaboration d'une méthode fondée sur une démarche systémique, qu'il n'est ni possible ni utile de détailler ici. Dans les grandes lignes, l'idée est de construire en préalable à la collecte des données et à l'élaboration des applications un cadre commun de référence et de normalisation, la Représentation Systémique du Territoire (RST) (cf. Figure 3-2). La RST est structurée en fonction d'une structure thématique hiérarchique, fondée sur six niveaux d'abstraction : les domaines, les secteurs, les activités/éléments, les genres, les classes et les entités. Le territoire est scindé en trois domaines : infrastructure, milieu naturel, activités et décrit selon quatre dimensions : une dimension structurelle qui prend en compte la détermination des entités constitutives du territoire et leurs relations structurelles ; une dimension fonctionnelle qui couvre les processus gouvernant le fonctionnement du territoire ; une dimension spatiale qui situe les entités et leurs relations dans l'espace et intègre les différents niveaux de perceptions de l'entité ; enfin une dimension temporelle, qui prend en compte à la fois l'historique de l'entité mais aussi son devenir en fonction de scénarios éventuels. La RST est utilisée pour décrire et organiser de manière unique l'ensemble des éléments et des phénomènes du territoire, en restant le plus proche possible des modes de représentations habituels des acteurs territoriaux, mais en proposant un système unique de description. La RST intègre pour chaque entité une fonction, une définition, des versions correspondant à différents états temporels ainsi que des règles d'évolution, et des associations fonctionnelles avec d'autres entités, sur la base des flux échangés, qu'ils soient directs (flux d'un rejet d'eau usée) ou indirects (génération d'un flux de trafic). Ces associations fonctionnelles sont des éléments clés pour la mise en évidence des réactions du territoire suite à des actions spécifiques d'aménagement.

La modélisation du territoire proposée par R. Prélaz-Droux doit permettre une compréhension de l'espace géographique, des structures spatiales et des processus spatiaux qui soit indépendante ou complémentaire des différents métiers et activités de l'organisation. Elle doit aussi intégrer et même subsumer les perceptions et vues des différents acteurs du territoire ou partenaires du SIG dans une conception unique et générale. La RST se donne en effet pour objectif de proposer une méta-représentation des objets, intégrant les différentes représentations des acteurs : « Ainsi même si un biologiste, un paysagiste et un généticien ont chacun un construit (un concept) différent pour « rose », cette dernière sera représentée dans la RST par un seul mégaconstruit dont la définition résultera des définitions initiales, mais en éliminant les redondances et les incohérences qui pourraient exister entre elles » (Prélaz-Droux, *op.cit.* p. 59). Dans cette approche, le territoire est envisagé comme un cadre conceptuel et un support intégrateur (de Sède et Thériault, *op.cit.*) de l'ensemble des applications informatiques de l'institution.

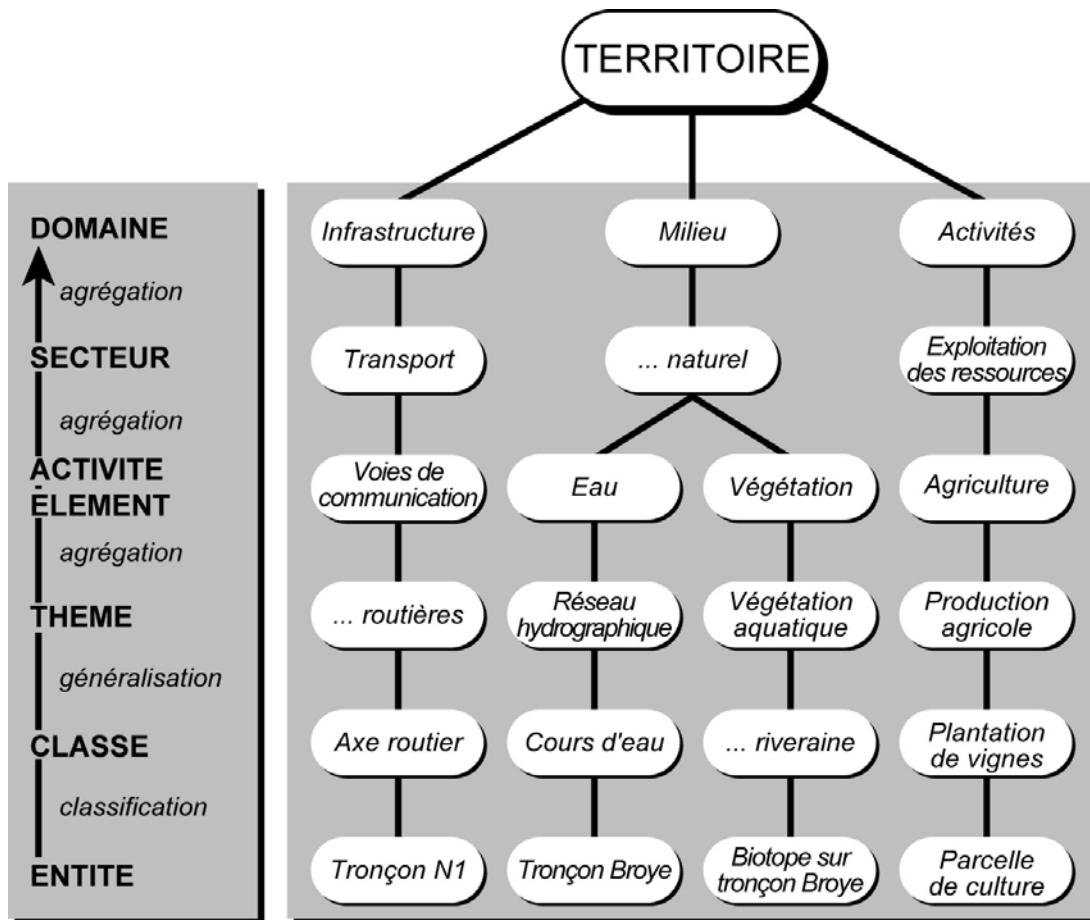


Figure 3-2. Organisation hiérarchique de la Représentation Systémique du Territoire (Prélaz-Droux, 1995)

Discussion : approche métier vs approche territoire ?

Lors de la journée scientifique tenue par le projet Germinal en décembre 1994, G. Albert, ingénieur du SITG du Canton de Genève, exposa une critique directe de l'approche proposée par l'équipe du projet Germinal. Même si elle peut trouver sa source dans une émulation entre deux projets SIG voisins, elle est intéressante car elle s'appuie sur une philosophie diamétralement opposée. Confronté lui aussi à la question de la cohérence territoriale de systèmes d'information conçus autour d'approches "métier" aux vues, définitions et temporalités très différentes, G. Albert refuse dans son exposé de poser la question de la définition du territoire, qui – dit-il – le conduirait beaucoup trop loin. Il lui paraît impossible de modéliser le territoire a priori, car les objets qui le composent sont tous produits dans le cadre d'un métier donné. C'est parce qu'il existe un service cadastral, qu'existe un objet "parcelle cadastrale" et non l'inverse. La parcelle n'est pas un objet théorique, mais le produit d'une activité de gestion. Il pense donc à l'inverse que la construction d'un SIG sur le territoire cantonal doit partir de ce qui est connu, c'est-à-dire les différentes applications métiers, et non du territoire, qui est la résultante spatiale de ces différents métiers. Dans cette conception, il n'existe pas d'objet spatial en soi. Un objet n'a d'existence que dans le cadre d'une activité précise et il est extrêmement difficile de créer un consensus entre les différents gestionnaires sur un objet commun, comme le présuppose une approche de type RST.

Il s'agit donc de l'affirmation d'une position sectorielle de type métier, diamétralement opposée à l'approche systémique et territoriale de Germinal. Ce débat, d'apparence technique puisqu'il oppose deux méthodes pour réaliser des systèmes d'information cantonaux, soulève un problème théorique important, celui de la place du territoire dans la mise en oeuvre des SIG. Il confronte des thèses liées à des points de vue différents. L'approche métier est défendue par un ingénieur dont les objectifs sont essentiellement pratiques. Ce positionnement pragmatique est d'ailleurs très lisible dans la charte de 1992 du SIT de Genève qui donne pour objectif au système de mettre en commun des ressources matérielles et logicielles, d'éviter la duplication des tâches, de faciliter les communications entre systèmes et de se donner les moyens de disposer d'informations supplémentaires. Les tenants de l'approche territoriale sont plutôt issus de la sphère scientifique et universitaire et proposent une approche méthodologique générale. Pour les chercheurs de Germinal, la charte de 1992 du SIT genevois est justement l'expression d'une vision limitative des SIG territoriaux, qui réduit la définition et la description du territoire aux applications existantes et qui « balaye tous les acquis de la sociologie, de l'urbanisme, de l'économie, de l'écologie, de la géographie, etc. » (de Sède et Thériault (*op.cit.* p.37). Le reproche que les tenants d'une approche métier des SIG peuvent faire aux tentatives de modélisation du territoire est de l'ordre de l'efficacité. Celles-ci seraient irréalistes et impossibles à mettre en oeuvre. En retour, les "théoriciens du territoire" mettent en cause le caractère technique et limité de systèmes qui laissent échapper l'indispensable double dimension de l'espace à la fois facteur d'intégration des différents phénomènes et support de faits sociaux.

Notons que, sous bénéfice d'un inventaire approfondi de leur organisation et de leur fonctionnement que nous n'avons pas effectué, les systèmes d'information vaudois et genevois effectivement réalisés apparaissent presque dix ans plus tard assez semblables dans leur fonctionnalités et leurs objectifs. On constate entre les deux une nette convergence conceptuelle. Le dictionnaire des données du SIT vaudois ne présente ainsi aucune trace d'une quelconque conceptualisation de type RST. Le dictionnaire de données est présenté comme à Genève par ordre alphabétique et par partenaire. Il semble donc que l'optique pragmatique l'ait emporté et qu'aucun des deux systèmes cantonaux ne s'appuie sur une conceptualisation *a priori* du territoire telle que l'entendaient les chercheurs de Germinal. Réciproquement, les objectifs du SIT du Canton de Genève adoptés en 2000 et décrits sur le Web semblent s'être fortement rapprochés de ceux que promouvait l'approche territoriale de Lausanne. A l'outil de recherche, de traitement et de diffusion des informations localisées et de communication entre les partenaires de la gestion du territoire, s'ajoute maintenant une vocation plus large de mémoire du territoire et d'aide à la décision. Le SITG a aussi vocation d'aider les autorités à planifier et aménager le territoire, en fournissant une image flexible et dynamique des contraintes d'aménagement. Les systèmes d'information géographique des deux cantons se sont donc bien construits selon l'approche métier, qui envisage le territoire comme une démarche, un cadre de cohérence, une dynamique pragmatique d'intégration de projets sectoriels, et non comme une conceptualisation préalable. Mais la question posée par les chercheurs tenant de l'approche territoire reste pertinente, si la solution proposée alors semble difficilement praticable. Comment cette intégration des approches verticales se fait-elle pratiquement ? Qu'est-ce qui joue le rôle fédérateur entre les différentes applications ? Le territoire ne risque-t-il pas d'être dans ce processus l'alibi d'une mise en cohérence toujours repoussée à l'horizon, un habillage facile pour cacher le caractère sectoriel, technique, prosaïque et en définitive limité des systèmes mis en place ? Par ailleurs, peut-on considérer que la coordination entre les différentes

activités sectorielles sur un même espace puisse se faire tout uniment, sans heurt et sans conflit ? Cela semble surprenant, puisque comme on l'a vu la pluralité des acteurs et des points de vue est une des caractéristiques fortes d'une décision territoriale. Par ailleurs, les difficultés de tous ordres auxquelles se heurtent ces projets de coopération territoriale sur les questions d'Information géographique, et en particulier leur faiblesse en France, conduit à intensifier l'effort de réflexion théorique.

Les systèmes de gestion du territoire

Exposé

Tout comme l'équipe du projet Germinal, Gayte, Cheylan et al. (1997) jugent que les méthodes traditionnelles de conception de systèmes d'informations utilisées dans les organisations sont mal adaptées aux approches ancrées sur la description d'un territoire. Ces méthodes, en particulier celles employées en France, sont toutes issues du modèle devenu classique dit Opération-Information-Décision (OID) proposé par Le Moigne (1977; 1990), à partir des travaux de (Boulding 1956) (cf. infra). Comme le disent Bartoli et Le Moigne (1996), cette conception du système d'information est très classiquement cybernétique : « Il est considéré comme un ensemble d'applications visant à améliorer le contrôle des opérations en autonomisant certaines procédures répétitives ou en produisant l'information nécessaire pour rendre le contrôle plus performant ». Tout "modélisateur" de système est conduit à distinguer au moins trois sous-systèmes : opération, information et décision selon le schéma de la Figure 3-3.

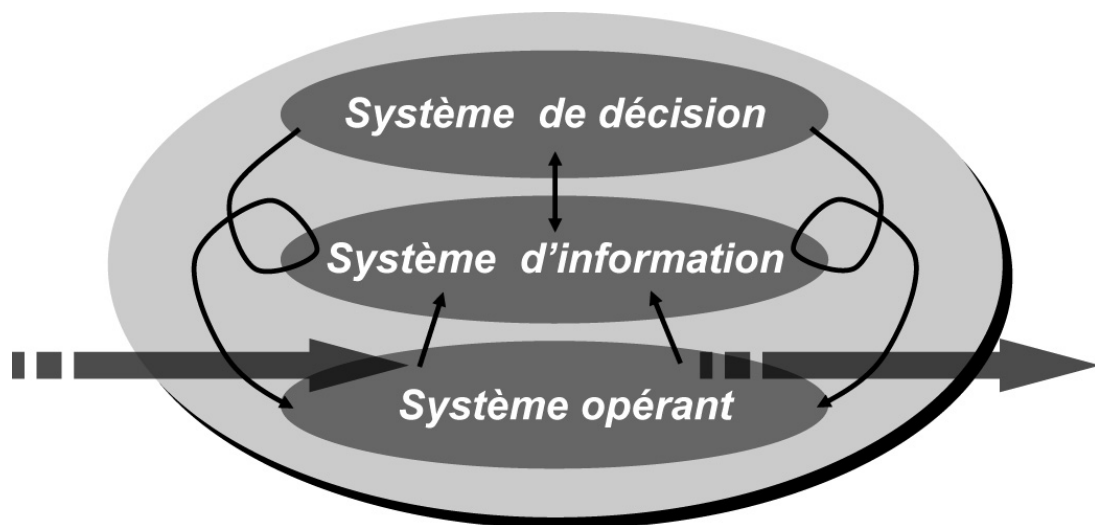


Figure 3-3. Le modèle canonique Organisation-Information-Décision selon Le Moigne (1990)

Le *système opérant* correspond à l'activité de l'organisation, envisagée sous la forme de transformation de flux d'entrée qui varient selon le type d'activité (flux de matière, flux financiers, flux de personnel ou d'actifs, ou enfin flux d'informations). S'il s'agit d'une banque ou d'une entreprise de services, la transformation de l'information est la principale activité de l'entreprise, mais ces informations sont une matière première, et non une information du système d'information. Le *système de décision ou de pilotage* correspond à l'activité décisionnelle de l'organisation, et s'exerce à dans tous les domaines et à différents niveaux

hiérarchiques. Le *système d'information* est chargé d'enregistrer les représentations des opérations du système opérant, de les mémoriser et de les transmettre au système de décision, pour qu'il décide de ses actions. Le système d'information enregistre aussi ces informations-décisions avant de les transmettre pour réalisation au système opérant. Le caractère très répandu, archétypique dit même Le Moigne, de ce modèle s'explique par son niveau de généralité. Mais, si la modélisation du système opérant est nécessairement spécifique, puisque liée aux opérations concrètes de l'organisation, la modélisation des processus informationnels et décisionnels est plus généralisable. D'un point de vue concret et opérationnel, les travaux de Lemoigne ont servi de base théorique à la méthode de conduite de projet informatique MERISE qu'ont adopté des centaines de projets d'informatisation menés en France et à l'étranger depuis la fin des années soixante-dix (Tardieu, Nanci et al. 1984). La manière de concevoir les projets informatiques découle directement du modèle O-I-D. Il sert d'ailleurs toujours de référence théorique à (Pantazis et Donnay 1996) dans leur proposition de méthode de conception adaptée aux SIG.

Gayte, Cheylan et al. (*op.cit.*) pensent que le modèle O-I-D est bien adapté à la représentation du fonctionnement d'organisations dont l'objectif est d'optimiser un processus de production, mais qu'il ne permet pas de modéliser des systèmes plus complexes dont la caractéristique est d'être en forte interaction avec leur environnement (au sens systémique). Or dans le modèle O-I-D, l'environnement du système ne serait pas pris en compte par le système d'information pour le pilotage du système. L'environnement y serait considéré comme stable et les interactions avec le système resteraient faibles et sans conséquence (*op.cit.*, p.8). Par ailleurs, dans ce modèle, le système opérant n'aurait pas besoin d'information, si ce n'est les directives du système de pilotage. Cela semble aux auteurs une vision ancienne et traditionnelle du pilotage d'une organisation dans un environnement stable et non turbulent, où les comportements répétitifs et routiniers dominant, et où l'anticipation de l'avenir se réduit souvent à l'extrapolation des tendances du passé. Les contraintes actuelles des organisations les conduisent à préconiser le développement d'un nouveau type de système d'information, centré sur l'observation de l'environnement de l'organisation (environnement politique, monétaire, économique, social, naturel ...) selon le schéma de la Figure 3-4.

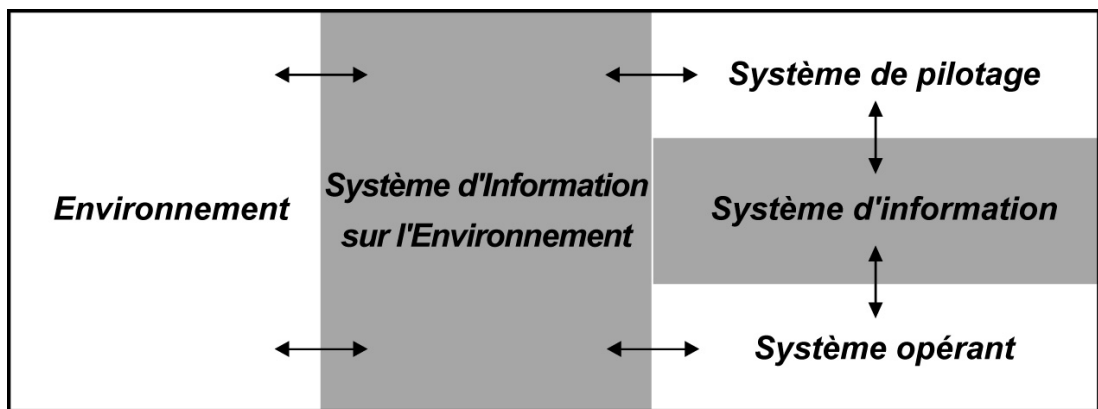


Figure 3-4. Les deux systèmes d'information (Gayte et al. 1997)

L'ajout au modèle d'une composante SIE (Système d'Information de l'Environnement, toujours au sens systémique du mot environnement) leur paraît enrichir la vue de l'organisation. Celle-ci peut être analysée, de manière complémentaire, comme un système de production (vue verticale) ou comme un système de gestion (vue horizontale).

Selon les auteurs, et ils rejoignent là les tenants d'une approche territoriale des SIG, certaines organisations doivent être envisagées comme des *systèmes de gestion du territoire*. En plus de systèmes d'information sur leur fonctionnement interne, ces organisations disposent de systèmes spécifiques d'information sur leur environnement, ce qui leur permet « d'adapter leur conduite en fonction de l'état du territoire » (*op.cit.* p. 11). Dans leur définition, les auteurs restent muets sur ce qu'ils entendent précisément par le mot territoire. On peut comprendre à travers le graphique de la Figure 3-5 qu'il s'agit d'une partie d'espace terrestre sur lequel un gestionnaire dispose d'un pouvoir de décision. Ce gestionnaire n'est pas une institution comme dans l'approche territoire. Ce peut être tout aussi bien une collectivité, une administration, un établissement public, un gestionnaire de terrains privés ou un groupe industriel utilisateur d'espace... Le système de gestion du territoire est une construction complexe qui permet au gestionnaire de piloter les opérateurs qui agissent sur cet espace. Selon ce modèle conceptuel, il existe deux types de Systèmes d'Information de l'Environnement (SIE). Le premier assure l'interface entre le territoire et les opérateurs. Il correspond à la production de données quantifiées sur des thèmes simples décrivant des actions concrètes et bien finalisés sur le territoire. Le second fait l'interface entre le gestionnaire et le territoire. Les thèmes traités sont plus médiatisés, plus abstraits et plus complexes et nécessitent donc la mobilisation de fonctions d'analyse.

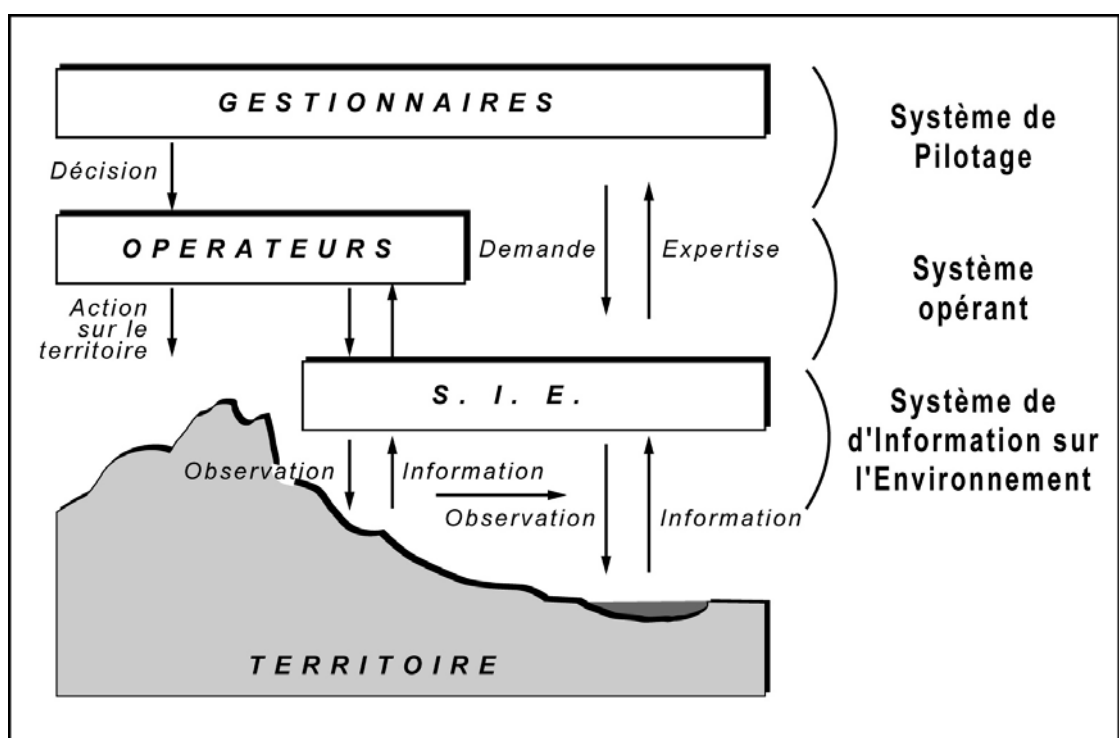


Figure 3-5. Structure d'un système de gestion du territoire (Gayte et al.)

La réflexion de Gayte, Cheylan et al. apporte deux idées intéressantes. La première est que la conception traditionnelle des SIG se fait dans une perspective verticale de modélisation de

L'activité de l'organisation, alors qu'il est nécessaire d'adopter aussi une perspective horizontale de modélisation des relations de l'organisation avec son environnement. La seconde est qu'il existe des situations dans lesquelles se constituent des types particuliers de systèmes d'information sur l'environnement visant à observer, analyser et agir sur le territoire. Le schéma de la Figure 3-5 présente ainsi un gestionnaire qui ne dispose d'aucun système d'information lui permettant d'être informé directement du système opérant du territoire, celui qui se trouve au niveau des actions des opérateurs. Il ne perçoit celui-ci qu'à travers l'information qu'ont les opérateurs sur l'environnement de leurs propres systèmes et le système d'observation qu'il construit directement sur son environnement, qui est aussi dans ce cas le territoire lui-même. La mise en place de ces systèmes de gestion du territoire nécessite donc selon les auteurs des méthodes, modèles et pratiques de projets spécifiques, différents des projets SIG traditionnels.

Discussion : l'introuvable système de gestion du territoire ?

La nécessité de dépasser une vision verticale et organisationnelle des systèmes d'information sous-tendait déjà l'approche territoire des SIG, mais cette nouvelle proposition s'appuie sur une conception plus réaliste et plus générale des organisations que celle qu'adopte, par exemple, R. Prélaz-Droux. En effet elle n'oppose pas d'un côté *l'entreprise* qui générerait un système clos et bien délimité, et de l'autre *l'institution* en charge d'un système ouvert qui serait le territoire. Les conceptions modernes de la firme envisagent les entreprises modernes comme des systèmes ouverts dans un environnement instable et turbulent. Elles ont à gérer un environnement qui les englobe : clients, fournisseurs, concurrents, législation, groupes sociaux et politiques. Les systèmes d'information des entreprises ne se limitent plus depuis belle lurette à la gestion du flux des informations produites par l'organisation pour la gestion directe de son processus interne. Elles ont toujours à organiser trois types de flux d'information (Pateyron 1994) : 1) Les informations produites par l'entreprise pour elle-même ; 2) Les informations prélevées sur l'extérieur et utilisées par l'entreprise. 3) Les informations produites par l'entreprise et à destination de l'extérieur. Les méthodes traditionnelles de conception prenaient en effet essentiellement en compte le premier type d'information. Or le volume d'information liée aux deux autres flux est de plus en plus important, spécialement dans les grandes entreprises. Ces informations sur l'environnement sont plus floues, moins automatiques, moins facilement formalisables et plus évolutives que les informations dites *fatales* c'est-à-dire produites par l'activité même de l'organisation. Les méthodes de collecte, d'évaluation, d'organisation, de mise à disposition sont encore en devenir. La veille informationnelle sur l'environnement et la communication d'information à l'extérieur sont donc une nécessité pour toute organisation, qu'il s'agisse d'une entreprise, d'une collectivité territoriale ou d'une administration décentralisée. C'est moins la nature de l'organisation qui importe en ce domaine, que sa taille et sa capacité d'action : les petites communes et les petites entreprises manquent de moyens pour scruter et informer leur environnement, contrairement aux grandes villes et aux multinationales. Mais elles ont aussi moins d'information à diffuser à un public plus restreint. Réciproquement dans beaucoup de cas, des "institutions" comme les communes, les départements ou les régions sont souvent en charge de systèmes techniques très formalisés : voirie, infrastructures de transports, bâtiments et patrimoine, signalisation, équipement, assainissement. Elles ont donc à mettre en place des systèmes d'information de gestion routiniers plutôt traditionnels. La tendance dans les services publics à considérer les citoyens en usagers et les usagers en clients rend d'ailleurs les limites entre institutions et entreprises assez floues. Il ne paraît pas que le territoire, quelle que soit la définition qu'on adopte, puisse servir à tracer aisément la limite.

Nous sommes donc plutôt en accord avec la conception de O. Gayte et al., même si leur terminologie nous paraît peu adaptée¹. Il est enrichissant d'envisager simultanément une organisation selon deux points de vue. Comme un système de gestion privilégiant les flux d'information verticaux internes liés à l'activité de l'organisation et comme un système de d'information sur l'environnement (au sens systémique) de l'organisation (SIE selon les auteurs) qui permet à l'organisation de veiller sur cet environnement et d'adapter ses actions en fonction de ce dernier, tout en le transformant. Le SIG de n'importe quelle organisation pourrait donc être représenté sous la forme d'un graphique croisant deux axes : un axe vertical représentant le système d'information orienté sur l'activité de l'organisation et un axe horizontal représentant celui qui prend en charge les relations avec l'extérieur de l'organisation. C'est cet axe horizontal qui contribue au rôle intégrateur de l'espace dans les SIG du territoire. En effet, quand la dimension spatiale de l'environnement d'une organisation est significative, le système d'information prend une dimension territoriale et chaque système particulier se construit une représentation particulière d'un territoire, à travers l'environnement de son activité.

Dans la situation de l'agglomération stéphanoise en 1999, tous les cas de figure sont repérables. Les SIG du SIEL, de la STAS, des HBCM, des villes de Saint-Etienne et de Saint-Priest relèvent plutôt de l'axe vertical ; les SIG de la Chambre de commerce, du Comité d'Expansion et d'Epures de l'axe horizontal. Enfin des systèmes sont plus ou moins équilibrés : le système de la DVD assume les deux fonctions, même si la gestion de l'activité interne prime. Le système de la DDE est du même type. A la Ville de Saint-Etienne, alors que le SIG du service informatique était plus tourné vers l'organisation et la mise en cohérence des données internes, l'action du bureau du Plan après 1999 a conduit à développer l'axe horizontal à travers le lancement d'analyses de l'espace communal et d'observatoires en liaison avec d'autres partenaires. On voit bien que le développement des axes n'est pas indépendant de l'activité de l'organisation, et du type de projet SIG qu'elle mène (Inventaire/observatoire, Gestion/suivi, Analyse/étude). La dimension hypertrophiée veille/communication du SIG de l'Agence d'urbanisme EPURES s'explique ainsi en grande partie par la fonction d'étude d'une Agence d'urbanisme. Il en va de même pour le Comité d'Expansion.

Cependant, et c'est une des limites de l'approche de Gayte et al., on peine à distinguer dans la constellation organisationnelle d'une agglomération comme celle de Saint-Etienne, qui décide (gestionnaire) et qui agit (opérateur). Certains organismes sont clairement en position de gestionnaire d'un espace au sens large : les différentes collectivités territoriales gèrent les territoires respectivement communal, départemental et régional. D'autres organismes sont clairement des opérateurs qui agissent de manière concrète sur le territoire : l'organisation du service public de distribution d'électricité et de gaz est délégué au SIEL par les communes. La STAS a en charge la gestion du réseau de transports en commun. Certains sont gestionnaires et opérateurs : l'ONF gère les forêts dont il a la responsabilité, mais procède à des coupes, des plants et de multiples actions concrètes ; il en va de même pour les HBCM dans les anciennes concessions minières ; d'autres ne sont ni gestionnaires d'espace, ni opérateurs. La Chambre d'Agriculture peut être envisagée comme un regroupement des opérateurs individuels que sont les agriculteurs, comme l'est la Chambre de commerce et d'industrie pour les entreprises. Le

¹ Comme on le verra plus loin, il nous semble plus logique d'appeler système d'information opérant ce qu'ils nomment système de production et système de pilotage ce qu'ils nomment système de gestion.

Comité d'expansion est plus un animateur économique. EPURES est un organisme d'analyse et d'étude du territoire centré sur l'agglomération. Enfin certains organismes, tout en étant des opérateurs, ont d'autres fonctions. Par exemple, la DDE est en 1999 un opérateur des infrastructures routières nationales et départementales, mais aussi de nombreuses autres infrastructures, et exerce aussi de multiples contrôles de légalité, des tâches diverses de coordination et exerce la Police des eaux. Dans les faits, les compétences et attributions sur le territoire sont extrêmement complexes. Sur un même espace coexistent de multiples gestionnaires ayant des compétences et des échelles d'action différentes : communes, communautés de communes, départements, régions, État. Les opérateurs sont multiples et leurs compétences souvent déléguées. Le SIEL est ainsi propriétaire des réseaux de distribution d'électricité et de gaz situés sur son territoire par délégation de cette compétence de la part des communes adhérentes. Mais la gestion courante de la distribution d'électricité et de gaz est elle-même concédée à Électricité de France et Gaz de France. La Communauté d'Agglomération Saint-Etienne Métropole est en charge de la politique des transports collectifs, compétence qui lui a été transférée par les communes adhérentes de la communauté. Elle délègue la gestion du réseau à un exploitant principal, la société TPAS, connue de l'utilisateur sous la marque commerciale STAS, ainsi qu'à deux sociétés qui gèrent les services affrétés : la SRT et Flouret. Sur un même espace, se chevauchent et se combinent de multiples compétences, selon un écheveau très complexe. Dans la réalité, chaque organisme construit donc le système d'information de gestion correspondant à son activité, ainsi que le système d'information qui correspond à l'environnement de cette activité. Il est donc souvent très difficile de repérer un gestionnaire unique ou même principal d'un territoire. Il existe le plus souvent un réseau complexe et multiforme de gestionnaires-opérateurs.

A un niveau plus théorique, le schéma conceptuel du système de gestion du territoire de la Figure 3-4 est discutable. On voit bien que le vocabulaire (système de pilotage, système opérant, système d'information) participe de la forme canonique du modèle O-I-D. On peut d'ailleurs s'en étonner, puisque les auteurs affirment que ce modèle ne rend pas compte correctement de l'information sur l'environnement du système. Pourtant Le Moigne (1973) mentionne clairement qu'à côté des informations de source interne qui sont produites par le fonctionnement même de l'organisation et qui sont la traduction symbolique des flux de ressources physiques (monétaires, logistiques, d'outils et de personnels) et des flux de décision qui traversent l'organisation, le système d'information traite aussi des informations d'origine externe, constituées dans des organismes de statistique ou de sondage par exemple. Il existe donc dans les organisations des flux d'information distincts de ceux liés au système opérant et on distingue classiquement dans le système d'information d'une organisation de l'entreprise un système d'information opérant, pérenne et conçu pour effectuer des tâches routinières et un système d'information de pilotage conçu pour répondre, à partir « d'agrégats spatio-temporels de données, (...) rapidement et souvent provisoirement à des demandes imprévisibles » (Mathelot 1991). L'information sur l'environnement fait donc partie du système d'information de pilotage, déjà présente dans le modèle O-I-D. Mais cette information de pilotage ne peut être conçue qu'en fonction des objectifs liés à l'activité de l'organisation, et non en fonction d'observations abstraites, et déconnectés d'un objectif spécifique. L'observation n'a de sens que si elle est portée par une intention d'action.

Le schéma de Gayte et al. ne pourrait donc s'appliquer que dans le cas particulier d'un territoire fermé et exclusif, piloté par un gestionnaire unique qui coordonnerait des opérateurs. Or, il ne

peut s'agir que de cas rares et spécifiques que sont la gestion d'un espace privé ou d'un site industriel ou l'exploitation d'une concession. Dans les autres cas, ceux des territoires publics et ouverts, ce gestionnaire n'est jamais unique. Il peut être plus ou moins dominant, mais il partage la gestion avec d'autres. De plus, il est aussi acteur et dispose d'un système d'information lié à son propre système opérant. Le seul système d'information sur le territoire déconnecté d'un système d'action ne relève pas de la gestion du territoire, mais de l'observation ou de l'analyse, telle qu'elle est prise en charge par un organisme d'études comme une Agence d'Urbanisme.

3. SIG et système territorial

Poser la question de la dimension territoriale des SIG nécessite de définir ce que l'on entend par territoire et de caractériser ce qu'est une information *territoriale*. Il semble en effet *a priori* discutable de réduire un système d'information du territoire à une coordination de différents SIG sectoriels, et les problèmes de l'information territoriale à une question d'articulation entre les approches sectorielles métier et les vues spatiales transversales. Il faut replacer ces questions dans une réflexion plus large.

3.1. Une conceptualisation du territoire

Pour comprendre la place que les SIG peuvent tenir dans l'information territoriale, un travail conceptuel préalable est nécessaire. Il faut d'abord mieux définir ce que peut signifier une approche systémique du territoire et réfléchir à la fonction de l'information dans un système de ce type. Il sera alors possible dans un second temps de réfléchir à la place des SIG dans la gestion de l'information territoriale

Le modèle systémique du territoire

Les deux approches présentées s'appuyaient à la fois sur une démarche systémique et sur la notion de territoire. Mais seul Prélaz-Droux explicitait le modèle systémique du territoire qui lui servait de référence. Comme d'autres auteurs francophones de la géomatique (Major et Golay 1996), (Pornon 1997), (Roche 1997), (Golay et Riedo 2001), Prélaz-Droux tire sa définition d'un système du métamodèle de Schwarz (Schwarz 1994). Celui-ci considère qu'un système, envisagé comme un tout organisé de composantes en interactions, a toujours trois plans d'existence qui sont eux-mêmes en interactions : le plan physique et matériel des phénomènes et objets concrets, le plan logique des relations, des concepts, des représentations et de l'information se rapportant aux objets et phénomènes et le plan holistique correspondant au sens, à l'identité et à la "conscience" du système, en tant que totalité cohérente. Les auteurs adoptent donc tous une vue systémique du territoire assumant les trois niveaux d'existence du système que définit le métamodèle: physique, informationnel et holistique. Mais ils se séparent dans le modèle du territoire qu'ils construisent. Prélaz-Droux choisit une interprétation conceptuelle. Le plan physique correspond aux observations, expériences et interventions, le plan logique aux principes, concepts et modèles, et le plan holistique aux valeurs et aux finalités. Roche (1997) propose une interprétation de type acteur/représentation. Le plan physique, correspond aux objets matériels, le plan logique à une facette organisationnelle liée aux flux d'information, de produits, de décisions. Le niveau holistique se traduit par une facette existentielle et intègre les représentations et projets des acteurs qui forment l'identité du territoire. Plusieurs aspects de ces deux conceptualisations seraient discutables mais elles sont en fait assez marginales dans la réflexion des auteurs. L'approche de Golay et Riedo (2001) est la plus fidèle à la conception de Schwarz. Pour eux le plan physique du système est composé

des objets matériels qui constituent le territoire proprement dit, le plan logique prend en charge les structures et les formes des phénomènes à travers l'information du territoire, et le plan holistique correspond au niveau du sens et de l'identité du territoire liés aux finalités des acteurs. Les systèmes d'information géographique traversent et connectent les trois niveaux. Ils décrivent les objets physiques du monde réel sous forme d'information structurée et organisée qu'ils fournissent aux décideurs qui agissent sur le territoire. Cette conception articule donc les trois plans d'existence du système. Chez Golay et Riedo, la notion de territoire reste toutefois attachée de manière privilégiée au niveau physique et matériel, continuant une tradition géomatique qui envisage le territoire plutôt dans son sens commun et pratique de « portion d'espace, en tant que milieu de vie et d'intervention humaine » (J.-J. Chevalier, *op.cit.*), peuplé essentiellement d'objets matériels, comme on l'a vu avec le continuum des SIG de Thériault et Bédard (*op. cit.*).

La discussion porte moins sur le principe même de ce métamodèle que de son usage dans une vision systémique du territoire. Il a le grand avantage de penser l'existence du territoire dans un système à plusieurs niveaux. Il nous semble que dans ce cadre l'articulation des plans physique et logique du territoire a été assez bien traitée par la géomatique (voir Parcours 1). En revanche, le rôle de l'information dans l'existence du territoire en tant que totalité, de la construction de son identité à travers les finalités des acteurs relève exactement de la question que nous sommes en train de traiter et c'est à ce niveau qu'il faut préciser le modèle. La Représentation Systémique du Territoire de Prélaz-Droux se présentait comme une réponse possible à cette question. Il s'agissait de conceptualiser le territoire en tant que système cohérent dont toutes les composantes physiques et humaines sont en interdépendance, et donc d'intégrer l'immense variété des perceptions des acteurs du territoire. Il nous semble cependant que son tort est de fermer artificiellement la question aussitôt ouverte. Il ne peut exister une représentation *a priori* et unique du territoire, intégrant les finalités de tous les acteurs selon un réseau hiérarchisé de domaine, secteur, thème... On ne voit pas quel acteur serait capable de porter la vision surplombante qu'est la RST sur le territoire, intégrant dans un univers unique tous les autres univers du discours, dans un seul regard, tous les regards. La RST ne peut constituer dans ce cadre qu'une nouvelle représentation particulière, liée à un regard porté sur l'espace à gérer¹. Elle ne peut se comprendre comme un moyen, mais plutôt comme un objectif inatteignable, une tentative permanente de construire une représentation collective correspondant à la vue holistique du système, qu'aucun organisme sectoriel ou partiel ne peut par définition avoir. Pour comprendre à la fois ce que peut être ce plan holistique du système construit à propos du territoire, et le rôle que peut jouer l'information dans la conscience qu'il prend de lui-même en tant que système, il nous faut faire un retour aux approches systémiques du territoire de la géographie qui nous paraissent pouvoir contribuer à la réflexion.

Les systèmes territoriaux

Le mot territoire, bien que d'usage relativement récent, s'est très rapidement répandu en géographie. Sans jouer au jeu des dictionnaires, des auteurs tels que A. Bailly, R. Brunet, G. Di Méo, J-P. Ferrier, H. Gumuchian, J. Lévy ou d'autres ont proposé des constructions théoriques différentes de la notion de territoire, adaptées à leurs objectifs et à leurs objets d'étude. A

¹ Le problème est du même ordre pour l'approche descendante hiérarchique qui décrit la structure du territoire permettant de rendre compte du fonctionnement du territoire que proposent (De Sède et Moine 2001)

l'inverse, d'aucuns prohibent l'usage générique du mot territoire : «Un espace peut-être théorique, *un territoire*, non» (Scheibling 1994 p. 145). Comme on l'a vu dans le Parcours 1, les SIG sont des constructions autant organisationnelles et sociales que techniques et, même s'ils servent à stocker des chaussées, des antennes, des ponts, des collecteurs ou d'autres objets prosaïques et matériels, les enjeux qu'ils soulèvent et les relations qu'ils peuvent contribuer à mettre au jour sont souvent d'un ordre moins immédiat. Notre analyse de la dimension territoriale des systèmes d'information concrets nous conduit à tenter d'explorer les approches systémiques du territoire.

L'application de la systémique en géographie est ancienne et renvoie à des conceptions multiples (Haggett 1973; Dauphiné 1979; Auriac 1983; Le Berre 1983; Guermond 1984; Brunet 1990). Plus récemment, les travaux, très différents dans l'esprit, de Eckert (1996) et de Rolland-May (2000) ont réactualisé ces approches à partir d'un questionnement plus inattendu sur l'évaluation des territoires. On trouve dans Le Moigne (1990) un bon rappel de l'intérêt d'une représentation d'un phénomène sous forme de système. D'abord, la modélisation comme système peut rendre le phénomène intelligible sans prétendre rendre compte de l'exhaustivité des éléments qui le constituent. Une représentation systémique ne cherche pas à représenter d'abord des choses, des éléments, des organes mais à modéliser un système d'action en partant de la question « Qu'est-ce que cela fait ? » et non de la question « De quoi c'est fait ? ». Elle permet une représentation de type comportementale, c'est-à-dire par observation de l'extérieur d'un objet, sans reconstruction analytique de la structure interne de celui-ci. Par ailleurs, l'objet n'est pas envisagé pour lui-même mais à travers les relations qu'il entretient avec son environnement sur lequel il agit et qui réagit sur lui.

D. Eckert (*op.cit.*) a appliqué cette approche systémique à la question du territoire. Le mot territoire est gardé, mais dans une acception, assez large et proche du sens commun, de lieu ou d'ensemble de lieux de surface indéterminée. A propos de ce territoire vaguement défini, D. Eckert propose une construction théorique fondée sur un couple de concepts *Espace géographique* et *Système territorial*¹. Eckert reprend la définition de R. Brunet de l'espace géographique envisagé comme « l'ensemble des populations, de leurs œuvres, de leurs relations *localisées*, c'est-à-dire considéré dans leur étendue et dans leurs lieux (...). Il contient l'ensemble des relations localisées et localisables, à la fois les rapports des lieux entre eux, et les rapports aux lieux qu'entretiennent les individus.» Brunet (1990, *op. cit.*). Il est possible d'envisager un espace géographique comme un système. Un exemple connu est la *région polarisée* décrite par P. Haggett, (*op. cit.*). On peut aussi envisager l'existence de *systèmes spatialisés*, comme l'espace viticole de F. Auriac (*op. cit.*), projection spatiale du système économique-social que constitue le vignoble languedocien. En s'appuyant sur l'analyse du système minier, G. Baudelle et P. Pinchemel (1986) défendent la notion de *systèmes spatiaux*, existant en tant que tels et non pas seulement comme traduction spatiale d'un système économique. Eckert propose une « hypothèse supplémentaire », celle de l'existence des « systèmes territoriaux qui doivent être différenciés des espaces géographiques car ils les produisent et les organisent » (p. 38). « Le système territorial est formé par l'arrangement des relations entre les lieux et les acteurs de l'espace considéré, pris dans leur environnement. (...) il est la conjonction de l'espace géographique donné, pris dans toute son étendue, où il manifeste son activité et d'une

¹ Nous procédons à une relecture et une synthèse de cette construction.

organisation qui accepte toutes les déterminations de cet espace ». « L'activité du système territorial est exclusivement la *production de l'espace* en ses lieux (différenciation vis-à-vis de l'environnement, différenciation interne, maintien ou modification d'une structure. Le système territorial est ainsi un système de production. (...) il produit de l'espace organisé et différencié (ou de l'organisation et de la différenciation de l'espace) » (p. 41). Des systèmes territoriaux peuvent être observés à différentes échelles. Les limites d'un système territorial sont souvent floues et incertaines et varient en fonction des indicateurs choisis. L'enveloppe d'un système territorial ne peut être assimilée à la limite de son espace car il entre en contact avec son environnement en de nombreux autres points physiques (aéroports, gares) ou virtuels (réseaux de relations économiques, politiques, culturelles). Son environnement ne peut se réduire à son voisinage puisqu'il échange des flux à distance, mais la proximité est un facteur à ne pas négliger car il tend à favoriser ces échanges. Le système territorial n'est pas un système purement social, il est formé par l'arrangement des relations entre les lieux et les acteurs de l'espace considéré. Il est explicable par une totalité qui l'organise (*Ibid.* p. 38). L'activité d'un système territorial se fait à travers les projets des acteurs qui activent de nombreux processeurs de flux : flux de population, de capital, d'énergie, d'information et d'autres ressources. Ces actions ne sont pas toujours observables concrètement, mais leur effet se traduit dans l'espace géographique. La structure d'un système territorial est « l'ensemble, identifié comme interconnecté, de ses processeurs ». Cette structure peut se transformer en réponse à une perturbation de l'environnement ou à une évolution des projets des acteurs.

Le modèle canonique O-I-D (voir Figure 3-4) du système, auquel Eckert se réfère explicitement, suppose la coexistence et la co-relation de trois sous-systèmes : le système de décision (que Eckert nomme système de pilotage), le système d'information et le système opérant. Eckert accorde une importance particulière au système de décision qui est la « pièce essentielle » de sa construction théorique, celle qui sauve la notion de système territorial de l'incohérence. Le système de pilotage détient la mémoire des projets et la capacité décisionnelle du système. Il s'agit d'une « pure abstraction » qui ne correspond à aucune instance réelle. Les décisions du système de pilotage correspondent dans le réel à « une multitude d'actions conscientes ou non, d'individus ou d'acteurs collectifs ». La description du deuxième élément, le système d'information, est plus réduite. L'information du système correspond aux « connaissances susceptibles d'être mobilisées pour la gestion et la transformation de l'espace contrôlé par le système » (p. 47). Ses formes concrètes sont très variables. Eckert cite comme exemple d'information des solutions apportées à des questions locales telles que la maîtrise de l'eau, des savoir-faire de fractions de la population, ou même des traces de ces solutions et savoir-faire. Il intègre aussi dans cette définition les compétences pour trouver et utiliser de l'information utile au système. Par ailleurs, cette mémoire n'est pas toujours « constituée en objet consciemment appréhendée ». La troisième composante, le système opérant, est quasiment absente de la proposition théorique de Eckert, qui insiste plutôt sur le caractère d'incohérence apparente de ce niveau opérant. L'activité des éléments structurants de l'espace se déploie « sur des plans autonomes de l'espace, sans guère de proximité autre que triviales », « relèvent de mondes très différents » ; « l'espace semble segmenté, éclaté », etc. (p. 48-49).

Cette construction théorique est utile pour aider à clarifier les relations des SIG au territoire. Quelques points sont cependant à discuter. D'abord, il faut souligner que la proposition d'Eckert doit se comprendre dans le cadre de ses finalités : construire rigoureusement une méthode d'évaluation du territoire. Ceci explique l'accent mis sur la dimension de décision (pilotage) du

système. En effet, l'objectif étant de pouvoir évaluer les performances globales d'un système territorial, c'est au niveau du pilotage qu'elles sont les plus facilement observables. L'évaluation portera par exemple sur le niveau d'autonomie décisionnelle ou la solidité et la permanence du système d'acteurs. On peut s'interroger sur la faiblesse que représente cependant la difficulté à caractériser le système opérant d'un système territorial. La "réalité" du système territorial ne relève-t-elle pas aussi du réseau d'interrelations dans lequel s'imbriquent les actions et projets concrets des multiples acteurs du système qui produisent l'espace ? Même si la complexité de ce réseau défie l'analyse, n'est-il pas un signe aussi fort de la cohérence du système territorial que le niveau plus abstrait de la régulation et de la décision ? Il nous semble que dans une optique d'évaluation du territoire, la manière dont les décisions se traduisent en actions est aussi importante pour rendre un système territorial "efficace" que la "qualité" de ces décisions.

La vue qu'a Eckert de la "mémoire" du système territorial demanderait aussi à être précisée. Dans le modèle O-I-D, l'information joue, on l'a vu, un rôle central. Le système d'information est à l'interface du système opérant et du système de décision du territoire. C'est un système, lui-même complexe, qui effectue le couplage du « complexe des opérations tangibles » de l'organisation avec le domaine de « l'élaboration des stratégies intelligentes » (Le Moigne 1990). Or la conception de la fonction de mémorisation de Eckert paraît trop rapide. Le statut de l'information est trop vague. Sous ce nom sont regroupés des éléments qui relèvent de la culture (des savoir-faire, des images, éventuellement des traces archéologiques), de l'information vue comme un stock (données, documentation) mais aussi comme un processus (recherche et développement par exemple). Il est donc indispensable de mieux définir ce que l'on entend par information territoriale. La réflexion doit être prolongée pour mieux caractériser le système d'information du système territorial. Pour ce faire nous pensons nécessaire de revenir aux sources de la démarche de modélisation Organisation-Information-Décision, qui confère une place centrale à la question de l'information.

Une vue "cybernétique" du territoire

La démarche proposée par Le Moigne à partir de Boulding (1956) donne aux notions d'information et de simulation une place centrale dans la définition du système. Le modèle classe les systèmes en neuf niveaux de complexité croissante à partir d'une étude des processus de traitement d'information et de décision (Figure 3-6) (Le Moigne 1990). A chaque étape de complexité émerge une nouvelle propriété du système. Appliqué au système territorial, cela donne :

1. Le système territorial est identifiable. On peut le différencier de son environnement.
2. Le système territorial est actif. Il est présumé faire quelque chose.
3. Le système territorial est régulé. S'il peut être perçu c'est qu'il a une certaine forme de stabilité.
4. Le système territorial s'informe sur son comportement. Son mode de régulation est complexe et passe par la production d'information sur l'état du système.
5. Le système territorial décide de son comportement. Capable de gérer l'information, le système devient capable d'élaborer ses propres décisions, à travers un sous-système qui s'autonomise.

6. Le système territorial est capable de mémorisation. Dans ses décisions, le système ne s'appuie pas que sur des informations instantanées, mais aussi sur des informations qu'il a mémorisées.
7. Le système territorial est amené à coordonner les différentes actions qu'il doit prendre.
8. Le système territorial imagine et conçoit de nouvelles décisions possibles.
9. Le système territorial se finalise, il est capable de décider sur sa décision.

Eckert fonde son analyse sur le niveau numéro 6 du modèle O-I-D, celui que Le Moigne appelle le modèle "canonique" applicable avec fécondité à tout système (*Ibid.* p. 61). Or le modèle peut nous conduire à concevoir un système territorial dans une dynamique de complexité et d'auto-organisation. Certains systèmes se situeraient à un simple niveau d'information, d'autres à un stade de mémorisation et d'autres enfin à un stade de coordination des décisions. Le niveau 6 sur lequel se fondent Eckert ou Gayte, Cheylan et al ne serait alors qu'une étape dans le développement d'un système territorial¹. Rolland-May (2000), qui propose aussi à partir du modèle de Le Moigne une construction théorique de l'évaluation des territoires, mais dans une expression beaucoup plus formalisée que celle d'Eckert, considère par exemple qu'un système territorial est nécessairement un système situé au niveau de complexité et d'organisation maximale. Il nous semble plus riche d'envisager une complexification progressive de l'organisation d'un système territorial. Eckert pose une question : à partir de quel moment, un territoire, au sens commun de lieux ou d'ensemble de lieux, peut-il être considéré comme un système territorial ? Pour lui, « tout découpage n'est pas pertinent, c'est-à-dire qu'il peut être pauvre, ou riche de trop de contradictions. Les seuils sont ceux de la trop grande pauvreté ou de l'incohérence. La liberté de découpage du modélisateur est limitée par la volonté de produire du sens. » *Ibid.* p.43. Le Moigne pointe le « saut » de complexité que représente le quatrième niveau qui marque l'apparition de l'information, production de type nouveau, sous forme de système de symboles. Le niveau 4 semble être le niveau de complexité en deçà duquel l'étude d'un système territorial est impossible ou le système territorial n'existe pas, ce qui revient au même dans une perspective systémique. Le niveau 4 du modèle O-I-D nous permet de comprendre que la pauvreté dont parle Eckert est une pauvreté d'information, de production symbolique du système territorial, insuffisante pour pouvoir en construire un modèle. L'incohérence renvoie au fait qu'il n'y a même pas de système observable par manque de régulation.

¹ Il est relativement indifférent du point de vue d'une modélisation systémique que le système soit "réellement" d'un niveau de complexité donné ou qu'il soit simplement modélisable à ce niveau. Cela revient en définitive au même, puisque l'objectif de la modélisation est de donner une représentation suffisante du phénomène pour comprendre et simuler son action.

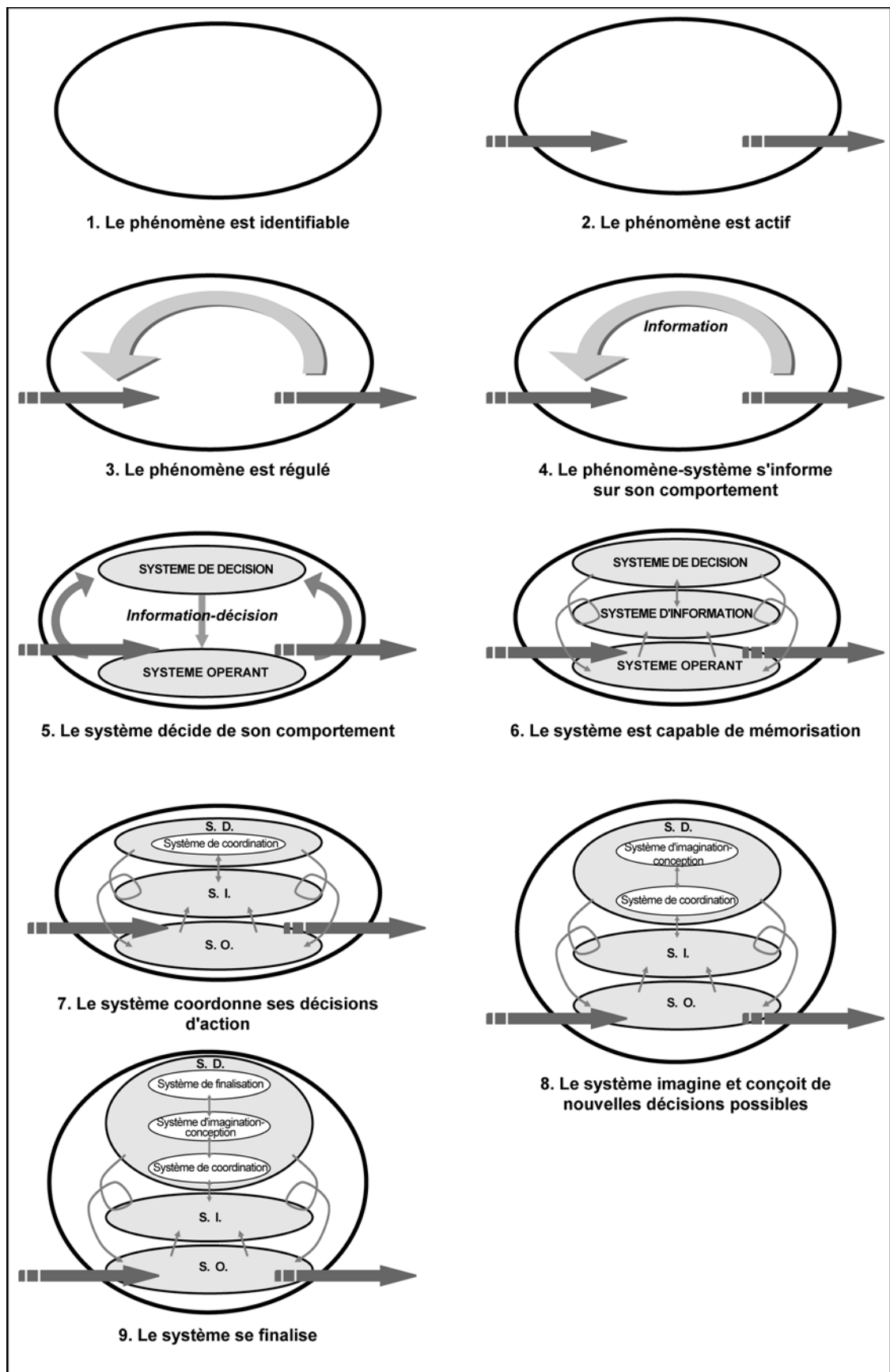


Figure 3-6. Le modèle archétype de l'articulation d'un système complexe en neuf niveaux.
Le Moigne (1990)

Si l'on adopte ce point de vue, la fonction de mémorisation-information devient d'autant plus complexe et intégrée à la décision que le système territorial croît en complexité. Un système territorial peut s'informer et décider de son comportement sans avoir autonomisé un système d'information. Mais il ne peut coordonner ses décisions ni imaginer d'autres actions. Il y a toujours de l'information dans un système territorial, mais la manière dont elle est organisée et traitée apparaît comme un signe de la complexité d'organisation du système. On pourrait par exemple émettre l'hypothèse que le système territorial de l'agglomération de Genève se situe à un niveau d'organisation plus élevé que celui de l'agglomération stéphanoise, et analyser pour le vérifier leurs systèmes d'information respectifs. Pour ce faire, il faut dépasser cette simple position théorique et caractériser de manière plus opérationnelle le système d'information d'un système territorial, ce que nous ferons après une discussion théorique de cette approche.

Discussion de l'approche

Eckert passe en revue les critiques que l'on peut faire à la notion de système territorial : concept non scientifique, « mou », « protéiforme », « insuffisamment formalisé ». En proposant de mettre l'information et son utilisation dans la décision au centre du concept, nous pensons lui donner une colonne vertébrale plus solide. L'information est un flux particulier qui reflète tous les autres flux traversant le système territorial : capitaux, population, ressource et même énergie dont elle rend compte sous forme de signaux et de symboles à travers différents capteurs.

Remplacer le mot fourre-tout territoire par un couple espace \Leftrightarrow système territorial permet de mieux cerner de quoi l'on parle mais crée de nouvelles difficultés. Dans la définition de Brunet que reprend Eckert, l'espace géographique organisé et produit par le système territorial ne peut s'envisager que comme une abstraction, « le produit d'une formalisation, un pur concept, en rupture avec la connaissance empirique immédiate (Eckert, *op. cit.* p. 30) ». L'espace que décrit le système d'information d'un Système territorial n'est pas donné *a priori*, il est postulé. C'est une construction formelle et théorique. Ce n'est ni l'espace cadastré du topographe, ni le système technique du gestionnaire de réseau d'eau, ni le biotope de l'écologue, même s'il est censé intégrer ces objets dans ses structures. Il faut approfondir cette construction conceptuelle spécifique. Dauphiné définit *l'espace géographique*, comme un concept élaboré par les géographes pour formaliser scientifiquement les caractéristiques de *l'espace terrestre*, objet réel et concret à la fois *donné* dans sa dimension physique et écologique, *produit* par l'action et les sociétés humaines, *vécu et perçu* par les individus dans des dynamiques individuelles et collectives (Dauphiné 1995). Il n'est pas scandaleux d'appeler géographique cet espace, si l'on accepte l'idée que la géographie est la discipline qui en a proposé la formalisation la plus complète et qui s'est donnée comme objectif de chercher les lois de son organisation. Il existe bien sûr de nombreuses conceptualisations de l'espace géographique. Dauphiné distingue ainsi les espaces géographiques empiriques, théoriques ou axiomatiques en fonction du type de conceptualisation choisi.

Les conceptualisations privilégient aussi plus ou moins deux types de phénomènes de l'espace terrestre : les phénomènes sociaux et les phénomènes physiques ou naturels. Considérer comme Brunet et Eckert, qu'on ne peut parler de lois de l'espace géographique que dans la mesure où elles expriment des relations sociales serait à notre sens une erreur. Sans vouloir rouvrir un vieux débat ressassé, et tout en adhérant à l'idée de Dauphiné que la « reconnaissance du caractère physique de l'espace terrestre n'implique nullement la nécessité de développer au sein même de la géographie une géographie physique indépendante » (Dauphiné *op. cit.*), la question

de Brunet à propos du paradigme écologique en géographie : « Comment parler de l'environnement des sociétés, sans les sociétés ? » (Brunet, Ferras et al. 1992 p. 218) se retourne aisément : « Comment parler de l'environnement des sociétés, sans l'environnement ? ». Ces questions académiques relèvent essentiellement d'enjeux de pouvoirs à l'intérieur du champ scientifique. Elles ne permettent pas de penser les objets nouveaux qui apparaissent. L'espace terrestre est aussi le champ d'action de phénomènes physiques ou "naturels" comme la pollution de l'air, de l'eau, le risque de crue, l'activité sismique, le climat, phénomènes dynamiques qui relèvent des lois de la physique à base d'énergie. Ils sont monitorés dans les systèmes d'information du territoire et utilisés par des acteurs pour adapter leurs conduites sociales, selon des processus qui relèvent d'autres types de lois. Un habitant de Lyon peut ainsi maintenant cartographier directement sur Internet le niveau de pollution de l'air de sa rue et s'en servir en tant qu'individu, que militant ou que citoyen (Atmo Rhône-Alpes 2004). Contrairement aux géographes universitaires, les systèmes d'information du territoire ne trient pas dans les phénomènes entre ceux qui sont physiques et ceux qui sont humains. De plus ce découpage a des conséquences fortes sur les conceptualisations. L'espace géographique des phénomènes physiques obéit à des lois continues. Or l'espace géographique de Brunet et Eckert se veut nécessairement discontinu et hiérarchisé. Il s'agit d'un espace ordonné illustrant une vision et un ordre du monde (Cambrézy 1995) dans lequel les objets et phénomènes physiques n'ont pas de place. Un système territorial intègre à la fois des opérateurs humains (publics et privés, individuels et collectifs) et des opérateurs biophysiques complexes qui ont une dynamique propre, indépendante de la conscience qu'en ont les opérateurs humains. Les interactions entre processus humains et naturels, qui sont pris en compte par les différents opérateurs doivent être intégrées dans la formalisation de l'espace géographique, selon un mode forcément différent de la gestion sectorielle ou de filière. Faut-il élargir la définition de l'espace géographique d'un système territorial ? A. Dauphiné remarque que le fait que l'espace terrestre soit un produit social n'implique pas de partir du social pour construire une formalisation de l'espace géographique.

L'espace que décrivent les bases de données géographiques ne se réduit pas à l'espace concret tel qu'on peut l'observer sur une carte topographique ou un plan cadastral. Aux objets matériels et concrets présents sur le terrain et définis empiriquement tels que des routes, des parcelles agricoles, des arbres, des maisons, des cours d'eau s'ajoutent : a) des objets invisibles tels que des limites juridiques, des parcelles foncières ou des unités censitaires ; b) des dispositifs techniques matériels comme des réseaux ou des sites industriels dont le fonctionnement complexe est modélisé ou épuré ; c) des entités concrètement définissables mais construites au moyen d'un dispositif d'explicitation scientifique plus ou moins élaboré, telles que des unités géomorphologiques ou écologiques ; d) des zones culturelles aux limites plus ou moins floues comme des aires sociolinguistiques ou des unités paysagères ; e) des mesures, relations ou catégories abstraites comme une densité d'habitat, une typologie de quartier ou un gradient centre-périphérie ; f) des éléments d'un système spatial formalisé tels que des villes dans un réseau, des "places" dans un système hiérarchique de places centrales ; g) des entités abstraites et en parties arbitraires dont la fonction est de modéliser un processus physique, comme le compartiment d'un modèle hydraulique. Ces relations abstraites décrivent sous forme d'information les interactions entre les entités matérielles du plan physique. Ces informations peuvent être des attributs, des typologies, des liens logiques, des équations mathématiques, des modèles ou bien d'autres choses encore. Elles doivent pouvoir transcrire les relations entre l'espace géographique et le système d'acteur en tant que concepts. L'espace n'est pas seulement

un produit du système territorial comme le disait Eckert, il le contraint en retour en tant qu'il est toujours déjà donné. Une fois mis en place par un système d'acteurs particulier, un réseau routier devient une contrainte pour le nouveau système d'acteurs qui en hérite. Mais l'ensemble de ces relations ne peut se comprendre en tant que système que si on admet qu'il existe une totalité qui l'organise, entité qui est aussi produite par ce système de relation, et qui prend en compte les représentations et les finalités que se donnent les acteurs vis-à-vis du territoire. Nous en revenons alors à la conception d'un modèle systémique du territoire inspiré du métamodèle de Schwarz et très proche de celle de (Golay et Riedo 2001) (Figure 3-7).

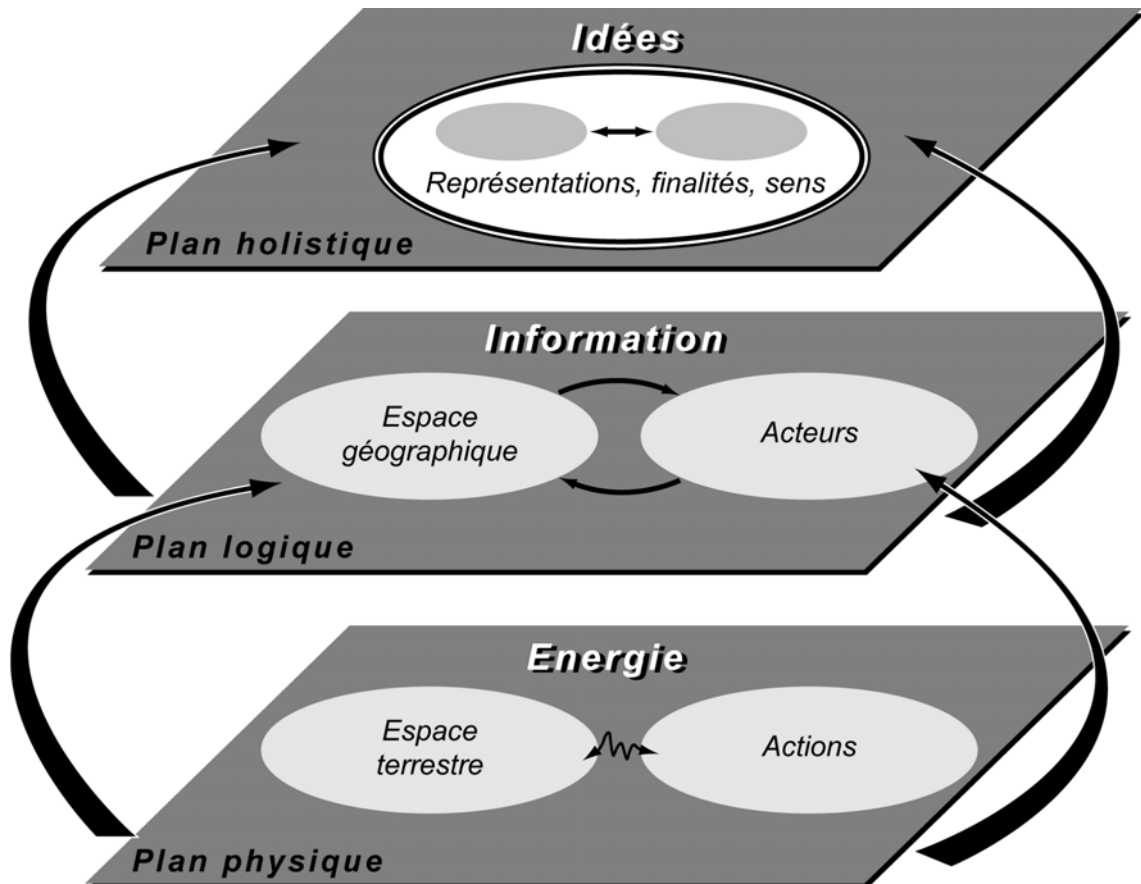


Figure 3-7. Un modèle systémique du territoire. D'après Schwarz (2002) et Golay et Riedo (2001)

La principale différence est que nous proposons d'organiser le plan logique, comme le fait Eckert, sous la forme de deux sous-systèmes en interaction, celui de l'espace géographique, dont la conceptualisation doit être renouvelée pour tenir compte de la nature des objets et actions matériels à prendre en compte et celui du système d'acteurs du territoire, qui s'organise en fonction de l'espace géographique de référence, mais aussi d'autres relations non spatiales. Il nous semble en effet que ces deux sous-systèmes obéissent à des formes d'organisation différentes. Une autre différence d'ordre sémantique tient à la notion de territoire. Dans une tradition plus géographique que géomatique, il nous semble que l'on peut parler de territoire au niveau de chacun des plans. Le territoire peut aussi bien nommer les composants matériels

d'une portion déterminée de l'espace terrestre, les structures d'échange de tout type qui existent entre des acteurs définis selon une « métrique à dominante topographique » (Lévy 1997) ou la construction idéale, la représentation globale et synthétique du territoire que partagent des acteurs sociaux. Cela permet d'intégrer les conceptions du territoire de la géographie de type espace vécu, perçu, imaginé.

Schwarz a conçu son métamodèle comme un cadre général permettant de construire des modèles plus détaillés dans différentes disciplines afin de rendre compte de systèmes non linéaires et auto-organisés. A ce niveau général, ce métamodèle n'est pas incompatible avec celui de Le Moigne. Les trois plans d'existence sont complémentaires de la logique O-I-D. Comme celui de Le Moigne, le métamodèle de Schwarz doit servir à concevoir l'évolution de systèmes qui évoluent vers une complexité et une autonomie toujours croissantes en une spirale d'auto-organisation qui suit différents cycles (Schwarz 2002). Nous ne discuterons pas de leur compatibilité, du point de vue systémique, dans la description de la dynamique de ces systèmes, de leur émergence comme de leur devenir. Dans le cas du territoire, on peut s'interroger sur ce que signifient par exemple l'étape 8 du modèle O-I-D, dans laquelle le système territorial imagine et conçoit de nouvelles décisions, et l'étape 9 où il se finalise et devient capable de décider sur sa décision. Il en va de même des cycles finaux d'autopoïèse et d'autoréférence dans le modèle de Schwarz. Ces étapes posent en effet la question d'une causalité téléologique, de la capacité d'une société à s'auto-organiser en fonction d'un projet. Ces questions dépassent l'objet de ce travail, même si on en trouvera un écho dans le Parcours 4 à travers la question de l'autoréflexivité comme phénomène central des sociétés contemporaines.

Nous en resterons à l'idée que la question de l'information est centrale dans l'organisation d'un territoire en tant que système et que l'apparition d'une fonction de mémorisation, puis de l'émergence d'un système d'information peut, à titre d'hypothèse, être mise en rapport avec le niveau de structuration et de complexité du système territorial. Si la construction d'une Représentation Systémique du Territoire du type de celle que proposait le Projet Germinal est impossible, c'est parce que le système territorial étant en évolution constante, l'espace qu'il organise et produit est en constante réorganisation et ne peut donc être figé dans un schéma définitif. Cette représentation doit donc se comprendre comme une méthode de décryptage, à travers l'analyse de la structuration de l'information, à la fois de l'espace géographique et du système d'acteurs qui le produit et l'organise. Réaliser ce décryptage nécessite une analyse fine à la fois du système d'acteurs lié au territoire et des caractéristiques naturelles, culturelles, sociologiques, économiques de l'espace qu'il organise et produit. Cette analyse est nécessairement plus globale que la description détaillée de l'espace terrestre mais doit pouvoir articuler les différentes échelles de perception et d'organisation des acteurs. Cette analyse gagne donc à s'appuyer sur les méthodes et les acquis de la géographie. Puisqu'elle n'est la représentation d'aucun acteur, elle ne peut se faire — c'est une difficulté et une richesse — que dans le cadre d'une structure partenariale, groupant les principaux acteurs du système territorial.

Analyser l'information qui traverse le système territorial, et les capacités de celui-ci à la collecter, la traiter et la diffuser peut aider à caractériser et comprendre son fonctionnement. Comme la dimension spatiale d'un système territorial est déterminante, la manière dont il gère l'information spatialisée qui le concerne, qu'il s'agisse de la différenciation interne de l'espace du système ou de la place de celui-ci dans son environnement, est alors un signe de son niveau d'organisation et de complexité, et une indication de son efficacité. C'est donc sur l'analyse de l'information d'un système territorial qu'il faut mettre l'accent.

3.2. L'informatisation du Système d'Information du Territoire

Pour alléger l'exposé, ce que nous appellerons dorénavant *Système d'Information du Territoire* (SIT) correspondra *au système d'information du système territorial* dans sa globalité. On verra que les outils géomatiques y jouent un rôle stratégique et toujours plus important mais qu'ils ne résument pas, loin de là, le SIT.

L'information du territoire

Définition de l'information

En nous inspirant de la définition de Le Coadic (1994), on définira l'information comme une connaissance écrite, orale ou audiovisuelle fixée sur un support papier ou enregistrée sur un support électronique. Cela permet d'isoler l'information proprement dite, qui est formalisée sur un support, d'autres éléments de connaissance plus informels tels que des pratiques ou des savoir-faire culturels, sociaux ou techniques. Il est donc théoriquement possible, même si l'inventorier est une démarche démesurée, de décrire la composante information d'un système territorial. Elle regroupe les documents décrivant l'espace géographique ou les acteurs impliqués dans le système territorial et produits dans des contextes variables :

- Documents produits par les médias (presse écrite, radio, télévision)
- Documents muséographiques
- Bases de données diverses
- Rapports et documents produits par les institutions ou organismes les plus divers.

Des organismes spécialisés (médias, centres de documentation, bibliothèques, archives, ...) sont en charge de la production, de la collecte, du stockage et de la mise à disposition de l'information au grand public ou à un public spécialisé, selon que l'accès à ces informations est ouvert ou limité, gratuit ou payant. Tous ces éléments sont bien connus et nous les rappelons pour montrer qu'une analyse systématique du dispositif de mémorisation global d'un système territorial est possible. On serait d'ailleurs surpris parfois de constater comme ce système d'information est bien souvent déporté, tout comme le système de décision, en dehors de l'espace lui-même (dans la ville centre, dans la capitale, etc..). Il faut donc envisager l'information d'un système territorial dans sa globalité, et pas seulement comme la coordination des différents SIG sur un même territoire.

Ce cadre étant posé, il est maintenant possible de réfléchir d'une manière plus générale au processus d'informatisation du système d'information d'un système territorial. Remarquons d'emblée qu'il ne s'agit pas d'une dérive technique dans notre réflexion. Depuis plus de trois décennies que se sont développés les systèmes d'information (SI) dans les organisations, il a toujours été admis que cohabitent dans un système d'Information une partie informatisée et une partie non informatisée. Seule la partie formalisable de l'information est susceptible d'être informatisée. Des informations non formalisées sous forme de documents papiers, de procédures manuelles, de transactions orales ne sont pas informatisées même si elles sont tout aussi indispensables au fonctionnement de l'organisation que le SI informatisé. Cela n'a pas empêché le développement très rapide de procédures automatiques pour le traitement de l'information formalisable. Il n'est donc pas illégitime de nous focaliser sur la part du SIT formalisable et informatisable, d'autant plus que les SIG qui constituent notre objet d'étude en sont partie intégrante. Une deuxième raison, peut-être plus importante, est que la part non

numérique d'un SIT se réduit très rapidement. Le développement d'Internet contribue à une numérisation extrêmement rapide d'informations habituellement non informatisée telles que les articles de journaux, les rapports d'étude, les photographies, etc... De plus en plus le SIT se numérise et même se donne à voir en ligne.

L'information du système opérant du territoire

Il faut revenir sur la question du système opérant du territoire. Celui-ci correspond à l'ensemble des opérations qui produisent de l'espace. Dans la logique du modèle O-I-D, le système d'information de l'organisation enregistre sous forme symbolique les représentations des opérations du système opérant, les mémorise et les met à la disposition du système de décision. Celui-ci, après avoir élaboré ses décisions d'action (les commandes), les fait également enregistrer et mémoriser par le SI, en les transmettant pour action au système opérant (Le Moigne, 1990, *op. cit.* p. 87). Dans le système d'information cohabitent donc des représentations d'opération et des commandes ainsi que des informations externes sur l'environnement du système territorial. Les acteurs, ou plutôt les opérateurs d'un système territorial sont extrêmement divers et nombreux. Leurs actions à inscription spatiale sont indénombrables et toutes ne produisent pas une information formelle, telle que nous l'avons définie. Pourtant, dans les pays industrialisés, des traces de la plupart de ces actions sont collectées et stockées, dans le cadre de procédures administratives ou de gestion. Depuis très longtemps, toutes les opérations qu'il s'agisse de constructions de logements ou d'usines, d'opérations financières ou d'actes privés divers font l'objet d'un enregistrement sous la forme d'une *inscription* sur papier.

L'impact des techniques de numérisation de l'information sur ce système d'inscription des traces se fait sentir à plusieurs niveaux. Il est bien connu que le stockage sous forme numérique facilite d'abord la gestion et la consultation des données. Le stockage de l'information dans des bases de données facilite aussi les recoupements et les mises en relation des données entre secteurs différents. La numérisation des moyens de paiement permet ainsi par un simple croisement de fichiers de retrouver les heures de passage à un péage du titulaire d'une carte bancaire, comme on l'a constaté naguère dans une affaire pénale très médiatisée. Enfin, les techniques produisent aussi une information complètement inédite. On pense bien sûr, dans un contexte géographique, aux données satellitaires qui fournissent des données en continu sur l'état de la planète dans de multiples domaines, en particulier militaire. Mais d'autres exemples tout aussi significatifs peuvent être cités. L'irrésistible vague du téléphone mobile produit une inscription dans une base de données techniques de la localisation des utilisateurs, sous forme de calcul des coordonnées du mobile à partir des bornes ou des antennes relais avec lesquelles il est en contact. Il existe donc un moyen de localiser de manière de plus en plus précise et continue une proportion toujours plus grande de la population. Cette possibilité est déjà utilisée par les services de police ou de secours. La diffusion des systèmes GPS dans la navigation embarquée des véhicules va dans le même sens avec une autre technologie. Elle est déjà utilisée pour la gestion des flottes de véhicules de transports en commun de voyageurs ou de marchandise. La numérisation de l'information permet et accompagne la mise en place de ce qu'on pourrait appeler un monitoring en temps réel d'un nombre croissant d'actions ayant lieu sur la surface terrestre dans tous les domaines de la vie sociale : économie, travail, santé, transports... Mais il concerne aussi le descriptif de phénomènes biophysiques. Le développement des télémesures permet d'avoir accès en temps réel à des données sur différents phénomènes naturels : météorologie, crues, sismologie, pollution de l'air ...

On constate donc que le système opérant du territoire, qui transforme et différencie l'espace de manière tangible, produit de l'information en continu et par de multiples canaux. Cette information est maintenant de plus en plus souvent au format numérique. Elle se trouve répartie dans de multiples systèmes d'information ayant leur finalité et leurs outils techniques.

L'information du système de décision du territoire

Le système de décision, même s'il s'agit d'une abstraction qui ne peut être réduite à une instance institutionnelle, est partagé entre de multiples acteurs concrets. On peut distinguer les acteurs atomisés dont les micro-décisions quotidiennes constituent plutôt des actions du système territorial et les acteurs organisés : sociétés, collectivités, groupes sociaux possédant un système de décision formalisé qui s'appuie sur un système d'information explicite. Contrairement au système opérant, le système de décision manipule des informations agrégées, des symboles, des commandes, des ordres beaucoup plus informels et dont les traces sont plus fragiles car l'information échangée passe par des supports moins pérennes : études plus ou moins confidentielles, rapports internes, comptes-rendus de réunions, voire simples conversations. L'analyse du système de décision d'un système territorial est donc toujours une gageure et nécessite soit une immersion difficile dans un système de jeu d'acteurs par définition clos et étanche, soit une analyse externe des actions réalisées qui n'est envisageable qu'*a posteriori* pour comprendre le fonctionnement passé d'un système de décision. Cependant, il est toujours possible d'analyser les opérations de traitement d'information formelles liées à ce système de décision.

Le système d'information informatisé du territoire

Quel rôle jouent les SIG dans la gestion de l'information d'un système territorial ? Nous allons passer en revue rapidement les grands types de données mis à la disposition d'un système territorial dans le contexte français et examiner la place des SIG dans le traitement de l'information.

La dimension matérielle de l'espace géographique

La description des objets physiques de toute nature qui occupent ou constituent l'espace physique du système territorial des entités matérielles ou physiques présentes dans l'espace est maintenant systématiquement saisie à partir de levés à grande échelle, de report sur des plans cadastraux ou à travers la constitution des grandes bases de données géographiques nationales. Cette information est encore lacunaire dans certains domaines, comme l'environnement, mais devient régulièrement plus précise et plus complète.

Services de base et réseaux

L'information sur les services publics de base fournis à l'ensemble des individus ou organisations est particulièrement riche, qu'il s'agisse des « utilités¹ » (eau, assainissement, énergie, éclairage public, déchets, communications, ...), des infrastructures de transport ou des services de sécurité sous toutes leurs formes. Ces réseaux forment actuellement l'ossature spatiale du système opérant d'un territoire. Les applications de sécurité des personnes et des

¹ Le mot « utilités », traduction littérale du terme *utilities* anglais est pratique pour englober tous les services accessibles par réseaux.

biens (police, incendie, santé) relèvent d'une logique de réseau différente mais l'information géographique y joue aussi un rôle important.

La gestion d'un système technique quel qu'il soit (AEP, assainissement, déchets, énergie, ...) nécessite de disposer d'information pouvant répondre aux trois niveaux de décision listés plus haut : opérationnel, tactique et stratégique. Chaque niveau nécessite une information spécifique et comme l'explique Dupuy (1992), l'informatisation en cours concerne tous les niveaux. Les décisions de long terme mettent en œuvre des techniques de modélisation de la demande. Le suivi à moyen terme s'appuie sur des outils de simulation, fondés sur des capteurs stratégiques qui permettent de calibrer le fonctionnement ou d'anticiper une augmentation de production nécessaire. Enfin, l'exploitation régulière s'appuie de plus en plus sur des capteurs intégrés qui permettent de suivre le fonctionnement du système en temps réel ou légèrement différé, de prévenir les pannes et d'optimiser les interventions nécessaires. Ces différents réseaux et systèmes techniques utilisent le plus souvent des SIG pour stocker et consulter la base des données du système en leur couplant des outils métiers adaptés aux différents schémas de gestion.

Activités

L'information sur les activités humaines proprement dite (production, santé, commerce, loisirs...) est produite comme on l'a vu par une myriade d'acteurs de taille extrêmement variable : individus isolés, micro-entreprises, grands groupes industriels. Cette information potentiellement la plus riche est aussi la moins structurée. La plupart des actions des individus et ménages ayant un impact sur l'espace sont en effet mémorisées dans de multiples bases de données sectorielles : achats, prêts, loyers, impôts, actes administratifs ou juridiques. Les bases de données des différents acteurs économiques (clients/fournisseurs par exemple) sont de plus en plus souvent interconnectées grâce aux techniques d'Echange de Données Informatisées (EDI). Les bases de données plus ou moins complètes existent pour répertorier les commerces et entreprises structurées à l'adresse postale, et donc géolocalisables facilement. Les formulaires de suivi des aides de la Politique Agricole Commune sont remplis par les agriculteurs à l'échelle de la parcelle et permettent ainsi un suivi très précis des exploitations. Ces données de base sur les activités sont gérées par des collectifs d'opérateurs, comme les chambres consulaires de commerce, d'industrie, d'agriculture, les services déconcentrés de l'État, ou les services régionaux ou départementaux qui sont en charge de la gestion d'un secteur ou d'un sous-secteur. Enfin les organismes à vocation statistique comme l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) jouent un rôle important de collecte des données.

La loi Informatique et Liberté interdit en France l'interconnexion des bases de données et l'exploitation automatique de données individuelles. La plupart du temps, les données sur les activités humaines du système opérant ne sont donc théoriquement pas disponibles au niveau de l'individu, du ménage ou de l'entreprise. De nombreuses initiatives existent pour constituer des observatoires du territoire, avec un objectif de pilotage souvent économique et social des systèmes territoriaux (Thomas 1990). Des données de sources variées sont agrégées en fonction de mailles géographiques d'échelle variable (unités de recensement, quartiers, communes) pour être croisées et permettre une analyse trans-sectorielle.

Le rôle des SIG

Comme l'illustre encore modestement le cas stéphanois, les SIG jouent un rôle dans les trois domaines, au niveau opérationnel ou stratégique. Ils sont d'abord mobilisés pour la gestion ou le

contrôle opérationnel de processus ou de phénomènes se déroulant dans l'espace : gestion d'un système de transport, d'un réseau routier, d'un réseau téléphonique, des mutations foncières, des permis de construire, surveillance d'un réseau hydrographique ou d'une zone à fort risque sismique, suivi de mesures de qualité d'eau, inventaire des sols pollués. Les outils spécialisés et professionnels laissent progressivement la place aux SIG pour l'intégration, le stockage, la consultation, la visualisation des données, même s'ils peuvent conserver des fonctions de modélisation ou de simulation spécialisées. Dans de nombreux cas, les SIG ajoutent une dimension spatiale à la gestion d'un système opérant. Une des conséquences de cette spatialisation de la gestion est qu'elle facilite la prise en compte de l'environnement des systèmes.

A un niveau plus technique, la structuration des données dans un SIG facilite leur échange, pourvu qu'un certain nombre de contraintes de géoréférencement soient réglées. L'exemple des réseaux est édifiant. Les SIG deviennent des outils stratégiques qui permettent de localiser les réseaux les uns par rapport aux autres, de manière à mieux coordonner les interventions. Chaque réseau fait en effet partie de l'environnement d'un autre réseau. De plus, l'exploitation d'un réseau nécessite de disposer d'informations sur les parcelles foncières, les bâtiments, la voirie. Les bases de données SIG des réseaux, couplées aux Plans cadastraux informatisés, deviennent progressivement l'ossature générale du système opérant du territoire. Il n'y a pas de problème conceptuel pour connecter un SIG de réseau à un SIG surfacique. En effet, comme le remarque (Cambrézy 1995), un réseau technique ou physique n'est pas seulement un espace réticulaire, il forme territoire en distinguant l'espace qu'il dessert et inclut de celui qu'il exclut.

Au départ, comme le remarquait G. Albert, la plupart des objets décrits dans les SIG sont le produit d'une activité de gestion et sont donc décrits d'abord en tant que partie d'un système opérant d'un système sectoriel. Les informations obéissent la plupart du temps à des modèles de conception propres aux opérateurs. Mais les échanges de données opérationnelles sont rendus nécessaires au bon fonctionnement de tous les systèmes : accès, maintenance. L'interconnexion des différents systèmes d'information opérationnels est en cours. Même s'il pose de nombreux problèmes techniques, organisationnels et conceptuels, liés à des ontologies différentes (Parcours 1), c'est un processus enclenché.

Les SIG sont aussi mobilisés de manière systématique pour une gestion stratégique de l'espace du système territorial par des organismes ayant une vue horizontale et générale comme les cellules de planification, les agences d'urbanisme ou de développement. Ils sont au cœur des observatoires en tous genres (foncier, immobilier, logement, environnement, déplacement,...) qui se multiplient depuis quelques années à l'échelle des agglomérations et des régions. Ces systèmes d'information stratégiques sont souvent déconnectés de celui des opérateurs. Ils sont conçus à une autre échelle, utilisent d'autres sources de données et d'autres protocoles. Mais la structuration des données dans un SIG facilite le travail de généralisation des données. Lajoie (1992) a ainsi proposé une méthodologie complète d'analyse spatiale stratégique de l'agglomération de Rouen fondée sur une généralisation automatique par carroyage suivie de traitements en mode raster. Nous avons d'ailleurs proposé et testé avec A. Gillard un système de ce type pour permettre à l'Agence d'Urbanisme de Lyon d'avoir une vision stratégique de son territoire, à partir des données très précises de la communauté urbaine (Gillard 2000). Cette démarche rejoint celle des gestionnaires opérationnels, qui sont eux à la recherche d'information pour le pilotage et la planification de leurs différents systèmes.

Toutefois il existe des faits en contradiction avec cette généralisation progressive de l'information. Certains acteurs refusent de diffuser leurs données pour des raisons de confidentialité parfois abusives ou de protection par rapport à la concurrence. Il est ainsi difficile d'avoir accès aux données sur les barrages d'EDF ou d'avoir des informations sur les flux téléphoniques entre villes, depuis l'ouverture à la concurrence du marché des télécommunications. D'autres évolutions négatives peuvent être constatées quant à la spatialisation des données. L'adoption par l'INSEE d'une méthode de sondage plus ou moins en continu à la place d'un inventaire régulier risque de changer de manière significative l'information disponible. La "photo" sera plus à jour mais sera plus floue (Pumain 1999 ?).

D'une certaine façon, ce que nous écrivions en 1991 sur les difficultés à coupler observatoires et bases de données urbaines reste vrai (Joliveau 1995). Le fantastique progrès en outils et données observé depuis lors a d'ailleurs plus profité au développement des systèmes d'information opérationnels qu'au pilotage d'un système territorial. Toutefois, on peut penser que la généralisation des techniques géomatiques dans la gestion des données favorise les convergences. Les hiatus qui existent actuellement entre les systèmes ont donc vocation à se combler progressivement, même si c'est lentement. On peut faire l'hypothèse que dans le contexte des pays industrialisés, les techniques géomatiques contribuent à la fois à l'informatisation du système opérant du territoire, à l'interconnexion des différents opérateurs, et à la production ou à la mobilisation de données agrégées pour un pilotage du territoire. Le niveau de développement géomatique peut être relié au niveau d'organisation et de complexité du système territorial et donc à sa capacité à décider de sa décision. La formalisation du SI d'un système territorial, son accessibilité avec des outils de visualisation puis d'analyse à d'autres usagers que les experts habituels ont nécessairement des conséquences sur la représentation de l'espace géographique commun des différents acteurs et sur la structuration du système de décision lui-même.

3.3. Les enjeux des Systèmes d'Information territoriaux

Il existe de nombreux enjeux liés aux systèmes territoriaux (Golay et Riedo 2001) ont rappelé les multiples obstacles techniques, organisationnels, institutionnels, juridiques et économiques auxquels se heurtent ces approches coopératives de construction d'infrastructures partagées de données géographiques. Nous ne revenons en conclusion que sur deux points qui correspondent à la vue système d'information que nous privilégions dans ce parcours : l'impact du portage sur le Web des Systèmes d'information du territoire qui peut contribuer à l'émergence de *cyberterritoires* et la prise en compte de la dimension conflictuelle liée aux systèmes d'information territoriaux.

Les cyberterritoires

Une conséquence directement perceptible de ces projets transversaux est la mise à disposition du grand public d'une information de base sur l'espace géographique. En effet, à côté du travail souterrain de coordination et de standardisation de formats entre partenaires, ces projets transversaux se traduisent toujours par la création de sites Web permettant la consultation en ligne d'un jeu de données géographiques. Il en va ainsi pour le système Sigale¹ dans la région

¹ <http://www.sigale.nordpasdecals.fr/SIGALE.HTML>

Nord-Pas-de-Calais, pour le système SIRG¹ dans la région Île-de-France et pour la plupart des cantons suisses si l'on en croit le site Web réalisé par laboratoire LaSIG sur les sites de Webmapping suisse². Même s'il ne s'agit pour l'instant, dans la plupart des cas, que de permettre à chacun de consulter en ligne les données, et encore rarement de les télécharger pour réaliser ses propres analyses, l'analyse de la situation américaine montre qu'il ne s'agit vraisemblablement que d'un premier pas dans cette direction.

L'information disponible sur les sites Web des collectivités locales ou des administrations reste la plupart du temps une information pratique, officielle, organisée en fonction de la logique des services administratifs (Vedel 2001). Il existe encore peu de publication d'informations de fonds qui soit de nature politique, stratégique et transversale. Une des premières conséquences observables est cependant la difficulté de maintenir une information complètement descendante. Un service qui publie de l'information est conduit insensiblement à devoir recueillir des réactions à propos du caractère erroné, lacunaire, biaisé, orienté ... de ses données. Ce retour peut conduire à corriger les données, mais aussi à infléchir les modes de travail qui en sont à l'origine. Pour rester dans le contexte stéphanois, la Direction Départementale de la Loire (DDE) a mis en place un site Web *Hyronnelle*, qui fournit des informations sur les voiries urbaines de Saint-Etienne. D'une manière très atypique pour un site administratif officiel, ce site propose aussi un forum ouvert, y compris sur des sujets polémiques comme le contournement routier de l'agglomération (DDE Loire 2004). Selon son concepteur O. Frérot, Directeur de la DDE, l'objectif est d'assurer le support du débat local mais aussi de changer les modes d'organisation et de fonctionnement interne des services. En effet, c'est l'ensemble d'un service qui se trouve confronté à la réaction des usagers aux informations portées sur le Web et le technicien se trouve sorti de son bureau pour se trouver en contact direct avec l'utilisateur. La gestion d'un système de ce type met donc directement le service et les techniciens sous le regard de l'usager. On peut se demander si la publication d'information sur le Net ne se heurte pas en premier lieu aux modes d'organisation des services. Les structures pyramidales et hiérarchiques, la non responsabilisation du personnel, l'existence de baronnies, le manque de coordination et de transversalité seraient autant de freins à son développement. Si cette hypothèse est juste, la publication d'information sur le Net peut conduire à changer insensiblement les processus de production de l'information.

Une des conséquences directes de ce phénomène est la transformation du rôle de la presse dans la gestion de l'information locale. C'est elle qui assurait la médiation traditionnelle entre le producteur d'information et le citoyen ou l'utilisateur. Si l'information brute est directement mise à disposition de ce dernier, la Presse locale doit sortir de son rôle d'intermédiaire pour en trouver un nouveau. Il n'est pas sûr que ce repositionnement ait lieu autour de tâches de mise en perspective de l'information, d'organisation des débats locaux, de structuration d'une réflexion collective, toutes tâches quelle prend assez peu en charge aujourd'hui et qui sont indispensables au fonctionnement démocratique. L'alternative, plus probable selon certains experts, est la multiplication de services différenciés à des publics de plus en plus sélectionnés et à la suppression des barrières entre rédaction, publicité et diffusion (Gross 2001).

¹ <http://www.iaurif.org/fr/sig/presentation/index.htm>

² <http://lasig.epfl.ch/projets/cantons/wmap/index.php>

Par ailleurs, la majeure partie des données du territoire ont une dimension spatiale et sont gérées dans des bases de données. Pour rendre les sites Web vivants et attractifs, le modèle de la publication par carte interactive s'impose très rapidement (par exemple le site Hyrondelle envisage ainsi une cartographie des chantiers en cours et des restrictions de circulations prévues, qui existe déjà dans de nombreuses villes étrangères). Entre les vitrines Web des SIG transversaux et les multiples outils de visualisation cartographique de données sectorielles, se constitue progressivement sur Internet une sorte de *double* numérique du territoire, un *cyberterritoire* en quelque sorte, dans lequel on navigue avec les outils classiques de la géomatique : déplacement, zoom, symboles graphiques, requêtes par attributs ou même, pour les sites les plus évolués, requêtes spatiales. Les outils de visualisation 3D dont nous parlons dans le Parcours 2 vont même conduire à des promenades sur le territoire dans des environnements ou des paysages numériques (Voir Parcours 4). Parcourir un cyberterritoire est encore loin d'être aisé. On s'y perd facilement. Les données sont situées sur de multiples sites, certains gratuits, d'autres payants ou à accès limité. Les outils et les interfaces utilisateurs diffèrent. La visualisation simultanée de données d'organismes différents est impossible ou nécessite des compétences techniques. Mais cette complexité du territoire numérique est à l'image de la complexité du système territorial : ses limites spatiales sont floues, ses niveaux d'appréhension fluctuants et ses acteurs en nombre indéterminé. C'est pourquoi les formes de structuration qui peuvent être employées sont extrêmement variées, comme l'a montré une analyse des sites Web de territoires ruraux faite en Région Rhône-Alpes (Moriset 2000). On peut d'ailleurs s'attendre à ce que, selon la logique d'Internet, des sites intermédiaire de type portail, publics ou privés, se généralisent pour aiguiller l'internaute vers les « promenades » disponibles et proposer des mises en relation de données. Des « anneaux » reliant tous les sites d'un même espace existent déjà.

Ces territoires informationnels, reflets numériques des territoires « réels », sont encore en émergence. L'Internet en est le vecteur principal car il rassemble sous un média unique tous les types d'information du territoire. On peut techniquement informer les citoyens, recueillir leurs avis, voire les consulter formellement sous forme de vote électronique. Les problèmes sociaux et politiques que pose la démocratie sur Internet sont beaucoup discutés. Cependant on se focalise peut-être trop sur ces caractéristiques chaudes du média Internet que sont l'instantanéité et l'interactivité, en oubliant une fonction moins spectaculaire qui est celle de la mémorisation. Internet est apparu d'abord comme un outil de production d'information directe à péremption rapide. L'information était produite instantanément et quasi instantanément effacée. Or des initiatives sont nées rapidement pour construire des systèmes d'archivage automatique et systématique du contenu du Web, qui permettent et permettront de consulter des sites disparus. Les moteurs de recherche pointent d'ailleurs sur des pages que leurs auteurs eux-mêmes ont détruites. Les archives des forums conservent aussi des opinions émises il y a plusieurs années. Internet a aussi contribué à faciliter l'accès systématique à des documents difficilement consultables, comme les collections de journaux anciens. La sauvegarde d'information est aussi réalisée individuellement par les Internauts, qui peuvent remettre en circulation des pages Web téléchargées sur un site qui les aurait supprimées entre temps. Enfin la publication de plus en plus systématique sur le Web de documents d'archives et de mémoires universitaires fait émerger publiquement des pans entiers d'information antérieurement cachée ou peu disponible. Les débats récents en France à propos de l'application ou non à Internet de la règle de prescription des infractions prévues pour la presse classique, illustrent bien la nécessité de

prendre en compte la permanence de l'information sur Internet, et le caractère plus ou moins durable de cet espace informationnel qu'est le cyberterritoire.

Le rôle que peut jouer ce cyberterritoire par rapport au territoire matériel n'est pas déterminé. Une conception optimiste est que ce cyberterritoire constitue la première forme, encore balbutiante, des futurs systèmes d'information du territoire adaptés aux besoins des systèmes de décision intelligents que décrivent les modèles 7, 8 et 9 de Le Moigne. Le cyberterritoire ouvrirait la possibilité de naviguer en parallèle dans une réalité matérielle et dans un espace d'information qui créerait une continuité entre l'espace géographique et le système d'acteurs du territoire. Il permettrait de confronter les multiples logiques qui sous-tendent les logiques de ces acteurs en représentant les flux de population, de capital, d'énergie et – évidemment – d'information qui traversent le système territorial et produisent le territoire.

Certains auteurs voient au contraire ces espaces informationnels comme des outils de promotion de territoires factices (Vodoz 2001), générateurs d'irréalité et de doute, de confusion entre le virtuel et le réel, le représentant et le représenté. Il est vraisemblable qu'un voyage dans un cyberterritoire produira des représentations de l'espace différentes de celles liées à un cheminement physique en contact avec une réalité matérielle. Mais, là encore, il vaudrait certainement mieux observer attentivement ce qui se passe et ne pas généraliser trop vite. Pour discuter de ces problèmes, nous devons d'abord prendre le temps d'explorer ce qui lie les acteurs contemporains aux territoires et comment se discute et s'institue collectivement la réflexion territoriale. Les cyberterritoires vont en effet interférer avec les démarches de planification des territoires "réels". Ceci fait l'objet du Parcours 4.

La prise en compte de la dimension conflictuelle

Un cyberterritoire n'a pas vocation à faire disparaître les conflits que suscitent la gestion ou la planification du territoire, mais à y organiser l'information qui sert au débat. Il n'est donc pas en soi une solution à la disparité des ressources en capital ou en pouvoir qui existent entre les acteurs d'un territoire. Celles-ci restent inchangées. Mais ces conflits se déplacent et les enjeux liés à l'information et à la connaissance locales ou générales deviennent centraux dans l'expression des conflits et l'organisation du débat politique.

Le système de décision d'un système territorial est éparpillé entre de multiples acteurs dont certains peuvent être localisés très loin en dehors du territoire. C'est le cas des sièges sociaux dont dépendent des firmes locales, des groupes politiques ou des associations reliés à des réseaux nationaux ou internationaux, des représentations de l'Etat, etc.. Les acteurs sont très variés : groupes socio-économiques, collectivités locales, syndicats, associations... Ecket évoque le niveau de conscience plus ou moins élevé qu'un système territorial peut avoir de son existence, et le niveau de perception plus ou moins aigu que les acteurs de ce système peuvent avoir des enjeux territoriaux de leur action. Une des manifestations de cette conscience ou de cette identité territoriale est bien sûr l'existence d'une institution dont la mission est de gérer, avec plus ou moins de pouvoir, l'espace du système territorial : organisation politique élue au suffrage universel comme le canton suisse, ou indirecte comme les Communautés de communes ou d'agglomération française, organisme de planification commun comme une agence d'urbanisme ou une structure de développement. Il faut cependant se garder d'identifier le système territorial et les organisations concrètes (collectivité, institution, entreprise ...) qui peuvent avoir en charge la gestion d'un espace plus ou moins coïncidant avec celui du système territorial. Les institutions "Canton de Genève" et "Communauté d'agglomération Saint-Etienne

Métropole” sont toutes deux des systèmes à un niveau de complexité maximal. Mais les systèmes territoriaux de la région de Genève ou de Saint-Etienne débordent de toutes parts ces institutions. Même si un organisme domine un territoire, la question de la coopération entre plusieurs organisations se pose donc. Les organisations collectent et organisent l’information en fonction de leurs besoins propres et avec des objectifs et des conceptions différentes. Les conflits sont donc inévitables dans la construction de systèmes d’information territoriaux, qu’il s’agisse de conflits ouverts ou de stratégie d’évitement. A la lumière de la distinction espace \Leftrightarrow système territorial, on abordera successivement la question du caractère fondamental ou secondaire du conflit et des types de conflits liés à la construction des Systèmes d’Information Territoriaux.

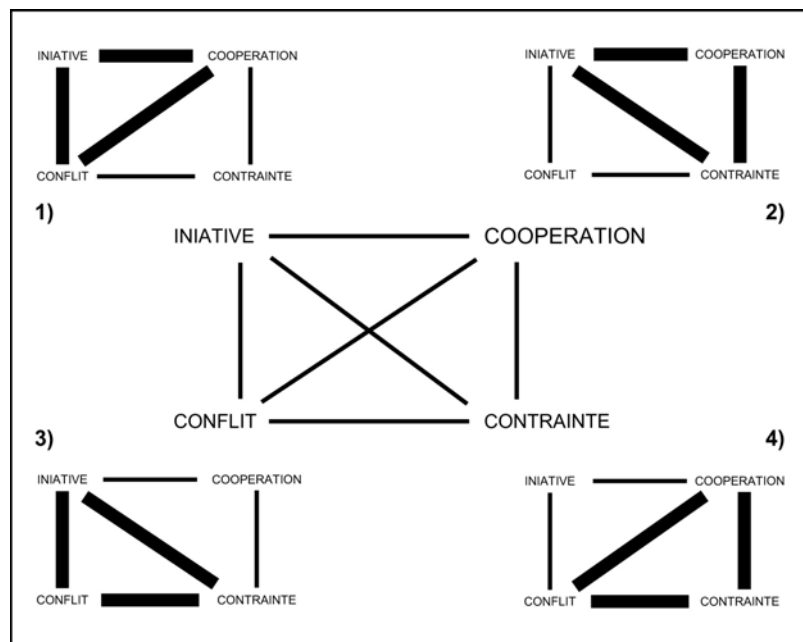
Nous sommes d’accord avec H. Pornon (Pornon 1997) quand il critique l’approche territoriale des SIG de l’équipe Germinal qui suppose, selon lui, qu’il existe une rationalité globale du territoire, alors que celle-ci ne peut être qu’un construit résultant de l’interaction de multiples acteurs, chacun ayant sa propre rationalité. Pour lui, toute représentation unique, partagée et cohérente d’un territoire étant impossible, les démarches de construction de systèmes d’information territoriaux visant à construire un mode de développement harmonieux du territoire sont vaines. Ce développement ne peut se faire que dans le conflit et la confrontation de stratégies et d’intérêts sociaux. La rareté des ressources du territoire et la différenciation dans l’utilisation du territoire conduisent à des perceptions divergentes et nécessitent de coordonner les acteurs sur le territoire. Pour lui, un territoire est soumis à la même dialectique de différenciation/intégration que n’importe quelle organisation et les SIT sont confrontés à la gestion des contradictions entre des approches de territoire de type intégré (études globales et aménagement du territoire) et des approches du territoire orientées métier (routes, forêt, environnement, tourisme...). Dans ce cadre, la fonction du Système d’Information Territorial ne serait plus alors d’assurer le développement harmonieux du territoire mais (*op. cit.* p.32) :

- de faire circuler l’information entre les perceptions des territoires liées aux différents métiers ;
- d’articuler et intégrer ces perceptions ;
- d’ouvrir un espace de négociation pour aider à résoudre les conflits.

Qu’un système territorial soit traversé de conflits n’est pas douteux. Il semble cependant exagéré de le réduire à une arène agonistique. Du point de vue de l’information à échanger ou partager, les acteurs d’un système territorial sont bien entendu en conflit, mais aussi en coopération, en concurrence et en synergie. Ce n’est pas seulement dû au rôle intégrateur que jouerait l’espace dans la mise en œuvre des systèmes d’information comme le remarque H. Pornon après de Sède et Thériault, *op. cit.*. La cohérence se trouve dans le système territorial lui-même qui produit et organise cet espace. C’est parce que le système territorial, « arrangement des relations entre les lieux et les acteurs de l’espace considéré », fait système, constitue une totalité dans le troisième plan de Schwarz, qu’il ne peut être réduit à un pur champ de conflits. La mise en commun d’information ne peut se faire que par compromis et négociation entre organisations, institutions et groupes sociaux.

Il nous semble que la question du conflit dans la création d’un SIT doit être pensée dans un cadre plus général, pour lequel le « carré parfait » de l’échange social proposé par (de Foucauld et Piveteau 2000) peut fournir un outil utile de compréhension. Il illustre le fait que toute organisation cherche un équilibre entre quatre pôles s’opposant deux à deux : initiative et contrainte, coopération et conflit (Figure 3-8). On peut caractériser une situation observable en

fonction d'un couple dominant. Si c'est le couple initiative-conflit qui domine, on est dans une situation où les acteurs sont actifs et autonomes, mais où le manque de régulation, soit par volontarisme (coopération), soit par l'intervention d'une autorité ou d'une règle supérieure (contrainte), conduit à une multiplication des conflits entre acteurs. Si c'est le couple coopération-contrainte qui est dominant, la cohérence prime dans le système mais nous sommes dans une situation de type bureaucratique avec peu de conflits, mais aussi peu d'initiatives nouvelles de la part des acteurs. Selon De Foucauld et Piveteau, les situations concrètes correspondent le plus souvent à un tripode évacuant une des dimensions du carré. Le tripode 1 initiative-conflit-coopération passe sous silence la nature de la contrainte qui pourrait conduire les acteurs à coopérer. Le tripode 2 initiative-coopération-contrainte, suppose une forte action de coordination des acteurs gardant chacun leur logique propre, mais elle évacue la question du conflit entre eux. Le tripode 3 illustre une situation dans laquelle les conflits entre acteurs sont régulés par une contrainte externe. Le tripode 4 est l'exemple d'une situation bloquée, dans laquelle les acteurs coopèrent de manière forcée mais sans prendre aucune initiative pouvant changer le jeu.



**Figure 3-8. Le « carré parfait » des échanges sociaux et ses différentes configurations.
Foucauld J.-B. et Piveteau D. (2000)**

Ce schéma nous permet de proposer un dépassement des approches de H. Ponnou ou du projet Germinal. L'approche de Germinal relève du tripode 2, initiative-coopération-contrainte. Les acteurs ont leurs propres objectifs, mais doivent coopérer pour s'intégrer dans une vision d'ensemble. Cette vue évacue la question des conflits entre les acteurs et de la manière dont ils sont régulés. La vision de H. Ponnou s'inscrit, elle, parfaitement dans le tripode 1, initiative-conflit-coopération. Les acteurs poursuivent des buts spécifiques, entrent en conflit, mais on ne sait rien de la contrainte qui peut les conduire à coopérer. Les deux derniers tripodes apparaissent comme d'autres solutions possibles au même problème. Dans le tripode 3 par exemple, les conflits entre des acteurs actifs sont régulés par une contrainte externe qui pourrait

être une procédure juridique ou l'arbitrage d'un acteur extérieur ou dominant, tel qu'une administration locale forte.

Ce schéma nous conduit aussi à réinterpréter la dialogique différenciation/intégration du territoire dont parle Pornon. Il ne s'agit pas d'un processus organisationnel un peu mystérieux mais de la réduction du « carré parfait » à sa dimension verticale. La dimension autonomie/différenciation correspond au couple initiative/conflit et la dimension intégration/coordination au couple coopération/contrainte. Mais elle ignore les couples horizontaux initiative/coopération et conflit/contrainte et diagonaux initiative/contrainte conflits/coopération qui sont aussi importants pour la cohérence et l'efficacité du système. La question est donc moins de constater l'expression conjointe de deux logiques contradictoires que de parvenir à articuler de manière la plus équilibrée possible les quatre dimensions nécessaires de l'échange.

J.-B. Foucauld et D. Piveteau utilisent leur schéma dans un but essentiellement prescriptif. Si les systèmes d'action concrets fonctionnent souvent médiocrement c'est d'après eux parce qu'ils sont appuyés sur trois pieds et non quatre. Ils plaident pour la construction de systèmes organisationnels capables d'intégrer les contraires. Ce raisonnement s'applique aussi à la construction des SIT. Pour réussir, ceux-ci doivent combiner à la fois les quatre dimensions : initiative, conflit, coopération et contrainte. Au-delà de cette utilisation prescriptive, visant à améliorer le fonctionnement d'un système, cette grille pourrait être utilisée comme cadre général d'analyse et de comparaison de SIT observables. On peut faire l'hypothèse que les SIT pourraient correspondre à des combinaisons différentes du carré. Le SIT stéphanois se caractériserait ainsi par une atrophie du couple conflit/contrainte, qui explique le caractère peu organisé du système. Les SIT des cantons suisses s'appuient sur une assise plus complète sur trois ou quatre pôles, mais le poids respectif de la contrainte et du conflit, selon les cas, serait à étudier.

4. Orientations

4.1. Faire le point

Ce parcours, parti de la recherche d'une typologie des SIG concrets observables sur un espace, nous a mené à une analyse des relations que les différents systèmes entretiennent entre eux puis à une réflexion sur l'émergence d'un type de système d'information particulier, les Systèmes d'Information du Territoire. Une revue de la littérature nous a conduit à proposer une construction théorique apte à rendre compte de ces nouveaux systèmes, basée sur la conceptualisation d'un système territorial. Les propositions que nous avons faites, tant pour ce qui concerne la typologie que la réflexion conceptuelle, doivent être comprises comme une tentative pour comprendre et évaluer les enjeux liés à la diffusion des SIG et des outils géomatiques pour l'organisation et la planification d'un territoire. Nous avons voulu proposer des clés et des outils permettant de classer et distinguer différentes situations concrètes. Leur validité ou la nécessité de les corriger ou les améliorer ne peut apparaître qu'en confrontant ces cadres conceptuels à des situations concrètes. Avant de proposer des directions de recherches qui permettraient de tester ces outils, nous voulons revenir sur différentes conséquences de cette réflexion théorique.

Envisager le problème sous forme de l'information de l'espace d'un système territorial a d'abord comme conséquence pratique de remettre à leur juste place ce que les géomaticiens

appellent les Systèmes d'Information Territoriaux, c'est-à-dire essentiellement des systèmes d'information géographiques conçus en coopération. Comme on l'a vu, la part d'information stockée sous forme de bases de données géographiques reste encore *a priori* faible, même si elle croît rapidement. Les décisions des acteurs s'appuient plus souvent sur des rapports, des articles de journaux, des mémoires de recherche que sur des bases de données géoréférencées. Il vaut donc mieux réfléchir à la place des outils géomatiques et des SIG dans le cadre global de l'information d'un système territorial, que de vouloir reconstruire cette dernière à partir de ces systèmes. Les SIG sont maintenant au cœur de la gestion des systèmes techniques (réseaux de voirie, d'eau, d'électricité, de communication, cadastre, droit du sol, de gestion du risque, de gestion agricole, industrielle). Ce que nous avons appelé le système opérant du territoire s'informatise très rapidement. Le système de pilotage (planification, démographie, occupation du sol, déplacement, paysage) se développe aussi. De nombreuses questions se posent : comment, à travers ces outils de description, d'analyse et de représentation du territoire se réorganise le jeu d'acteurs ? Qui gère cette information ? Comment circule-t-elle ? Comment se construit la coopération ? Un SIT nécessite l'intégration ou la mise en cohérence de différents systèmes : systèmes opérationnels et techniques, systèmes stratégiques et territoriaux, observatoires sectoriels et spatialisés. Le caractère numérique de toutes ces informations va conduire à les intégrer et les outils permettant de structurer spatialement l'information vont jouer dans le futur un rôle de plus en plus important même si ce processus se heurte à de multiples difficultés techniques, les différences de cultures entre métiers et des concurrences ou les rivalités entre organisations.

Pour analyser ces situations, le cadre méthodologique de la géomatique nous semble trop étiqué. Les partenaires de la création d'un SIT sont placés dans un système de relations permanent à travers de multiples transactions : données, documents, financements, idées... Les conflits ou coopérations qui les engagent ne portent pas seulement sur l'échange et le partage de l'information, mais sur les objectifs et les actions des acteurs. L'information peut constituer, selon les cas, un enjeu, un moyen ou un reflet d'un autre objet. Les conflits territoriaux mettent en œuvre des acteurs beaucoup plus informels que ceux dont il est question dans les approches territoriales des SIT. Les groupes sociaux ou de voisinage, les acteurs économiques (syndicats et entreprises) ne disposent pas de SIG propres mais participent au système territorial. Il n'est pas possible de réduire les conflits liés aux SIT aux divergences de vue entre les grands services ou organisations développant pour leurs propres besoins un système d'information spécifique. L'information du territoire produite ou reçue par les acteurs dépasse largement celle qui se trouve stockée dans les systèmes d'information formalisés et l'accès des acteurs à cette information est une question fondamentale. Par ailleurs un autre type de contradiction, intrinsèquement spatiale, est aussi à prendre en compte : celle qui oppose les logiques des différents niveaux territoriaux (quartier/commune, commune/agglomération, etc.), qui se traduit par les conflits estampillés Nimby (Not In My Backyard). Les contradictions territoriales sont plus diverses que la simple opposition entre une optique intégratrice d'aménagement du territoire et une optique verticale de filière sectorielle. La question de l'information spatialisée sur le territoire doit donc être envisagée dans un cadre plus large que ne l'envisagent généralement les approches géomatiques.

On a vu que les SIG intervenaient à plusieurs niveaux : la description physique et matérielle de l'espace, la mise en cohérence spatiale des différents systèmes opérants, la gestion stratégique de l'espace du système territorial et l'information spatiale des différents opérateurs. Ils sont

donc une pièce essentielle de la formalisation du système d'information territorial qui permet non seulement d'articuler approches sectorielles et approches globales, mais aussi système opérant et système de décision et, comme on l'envisagera dans le parcours 4, démarche expert et démarche acteur. Si l'on admet qu'il est possible d'essayer de comprendre le système d'information d'un système territorial, et en particulier sa dimension informatisée, le rôle des géographes dans ce travail est primordial. En effet, les outils des sciences de l'information ou de la sociologie sont insuffisants pour rendre compte de manière satisfaisante de la dimension spatiale du système territorial. Celle-ci nécessite bien sûr une connaissance des concepts et méthodes des sciences de l'information, des capacités à comprendre les jeux d'acteur. Mais une compétence de géographe est nécessaire pour percevoir et articuler les différentes conceptions de l'espace correspondant aux systèmes d'information formels. Elle s'impose pour contribuer à la conceptualisation de l'espace géographique du système territorial, dans toutes ses dimensions naturelles, sociales ou économiques. Dans la logique du système O-I-D, le rôle du système d'information est aussi de permettre au système de décision de se coordonner pour pouvoir imaginer d'autres décisions. Pour cela, il doit intégrer et modifier les actions et les préférences et les actions des milliers d'opérateurs individuels, plus ou moins atomisés qui concourent à la transformation du territoire. La question de l'information territoriale débouche sur des questions liées à la gouvernance et au développement durable que nous abordons dans le parcours 4.

4.2. Directions

Prolonger ce parcours suppose d'une part de confronter les outils conceptuels proposés à des situations concrètes pour évaluer leur potentiel explicatif. L'actualisation de l'enquête de 1999 sur les SIG de l'agglomération stéphanoise est en cours. Elle devrait permettre de percevoir les grandes évolutions des différents systèmes et d'observer leur trajectoire à l'intérieur du cadre taxonomique proposé. Pour aller au-delà, il est nécessaire de procéder, au moyen d'entretiens avec les principaux acteurs, à une reconstruction précise de la diffusion des outils SIG dans une agglomération, de manière à comprendre les différentes logiques économiques, sociales, culturelles, techniques qui peuvent expliquer les choix techniques, les refus et avancées, les collaborations et les conflits. Il s'agirait de comprendre aussi comment les outils géomatiques se sont intégrés dans les outils de gestion et de planification urbaine. Cette recherche pourrait s'appuyer sur une démarche comparative entre l'agglomération de Saint-Etienne et celle de Lyon, qui sont dans des situations institutionnelles très différentes pour ce qui est du poids des communautés d'agglomération.

Une deuxième piste porte sur l'analyse de projets SIG fédératifs, c'est à dire de démarches partenariales visant à interconnecter des systèmes d'information et à ouvrir des collaborations transversales entre SIG de manière à comprendre les logiques de coopération. L'objectif serait alors de comprendre quelle part les outils informatiques en général et les outils géomatiques en particulier jouent dans ces démarches collaboratives. La principale difficulté est de trouver des systèmes observables en France. Le fait que de nouveaux projets émergent (Communauté d'agglomération grenobloise, Région Nord-Pas-de-Calais ...) laisse à penser que les exemples à étudier peuvent se multiplier.

Enfin, loin des débats très théoriques entre les tenants de cyberdémocratie (Lévy 2002) et les (nombreux) pourfendeurs de la prétendue révolution Internet (L. Sfez, D. Wolton, T. Breton, A. Mattelart, P. Virilio ...) qui se fondent plus sur des discours très généraux que sur des analyses détaillées des pratiques, une piste intéressante est l'étude de la nature, des objectifs et des

modalités de construction des cyberterritoires et de la place qu'y jouent les représentations spatiales et la géomatique. Cela peut passer par une étude systématique de la présence sur le Web d'un territoire réel comme celle de Bertacchini et Boutin à propos de Sophia Antipolis (2002) et par des analyses monographiques de territoires qui étudieraient les conséquences de la publication d'information territoriale sur le Web à la fois sur les producteurs d'information (techniciens ou élus) et sur les utilisateurs (citoyens ou groupes). La mise à disposition de données a vraisemblablement des conséquences souterraines plus neutres et plus discrètes, mais à terme tout aussi fondamentales, que l'enjeu immédiat de démocratie habituellement mis en avant. Il est sûr que des questions politiques se posent quant à l'usage de ces données dans les débats ou controverses locales. Mais il est peut-être plus pertinent d'observer la manière dont elles vont émerger, avant de trancher définitivement sur le caractère néfaste ou positif des nouvelles technologies.

5. Bibliographie

- ATINO** (2002). *Agence de Traitement de l'Information Numérique de l'Ouatouais*. 2004. <http://www.latino.qc.ca/>
- Atmo Rhône-Alpes** (2004). *Lyon en direct : la qualité de l'air dans les rues de Lyon*. 2004. http://www.atmo-rhonealpes.org/site/lyon_direct/lyon_direct.php
- Auriac F.** (1983). *Système économique et espace*. Paris, Economica. 216 p.
- Bartoli J.-A. et Le Moigne J.-L.**, Eds. (1996). *Organisation intelligente et système d'information stratégique*. Paris, Economica, 281 p.
- Basquiat J.-P.** (1999). *Utiliser les SIG. Le dossier des Systèmes d'information géographiques*, admiroutes (<http://www.admiroutes.asso.fr>). 2004. <http://www.admiroutes.asso.fr/action/theme/nti/sig/utisig.htm>
- Baudelle G. et Pinchemel P.** (1986). De l'analyse systémique de l'espace au système spatial en géographie in *Espaces, jeux et enjeux*. F. Auriac et R. Brunet. Paris, Fayard: 95-94.
- Bédard Y.** (1987). *Sur les différents types de systèmes d'information à référence spatiale*, in Actes du congrès conjoint de Carto-Québec et de l'Association canadienne de cartographie, Québec. 73-87.
- Bertacchini Y. et Boutin E.** (2002). *Une lecture possible du territoire sophilopolitain. l'observation des représentations virtuelles d'une technopole*, Archive Ouverte en Sciences de l'Information et de la Communication. 2004. http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/04/79/sic_00000479_01/sic_00000479.pdf
- Bordin P.** (2002). *SIG. Concepts, outils et données*. Paris, Hermes. 259 p.
- Boulding K.** (1956). General Systems Theory - The Skeleton of Science. *Management Science* 2(3): 197-208.
- Boullier D.** (1994). L'accès aux soins in *Communiquer demain. Nouvelles technologies de l'information et de la communication*,. M. P., Datar-Éditions de l'Aube.: 155-174.
- Brun P.** (2001). Vers une démocratisation de l'accès aux données territoriales : le cas du système genevois d'information du territoire in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 229-235.
- Brunet R.** (1990). Le déchiffrement du monde in *Géographie Universelle. Mondes nouveaux*. R. Brunet et O. Dollfus. Paris, Hachette.
- Brunet R., Ferras R. et Théry H.** (1992). *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*. Paris, GIP RECLUS et La Documentation française., 2ème édition.
- Cambrézy L.** (1995). De l'information géographique à la représentation cartographique. Une liaison subordonnée à une certaine vision de l'espace in *La cartographie en débat. Représenter ou convaincre*. L. Cambrézy et R. de Maximy. Paris, Karthala. Éditions de l'ORSTOM: pp. 129-148.
- Campbell H. et Masser I.** (1995). *GIS and organizations. How effective are GIS in practice ?* London, Taylor & Francis. 178 p.

- Chevallier J.-J.** (1994). *De l'information à l'action: vers des Systèmes d'Aide à la Décision à Référence Spatiale (SADRS)*, in EGIS/MARI 94, Paris, EGIS Foundation. 9-21.
- Cheyland J.-P.** (1991). *Eléments pour la conception des systèmes d'information géographique en recherche*, in Gestion de l'espace rural et système d'information géographique, Florac, 22-24 octobre 1991, INRA. 79-85.
- Claudin J., Bernard-Brunet J. et Cherpeau A.** (1995). L'expérience des Parcs nationaux français en matière de cartographie des milieux naturels in *La cartographie pour la gestion des espaces naturels, Actes des rencontres internationales de Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995*. J. Claudin, J. Bernard-Brunet et T. Joliveau, Cemagref éditions: 29-40.
- CNIG** (2000). *Les animations régionales en information géographique. Fiche technique du CNIG n° 35*. Paris Fiche technique CNIG.
- Crain I. K. et Mc Donald C.** (1984). From land inventory to land management. *Cartographica* (21): 40-46.
- Dagognet F.** (1979). *Mémoire pour l'avenir. Vers une méthodologie de l'informatique*. Paris, Vrin. 199 p.
- Dauphiné A.** (1979). *Espace, région, système*. Paris, Economica. 167 p.
- Dauphiné A.** (1995). Espace terrestre et espace géographique in *Les concepts de la géographie humaine*. A. Bailly et al. Paris, Masson: 43-53.
- DDE Loire** (2004). *Informations concernant la circulation et les travaux sur les voiries urbaines de Saint-Etienne*, Direction Départementale de la Loire. 2004. <http://www.hyronnelle.net>
- de Foucauld J.-B. et Piveteau D.** (2000). *Une société en quête de sens*. Paris, Odile Jacob. 302 p.
- De Sède M.-H. et Moine A.** (2001). Systémique et bases de données territoriales. *Revue Internationale de Géomatique* Vol. 11 - n°3-4: 333-358.
- de Sède M.-H. et Thériault M.** (1996). La représentation systémique du territoire : un concept structurant pour les SIRS institutionnels. *Revue internationale de géomatique* Volume 6 (n°1/1996): 27-50.
- Desrosières A.** (1993). *La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*. Paris, La Découverte. 438 p.
- Dupuy G.** (1992). *L'informatisation des villes*. Paris, PUF. 127 p.
- Eckert D.** (1996). *Evaluation et prospective des territoires*. Montpellier-Paris, GIP-RECLUS-La Documentation française. 256 p.
- Ferrier J.** (1969). *Les sept piliers du management ou l'Administration scientifique*, Dunod. p. 28, cité par Dagognet (1979).
- Gayte O., Cheyland J.-P., Libourel T. et Lardon S.** (1997). *Conception des systèmes d'information sur l'environnement*. Paris, HERMES. 160 p.
- Gerardin V., Ducruc J. P. et L. T.** (1995). *La cartographie du milieu naturel au Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec : principes, méthodes et résultats*, in Colloque international "Quelles typologies, quelles cartographies pour la gestion des milieux naturels ?" Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995.
- Golay F. et Riedo M.** (2001). NTIC et systèmes d'information territoriale in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 30 p.
- Gross F.** (2001). NTIC: espoirs et risques pour les médias régionaux in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 123-130.
- Guermond Y., Ed.** (1984). *Analyse de système en géographie*, PUL, 324 p.
- Haggett P.** (1973). *L'analyse spatiale en géographie humaine*. Paris, A. Colin. 390 p.
- Jankowski P. et Nyerges T. L.** (2001). *Geographic information systems for group decision making : towards a participatory, geographic information science*. London, New York, Taylor & Francis. 273 p.
- Jankowski P., Nyerges T. L., Smith A., Moore T. J. et Horvath E.** (1997). Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems* 11(6): 577-602.
- Joliveau T.** (1995). De la gestion à l'analyse des villes : un panorama des systèmes d'information géographique urbains in *Outils de connaissance pour la gestion urbaine des pays en développement*. C. Weber et F. Dureau. Paris, Anthropos: 30-39.

- Joliveau T.** (1996). Gérer l'environnement avec des S.I.G. Mais qu'est-ce qu'un S.I.G.? *Revue de Géographie de Lyon* 71 (2/96): 101-110.
- Joliveau T.** (1999). *Un SIG d'agglomération à Saint-Etienne. Diagnostic et propositions*. Saint-Etienne, CRENAM CNRS UMR 5600 2 vol. 36 + 68 p.
- Joliveau T., Bessenay C., Dupuis J. et Jacqueminet C.** (1995). *Système d'information géographique pour la gestion de l'environnement en Rhône-Alpes. Rapport au Programme Pluriannuel en Sciences Humaines de la Région Rhône-Alpes*. Saint-Etienne, Université Jean-Monnet 60 p.
- Joliveau T., Molines N. et Caquard S.** (2000). *Méthodes et outils de gestion de l'information pour les démarches territoriales participatives, un regard France-Québec*. Saint-Etienne, CRENAM, CNRS-UMR5600, Université Jean Monnet - Saint-Etienne.
- Joliveau T., Petit C. et Chatain G.** (1995). *Gestion environnementale et information sur les milieux naturels dans les Parcs Naturels Régionaux français*, in Rencontres internationales, la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995, Cemagref éditions. 41-49.
- Kreitner R.** (1992). *Management*, McGraw-Hill Book Compagny. 662.
- Lajoie G.** (1992). *Le carroyage des informations urbaines. Une nouvelle forme de banque de données sur l'environnement du Grand Rouen*. Rouen, Université de Rouen. 238 p.
- Lavigne S.** (1996). *Le cadastre de la France*. Paris, PUF. 128 p.
- Le Berre M.** (1983). Territoires in *Encyclopédie de la Géographie*. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain. Paris, Economica: 601-621.
- Le Coadic Y.-F.** (1994). *La science de l'information*. Paris, PUF, 2ème éd. 127.
- Le Moigne J.-L.** (1973). *Les systèmes d'information dans les organisations*. Paris, P.U.F. 273 p.
- Le Moigne J.-L.** (1977). *La théorie du système général*, PUF.
- Le Moigne J.-L.** (1990). *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod. 178 p.
- Lévy J.** (1997). *Europe, une géographie*. Paris, Hachette. 287.
- Lévy P.** (2002). *Cyberdémocratie*. Paris, Editions Odile Jacob. 283 p.
- Major V. et Golay F.** (1996). *Une approche systémique du territoire et de sa dynamique*, in 3ème congrès européen de systémique, Rome, Octobre 1996, Actes CES.
- Mathelot P.** (1991). *L'informatique*. Paris, PUF, ème édition. 126 p.
- Moriset B.** (2000). Les sites Web de territoire en milieu rural, représentation, enjeux et recompositions spatiales. *Géocarrefour* vo. 75 (n)1): 25-38.
- Pantazis D. et Donnay J.-P.** (1996). *La conception de SIG, méthode et formalisme*. Paris, Hermès. 343 p.
- Pateyron E.-A.** (1994). *Le Management stratégique de l'information. Applications à l'entreprise*. Paris, Economica. 112 p.
- Peters E.** (1994). *La gestion intégrée des ressources au Québec, les outils méthodologiques et leur application à la réserve faunique Mastigouche*, ENGREF Nancy 75 p.
- Pornon H.** (1997). *Géomatique et organisations. Contradictions et intégration des projets d'acteurs*. Docteur ès Sciences. Département de Génie Rural. Lausanne, Ecole Polytechnique de Lausanne: 192 p.
- Pornon H.** (1998). *Partenariats relatifs aux SIG. Proposition d'une typologie et d'une grille d'évaluation*. Lyon, CERTU 50 p.
- Prélaz-Droux R.** (1995). *Système d'information et gestion du territoire, approche systémique et procédure de réalisation*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes. 156 p.
- Pumain D.** (1999 ?). *Recensement de la population en continu : choisir le temps et l'espace. Introduction au débat sur la réforme du recensement de la population*, Cybergegeo. 2004. <http://www.cybergegeo.presse.fr/ptchaud/censusfr.htm#bussi1>
- Roche S.** (1997). *Enjeux de l'appropriation sociale des technologies de l'information géographique pour l'aménagement territorial, Etudes de cas en France et au Québec*. Doctorat. Département de Géographie. Angers, Université d'Anger: 362 p. + 110 p.
- Rolland-May C.** (2000). *Evaluation des territoires, concepts, modele, methodes*. Paris, Hermès science publications. 381 p.
- Scheibling J.** (1994). *Qu'est-ce que la Géographie ?* Paris, Hachette Supérieur. 197 p.

- Scholten M. et Van Den Vlugt M.** (1990). A review of Geographic Information Systems application in Europe in *Geographic Information Systems : development and applications*. WORRALL. Londres, Belhaven Pres: pp. 13-40.
- Schwarz E.** (1994). A meta-model to interpret the emergence, evolution and functioning of viable natural systems in *Cybernetics and Systems*. R. Trappl. Singapour, World Scientific.
- Schwarz E.** (2002). Can Real Life Complex Systems Be Interpreted with the Usual Dualist Physicalist Epistemology - Or is a Holistic Approach Necessary ? *Res-Systemica, Volume N°2, Special Issue: Proceedings of the fifth European Systems Science Congress, October 2002, Crete*: 9 p.
- Serre M. et Farouki N.**, Eds. (1997). *Le Trésor. Dictionnaire des Sciences*, Flammarion, 1092 p.
- Tardieu H., Nanci D. et Pascot D.** (1984). *Conception d'un Système d'Information*, Editions d'organisation.
- Thériault M.** (1995). *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux*. Laval, Québec, Département de géographie, Université de Laval, Notes et documents de cours N°12. 165 p.
- Thomas J.-N.** (1990). *L'information économique des territoires. Analyse comparative des dispositifs d'observation économique localisée*. Saint-Etienne, Rapport au Ministère de l'Équipement et du Logement, Plan urbain, CREUSET.
- Vant A.** (1998). A propos des formes de régulation de la tache urbaine stéphanoise. *Revue de Géographie de Lyon* Vol 73 (n°2): 151-160.
- Vant A. et Gay G.** (1997). Saint-Etienne Métropole. *Revue de Géographie de Lyon* 72 (n°3): 177-190.
- Vedel T.** (2001). Les politiques locales d'Internet : enjeux, stratégies, questions in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 397-422.
- Vodoz L.** (2001). Citoyenneté et territoire à l'heure des NTIC in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 239-263.

6. Renvois

6.1. Table des figures

Figure 3-1. Relations SIG entre les différents organismes stéphanois en 1999. Source : (Joliveau 1999)	253
Figure 3-2. Organisation hiérarchique de la Représentation Systémique du Territoire (Prélaz-Droux, 1995)	261
Figure 3-3. Le modèle canonique Organisation-Information-Décision selon Le Moigne (1990)	263
Figure 3-4. Les deux systèmes d'information (Gayte et al. 1997)	264
Figure 3-5. Structure d'un système de gestion du territoire (Gayte et al.)	265
Figure 3-6. Le modèle archétype de l'articulation d'un système complexe en neuf niveaux. Le Moigne (1990)	275
Figure 3-7. Un modèle systémique du territoire. D'après Schwarz (2002) et Golay et Riedo (2001)	278
Figure 3-8. Le « carré parfait » des échanges sociaux et ses différentes configurations. Foucauld J.-B. et Piveteau D. (2000)	290

6.2. Table des encadrés et des tableaux

Tableau 3-1. Le continuum des SIRS d'après Bédard (1987), Thériault (1995) et Joliveau (1996).....	230
Tableau 3-2. L'évolution des SIG au cours du temps d'après Crain et Mac Donald (1984)....	232
Tableau 3-3. Caractéristiques du SIG en fonction des types principaux d'usage	233
Tableau 3-4. Différenciation des systèmes en fonction de la dynamique contradictoire coordination /autonomie. D'après Pornon (1997).....	235
Tableau 3-5. Typologie des niveaux de gestion et des caractéristiques de l'information. D'après Kreitner (1992) et Peters (1994)	236
Tableau 3-6. Critères de classification générale des projets SIG	238
Tableau 3-7. Principales caractéristiques des SIG de l'agglomération stéphanoise	241

6.3. Liste des sigles et abréviations

ADASEA	Association Départementale pour l'Aménagement des Structures des Exploitations Agricoles
BDU	Banque de Données Urbaine
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CDA	Chambre Départementale d'Agriculture
CEL	Comité d'Expansion de la Loire
CREN	Conservatoire Régional des Espaces Naturels
DARAT	Direction de l'Aménagement rural, de l'agriculture et du territoire du Conseil général
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
DVD	Direction de la Voirie Départementale du Conseil général
EDI	Échange de Données Informatisées
EPURES	Agence d'urbanisme de la Région stéphanoise
GIS	Geographical Information System
HBCM	Houillères du Bassin Centre Midi
IAURIF	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île de France
IFEN	Institut Français de l'Environnement
IFN	Institut Forestier National
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique

LIS	Land Information System
O-I-D	Organisation-Information-Décision
ONF	Office National de la Forêt
PCI	Plan Cadastral Informatisé
RST	Représentation Systémique du Territoire
SEM	Communauté d'agglomération Saint-Etienne-Métropole
SIEL	Syndicat Intercommunal d'Energie du Département de la Loire
SIG	Système d'Information Géographique.
SIRS	Système d'Information à Référence Spatiale
SIT	Systèmes d'Information sur le Territoire
STAS	Société de Transports de l'Agglomération Stéphanoise
UGSA	Unité de Gestion des Sites Arrêtés

Parcours 4. Planification participative et géomatique

1. Le contexte général de la planification	305
1.1. Les transformations de la société	306
La mobilité	306
Individuation et massification	307
Dématérialisation de l'information et des communications	308
Omniprésence des "systèmes experts"	308
Émergence de la société du risque	309
La gouvernance et la participation	310
Modernité réflexive et perte des certitudes	310
Place de l'expertise scientifique dans la décision	311
Crise environnementale et lien à la nature	312
Un nouveau rapport au temps	313
1.2. Territoire et localité contemporains	314
Territoire, mixité sociale et mobilité	314
La transformation de la localité	317
Local et localisme	319
1.3. Le renouvellement théorique et pratique de la planification au niveau local	321
Le nouveau contexte de gouvernance locale	321
Un nécessaire élargissement thématique	322
Le projet comme figure centrale de la planification	324
Les évolutions théoriques de la planification	325
2. La dimension participative de la planification	328
2.1. Une approche théorique de la participation	328
Aperçu d'ensemble	328
La participation au niveau local	332
2.2. Un outil de planification participative : forums et ateliers territoriaux	340
Dispositifs	340
Deux expériences	345
Un bilan	347
La prise en compte de l'espace	356
3. Géomatique et planification participative	364
3.1. Les effets de la dimension environnementale	365
Inventorier les milieux naturels	365
Prendre en compte les héritages	366
La place de la modélisation	367
Gérer les milieux à partir des usages	368
Ecologie urbaine, le retour ?	371
L'information environnementale pour la participation	372
3.2. Outils et méthodes géomatiques pour faciliter la participation	374
Les outils	374
La production des données	377
La construction de l'information	380
L'élaboration de connaissances	386

La communication de l'information	397
4. Orientations	407
4.1. Faire le point	407
4.2. Directions	408
Les SIG Participatifs, un objet de recherche pertinent?	408
Analyser les représentations spatiales mobilisées dans les projets territoriaux	411
Un projet de recherche couplant SIG collaboratif et planification participative	412
5. Bibliographie	414
6. Renvois	426
Table des figures et des planches	426
Table des encadrés et des tableaux	426
Liste des sigles et abréviations	426

Après la question du rôle de l'information géographique dans la gestion du territoire, nous abordons maintenant celle de l'utilisation des SIG pour la planification territoriale. Dans la littérature géomatique d'inspiration informatique, cette thématique s'intègre dans le domaine général des applications d'aide à la décision. Un sous-domaine s'est très rapidement autonomisé et organisé, celui des approches participatives et concertées liées à l'émergence de ce que les chercheurs anglo-saxons appellent les PPGIS (Public Participation Geographical Information Systems) ou Participatory GIS. Certains auteurs proposent même la constitution d'une science des SIG Participatifs (Jankowski et Nyerges 2001). En France, le thème des SIG participatifs ou collaboratifs (on verra plus loin la distinction que nous introduisons) a rapidement émergé aussi bien chez les chercheurs que chez les gestionnaires. Le GDR SIGMA/CASSINI a ainsi ouvert en 2000 un thème de recherche "SIG participatif" à l'intérieur de son axe 4 "Interagir" (CASSINI - SIGMA). Pour Roche par exemple, les nouveaux enjeux sociaux de la géomatique ne se trouvent plus à l'intérieur des organisations mais dans les démarches partenariales, les coopérations intercommunales et l'organisation de la participation publique (Roche 2003a). Le colloque de l'Association Internationale des Maires Francophones (AIMF), tenu en mai 2004 sur le thème des Nouvelles Technologies de l'Information et la Communication, abordait aussi le thème des SIG pour la planification et la gestion participatives (AIMF 2004). La revue professionnelle *Géomètre* s'est aussi intéressée au sujet (Joliveau 2003).

Bien que nous ayons placé dès le début nos recherches sur les applications des SIG dans un contexte d'approche concertée, il nous paraît nécessaire de revenir sur un paradoxe. On a vu dans le parcours précédent que les SIG mobilisés au niveau de la réflexion stratégique et de la planification territoriale restent encore en France beaucoup plus rares que les applications de gestion opérationnelle des systèmes et des infrastructures techniques. Roche relève aussi que les SIG concernent plus les métiers techniques spécialisés internes aux organisations de la gestion locale que les activités de conception de projet, de prospective ou d'élaboration de schémas territoriaux. Or c'est pourtant dans ce domaine que se posent en priorité les questions d'information de la population, d'élaboration concertée et partenariale, de participation de la société civile. Il est donc paradoxal de mettre l'accent sur les applications SIG dans un domaine d'activité où les praticiens et techniciens sont encore relativement peu utilisateurs d'outils géomatiques. Une recherche sur cette thématique se heurte en tout cas à de nombreuses difficultés, dont la première, pour les chercheurs français ou francophones, est de trouver des expériences observables. Avec S. Caquard et N. Molines, nous avons mené au Québec une exploration à la recherche d'utilisation d'outils SIG, méthodes multicritères et cartographie automatique dans un contexte participatif (Joliveau, Molines et al. 2000). Nous nous sommes rendus compte que ce type d'expérience restait très rare malgré une culture de la planification fondée, à la nord-américaine, sur la recherche du consensus à travers des tables de négociation et bien que les SIG soient plus développés et depuis plus longtemps qu'en France. Les publications francophones concernent d'ailleurs pour la plupart, y compris les nôtres, des projets de type "simulacre", organisés par les chercheurs, et dans lesquels les acteurs jouent à planifier, ou bien des projets de recherche-action dans lesquels l'organisation de la participation est dépendante d'un fort investissement des chercheurs. Les risques que courent les chercheurs travaillant dans ce domaine sont évidents : anticiper les pratiques, induire des généralités à partir de cas non représentatifs ou construire des modèles théoriques à partir de cultures de planification et de décision étrangères, essentiellement nord-américaines. Un autre risque est d'adopter inconsciemment à travers la question de la participation des lunettes idéologiques. On est gêné à la lecture des travaux sur l'utilisation participative des technologies de l'information par le caractère souvent inquestionné de cette démocratie participative, considérée comme un bien en soi. Elle apparaît sous-tendue par une croyance en un progrès régulier des systèmes de décision, qui deviendraient naturellement plus ouverts, plus transparents, plus démocratiques. Cette croyance n'est pas sans rappeler la foi dans le progrès technique qui anime de nombreux acteurs de la

géomatique. On a l'impression parfois qu'il serait possible de passer insensiblement d'une ingénierie informatique à une ingénierie sociale. Or les analyses des expériences classiques de participation sans utilisation des technologies de l'information, qu'elles datent des années 80 (Joliveau 1987) ou qu'elles soient plus récentes (Neveu 1999), sont souvent critiques sur la réalité des pratiques, et dubitatives sur la nature des résultats de la participation. Comment peut-on supposer que les outils informatiques contemporains, pas seulement géomatiques, sont une solution à un problème que l'on n'a pas tenté d'abord de bien caractériser ? Dans le même temps, comme on l'a déjà noté dans le Parcours 1, ces technologies existent. Les praticiens eux-mêmes se tournent vers elles dans l'organisation de démarches participatives. Et une réflexion sur l'utilisation de la géomatique dans la participation ne peut se construire que dans l'action et l'expérimentation.

Le développement d'une recherche sur la place des SIG dans les démarches participatives nécessite de décrire d'abord le contexte plus général de l'évolution des processus de planification et de participation au niveau local. Cela conduit à s'intéresser au renouvellement des modes de décision à ce niveau. Or ceux-ci évoluent sous la pression de processus socio-économiques très généraux (globalisation des échanges économiques, augmentation de la mobilité, transformation des moyens de communication, bouleversement des relations sociales et des références culturelles ...) qui transforment le statut de l'espace local dans la vie des hommes et des sociétés. Notre hypothèse est que la participation est moins une solution aux problèmes que connaît actuellement la décision (au niveau local comme global), qu'un problème nouveau intrinsèque lié à la nature nouvelle de cette décision. Celle-ci se veut nécessairement participative (c'est à dire ouverte à des individus et des groupes qui ne sont pas en charge d'un pouvoir de décision formalisé) et collaborative (c'est à dire mobilisant non un seul, mais plusieurs individus ou groupes, intégrés sur un pied d'égalité). La manière dont une décision est prise en est venue à tenir une place aussi importante que la substance même de la décision.

Il est donc indispensable de comprendre pourquoi les outils et méthodes géomatiques sont si souvent évoqués dans le domaine de la planification territoriale participative, alors qu'ils restent encore sous-utilisés dans l'élaboration de la stratégie et de la planification locales. Les professionnels de ces domaines sont confrontés en fait à trois contraintes distinctes mais convergentes. Ils découvrent de manière concomitante : 1) des outils nouveaux pour effectuer des tâches qu'ils réalisaient auparavant manuellement ou au moyen d'outils infographiques ; 2) la contrainte de prendre en compte des thèmes inédits ou mal assumés (environnement, risque, patrimoine, ...) ; 3) la nécessité d'effectuer leur travail dans un contexte participatif et collaboratif. De plus les tendances sont paradoxales. La numérisation transforme les modes de production et de diffusion de l'information territoriale mais la presse locale reste peu informative. Internet rend possible des forums locaux à distance mais la participation à la vie municipale a plutôt tendance à diminuer. On envisage des systèmes de vote électronique mais le principe même du référendum local reste politiquement discuté. Par ailleurs, quand on évalue l'impact des technologies numériques de l'information sur la décision territoriale, on oublie souvent que les sociétés qui les utilisent ne sont plus exactement les mêmes que celles qui ne les utilisaient pas et que la numérisation de l'information est aussi un des facteurs de ce changement.

C'est pourquoi nous avons construit ce parcours en trois étapes. Dans un premier mouvement nous tentons de construire un cadre théorique de référence des grandes transformations de la société contemporaine, des évolutions de leur rapport à l'espace et des nouvelles missions qui sont confiées à la planification territoriale. Il ne s'agit pas d'une hypothétique macro-théorie de la planification territoriale mais plutôt d'une tentative de repérage des grandes lignes de tension sociétale susceptibles de déterminer les formes futures de la décision et de la planification territoriales. Nous étudions ensuite dans un deuxième temps la question de la participation publique à la décision que nous abordons d'abord à un niveau global avant de l'envisager au niveau local.

Déconnecter les deux niveaux serait en effet nier la cohérence des conduites individuelles qui ne se partagent pas entre le local et le global. Nous proposons, à partir de nos expériences, une conceptualisation de deux figures de la planification participative au niveau local que sont l'Atelier et le Forum territoriaux participatifs. La troisième partie est consacrée pleinement à un questionnement méthodologique sur la place de l'information, des méthodes et des outils géographiques numériques dans une planification territoriale participative renouvelée.

1. Le contexte général de la planification

La gestion courante des territoires contemporains est marquée par l'émergence et l'omniprésence de thèmes plus ou moins nouveaux, au moins par rapport à ceux des années soixante et quatre-vingt : l'affirmation définitive des questions environnementales, l'émergence de la question du risque et du patrimoine, l'apparition du thème du développement durable, le maintien d'un niveau de conflictualité important dans les questions locales de gestion du territoire, la référence systématique à la participation et à la concertation. Notre objectif dans cette première section est de rapprocher des approches théoriques d'ensemble des phénomènes sociaux, économiques et spatiaux qui conduisent à un renouvellement de la manière dont les sociétés contemporaines discutent et produisent leur lien au territoire¹. Le cadre théorique est reconstitué à partir des travaux de nombreux auteurs, G. Balandier, U. Beck, A. Giddens, J. Rémy et L. Voyé ou d'autres. Nous sommes bien évidemment conscients que ces grandes analyses sociologiques de la, au choix : *post-*, *sur-* ou *néo*-modernité, peuvent apparaître très, trop générales. La question de la modernité, au sens de l'analyse de la société contemporaine du temps présent comme rupture par rapport à une société antérieure, traditionnelle, est d'ailleurs aussi vieille que la sociologie (Martuccelli 1999) et les nombreuses théories sociologiques sont loin d'être d'accord entre elles. On reprocherait certainement le manque de vérification empirique de ces théorisations, comme le fait Wacquant (1992) à propos de la théorie sociologique de la modernité de Giddens, ou le manque de cadres chronologiques précis et justifiés qui permettraient de repérer dans le temps les processus analysés ; c'est ce que Zalio (2002) reproche par exemple à l'analyse de Beck. Nous avons jugé nécessaire de les placer en début de ce parcours pour plusieurs raisons. D'abord parce que ces macro-analyses nous semblent explicatives de situations concrètes de réflexion et de décision territoriales dans lesquelles nous sommes intervenus, comme nous l'exposerons plus loin. Ensuite, parce que nous avons eu plusieurs fois l'expérience de discussions à propos de l'utilisation concrète et pratique des outils géomatiques qui débouchaient instantanément sur la confrontation de grandes idées générales construites a priori. Les tentatives de généraliser les situations observées conduisent souvent à des explications trop rapides et non problématisées sur les dynamiques sociales qui sont à l'œuvre : individualisme, anonymat, solitude, désintérêt ou au contraire solidarité, engagement,

¹ Nous comprenons bien que la montée en généralité qui caractérise cette section puisse faire sourciller. Le cadre conceptuel dans lequel nos travaux se sont placés pendant plusieurs années restait largement empirique. La relecture de nos propres expérimentations et la lecture des comptes rendus de celles d'autres auteurs que nous avons entrepris pour la rédaction du présent mémoire, nous ont fait ressentir le besoin d'un cadre plus théorique et général, à même de décrire le contexte sociétal dans lequel s'exercent les décisions de planification territoriale dans la société contemporaine. Malgré ses limites et ses lacunes, il nous a servi — au moins l'espère-t-on — à enrichir notre approche de la planification participative. Même s'il ne prend pas la forme d'un questionnement suivi d'une problématique articulée sous forme d'hypothèses, et si les thèmes qui y sont abordés ne débouchent pas tous sur des considérations pratiques explicites dans ce travail, il constitue la toile de fond de notre réflexion. Il nous a donc paru intéressant de le maintenir dans ce texte en souhaitant qu'il puisse aussi être utile à d'autres praticiens de la gestion ou de la planification participative qui pourront le critiquer et l'approfondir afin d'aller plus loin.

communauté¹. Il nous semble indispensable de produire un cadre théorique d'ensemble, même ambivalent et contradictoire, qui soit discutable et qui permette de comprendre le contexte sociétal et les contraintes actuelles et futures de la planification au niveau local ainsi que l'intérêt et les limites des outils géomatiques dans ce cadre.

1.1. Les transformations de la société

Les changements dans les formes matérielles de l'espace français ces trente dernières années sont très nombreux et bien connus : extension des zones périurbaines des grandes villes, installation dans les campagnes pas trop éloignées d'un centre urbain d'un nombre croissant de ménages travaillant en ville, dépérissement des zones rurales enclavées ou éloignées, phénomène généralisé de déprise agricole dans les zones d'agriculture à rendement plus faible, dynamiques socio-spatiales de plus en plus différenciées selon les groupes sociaux et même les individus. Tous ces phénomènes, et d'autres plus subtils et nuancés, donnent lieu à des constats et des explications variées et discutées. Il serait irraisonnable de tenter une analyse détaillée des processus sociaux, économiques et culturels généraux qui peuvent expliquer les transformations importantes de l'espace géographique et leur appropriation par les groupes et les individus qui y vivent. Mais il nous semble utile, pour comprendre l'évolution du contexte de la décision territoriale de territoire, de présenter sous forme de cadre d'hypothèse les grands bouleversements de la société contemporaine, qu'ils soient récents ou plus anciens.

La mobilité

Au cœur des changements territoriaux se trouve bien sûr la question de l'accroissement de la mobilité spatiale des personnes, des biens, des messages et des informations. Cet accroissement généralisé de la mobilité peut s'envisager à la fois comme fait et comme valeur. Même si la mondialisation de l'économie ne se réduit pas à cet aspect, l'accélération de la circulation des technologies, des capitaux et des matières premières est un fait. L'accroissement de la mobilité des hommes apparaît moins clairement, mais comme le souligne G. Balandier, mobilité et vitesse sont désormais des valeurs économiques, sociales et individuelles prédominantes dont le principe est : « j'existe parce que je suis mobile, et je donne ainsi forme à ma liberté » (Balandier 2001 p. 79). (Rémy et Voyé 1974) et (1992) proposent d'ailleurs de définir l'urbanisation, non comme la croissance de la population des villes ou la généralisation des modes de consommation urbains mais, de manière beaucoup plus générale, comme le processus par lequel la mobilité spatiale organise la vie quotidienne, « ce qui suppose la possibilité et la capacité d'être mobile ainsi qu'une valorisation de la mobilité » (*op.cit.* p. 63). L'urbanisation, pour eux, c'est le développement des moyens techniques de déplacer des hommes, des objets ou des messages (automobile, téléphone, télévisions, télécommunications, ...). En disant cela, Rémy et Voyé ne font pas de l'innovation technologique le déterminant de l'urbanisation. Les évolutions techniques rendent possible d'autres modes de territorialité, mais seulement parce que ceux-ci sont déjà admissibles dans la sphère socio-culturelle. Rémy et Voyé proposent une explication rigoureuse et cohérente de ce processus d'urbanisation ainsi défini, qu'ils envisagent comme un phénomène global touchant l'ensemble de la société. L'urbanisation affecte aussi bien la ville que la campagne et les changements sont analogues, même s'ils se traduisent concrètement de manière plurielle. L'urbanisation a des conséquences sur la vie collective à la fois dans sa dimension sociale et culturelle, mais aussi dans la manière dont un individu construit et perçoit son identité et son projet personnel. Avec

¹ Pour donner un seul exemple, le très intéressant ouvrage de (Hugrel et Thomazeau 2000) auquel nous faisons référence plus loin à propos de la gestion environnementale, fonde la nécessité d'un diagnostic local par les usages sur un discours socio-historique complètement a-scientifique (pp. 3-15).

l'urbanisation, les contraintes spatiales s'affaiblissent, et se disloque la coïncidence entre la structuration de la vie collective et l'entité matérielle qui caractérisait, dans des formes différentes, la ville non urbanisée et le village non urbanisé. La rupture des relations entre la structure morphologique et la vie sociale de la ville et du village n'est certes pas complète, car la vie quotidienne a des contraintes de proximité, mais les correspondances entre la morphologie du lieu en tant qu'entité matérielle et concrète et les fonctions sociales qu'il porte sont beaucoup plus lâches et ténues. On peut vivre au village sans avoir de lien avec le système productif agricole ou vivre en ville tout en travaillant dans un parc technologique situé dans une lointaine périphérie. Le processus d'urbanisation n'est donc pas la transformation de la campagne en ville mais la transformation à la fois des villes et des campagnes par la modification du mode de territorialité, et, en partie au moins, des relations entre lieu d'habitat et vie sociale.

Individuation et massification

Le processus d'individualisation ou d'individuation correspond à ce que (Rémy et Voyé 1992) appellent l'instauration sociale de l'individu (*op. cit.* p. 77). Il se traduit par le fait que le sujet individuel devient le centre de la vie sociale à la place du nous du collectif. L'individu et son projet personnel deviennent la référence centrale. L'autonomie de l'individu et sa capacité à élaborer des choix sont valorisées. Ce processus d'individuation est ancien dans les sociétés industrielles mais il se radicalise et s'intensifie dans la période contemporaine où les plus petites actions font l'objet d'un choix ou d'un calcul. A côté de nombreux autres théoriciens, Castells pense ainsi que le trait dominant de l'évolution de nos sociétés, c'est la montée de l'individualisme sous toutes ses formes. On assiste à une véritable « privatisation de la sociabilité », qui doit être comprise non comme un phénomène psychologique, mais comme un phénomène social, issue de l'individualisation du rapport entre capital et travail, d'un nouveau rapport au travail et de la désintégration des structures sociales et familiales issues du XIX^e (Castells 2002).

Le processus d'individuation s'accompagne de la systématisation d'une logique de choix : choix de l'école des enfants, du médecin, des équipements culturels et de loisirs, qui ne sont plus guidés par le lieu d'habitat. Cette logique s'étend au choix des relations sociales. Les relations de voisinage ne sont plus privilégiées et les individus sont confrontés à de multiples choix de localisation dans leur vie quotidienne et professionnelle. Ils peuvent multiplier des relations sociales fonctionnelles liées aux différentes facettes de leurs activités, qui se déploient, elles, dans des espaces différenciés. Cette individuation produit une réticence de plus en plus générale vis-à-vis des contraintes ou d'une autorité qui se présenterait sans explication ou justification rationnelle et acceptable. Les relations sociales sont aussi transformées et le poids des groupes à distance s'accroît par rapport aux groupes de proximité. C'est ce qu'exprime la vieille idée de village global de MacLuhan : on peut connaître mieux certains phénomènes lointains que des phénomènes proches.

Pour certains auteurs, cette individuation se couple d'une différenciation sociale. Elle contribuerait à diversifier les histoires et les modes de vie et s'accompagnerait d'une mobilité sociale accrue (Ascher 2000). Pour Rémy et Voyé, l'émergence des consciences individuelles favorise la dilution des consciences collectives, en particulier des consciences de classe, et elle se traduit par une volonté de banalisation, de négation des signes d'appartenance sociale. Elle s'accompagne donc plutôt d'un effet de banalisation et d'homogénéisation sociale. Le processus d'individuation contribue à l'émergence d'une société de masse, dont le fonctionnement politique est profondément transformé. Alors que la société de classe se caractérisait par des appartenances collectives et que les conflits y étaient fondés sur des oppositions globales, la multiplication des décisions individuelles produit des phénomènes collectifs inattendus liés aux choix similaires effectués séparément par de nombreux individus. Ces phénomènes sont souvent compris par les pouvoirs politiques comme l'expression d'une irrationalité des masses. Pour Rémy et Voyé penser que ce

serait un signe d'anomie et de dégradation du politique est une erreur. D'autres médiations apparaissent et des dynamiques nouvelles peuvent se construire même dans une société basée sur le primat des consciences individuelles.

Dématérialisation de l'information et des communications

Pour Castells, le nouveau mode de sociabilité, dans nos sociétés, c'est « l'individualisme en réseau » *Ibid.* p. 162. Georges Balandier perçoit dans la période contemporaine l'émergence d'un grand système planétaire, articulant au niveau mondial grâce à des réseaux d'information numérique, un système économique libéral et une techno-science complètement autonomisée (Balandier 2001). Au-delà des infrastructures de communication matérielle comme l'automobile, le chemin de fer ou l'avion qui ont distendu à la fois les distances et l'attachement aux lieux, Balandier s'interroge surtout sur l'impact des communications immatérielles, susceptibles selon lui de transformer radicalement le rapport à la distance, d'autant plus que la miniaturisation des dispositifs et l'extension des zones connectées rendent ces infrastructures efficaces dans un temps et un espace toujours plus vastes. En substituant une médiation des machines et des réseaux à la médiation des espaces sociaux, ces dispositifs sont supposés gommer la distance. Toutefois, si beaucoup d'auteurs ont écrit sur ce sujet, les effets de la « proximité immatérielle » ne font pas encore l'objet de nombreux travaux fondés sur observation. L'hypothèse de Balandier est que l'espace privé et l'espace public seraient conduits à s'imbriquer. Le premier se trouverait placé sous une influence extérieure constante et la sphère de l'intimité régresserait. A une autre échelle, les frontières géographiques s'atténueraient et deviendraient moins infranchissables. L'apparition des mondes virtuels et du cyberspace, le développement des systèmes automatisés et des outils intelligents achèverait cette dématérialisation non seulement des rapports sociaux mais aussi de l'intelligence du monde et du travail de l'homme. Pour Ascher (2001), les technologies de l'information et de la communication favorisent non seulement une distanciation spatiale mais aussi une distanciation temporelle, une désynchronisation par la capacité à conserver et à acheminer l'information de manière quasi instantanée. Selon lui, les possibilités d'actions et d'interactions à distance s'accroissent à un tel point que espace et temps sont dissociables et que naît un sentiment d'ubiquité et de multitemporalité. Elle permet l'appartenance simultanée à plusieurs types d'espace : le travail peut se faire dans les transports ou et à la maison, les relations d'amitiés ou de famille s'entretiennent même si l'on vit dans des lieux très éloignés les uns des autres.

Omniprésence des "systèmes experts"

Les travaux du sociologue Anthony Giddens, qui mettent le temps et l'espace au centre de la structuration de la société, intéressent depuis longtemps les géographes de langue anglaise et plus récemment française (Di Méo 1998). C'est moins à sa théorie de la structuration dans son ensemble (Giddens 1987) que nous ferons écho qu'à son analyse de la modernité (Giddens 1994). Pour Giddens, la modernité s'accompagne d'une confiance acquise, admise par nature, dans des systèmes abstraits et, en particulier¹, dans ce que Giddens appelle des *systèmes experts*, vastes domaines de notre environnement matériel et social, qui sont confiés à des dispositifs complexes, gérés par des professionnels et à propos desquels se constituent des *savoirs experts* inaccessibles au profane. L'individu moderne vit, travaille, communique, s'amuse et se déplace dans un univers complètement imprégné de *savoirs experts* dont il ne sait rien ou peu de chose. Pour Giddens, ces *systèmes experts* sont des mécanismes de dé-localisation et assurent le fonctionnement des relations sociales à distance. Selon Giddens, la nature des institutions modernes est directement liée aux mécanismes de confiance des individus dans les *systèmes experts*. La confiance dans ces systèmes

¹ Nous laissons de côté l'autre type de système abstrait que Giddens appelle les *gages symboliques*, par exemple l'argent.

est en effet la condition même de la distanciation spatio-temporelle. Celle-ci n'est pas nécessaire dans une situation de coprésence, où les activités se déroulent sous les yeux de tous. La confiance dans un *système expert* doit alors être comprise comme un sentiment de sécurité, justifié par la fiabilité de ce système. Elle traduit une foi dans la validité des principes abstraits liés à un savoir souvent technologique. La confiance dans ces *systèmes experts* émerge comme une question centrale dans la société moderne. La confiance y devient active et opère dans des environnements à risque où l'on peut obtenir des niveaux variables de sécurité.

La question de la confiance dans les systèmes abstraits a, selon Giddens, des conséquences importantes sur les relations personnelles et l'identité de l'individu. Il est devenu en effet quasiment impossible d'échapper à ces systèmes abstraits, qu'il s'agisse d'un réseau bancaire ou d'un système de transport, et les conséquences de leur (dys)fonctionnement touchent personnellement tous les individus, qu'il s'agisse de la pollution d'un système industriel ou du risque associé à un système sanitaire. C'est pourquoi sont très importants ce que Giddens appelle les *points d'accès* des individus ordinaires aux systèmes abstraits. Ces points d'accès sont souvent des personnes, experts, spécialistes ou représentants du système (médecin, juge, agent de voyage, policier ou tout personnel technique). La confiance des profanes dans le système abstrait s'entretient donc au moyen de situations de face à face entre individus. Chacun sait que la confiance repose en réalité dans le système abstrait et non dans le spécialiste en chair et en os, dont il est impossible de vérifier l'aptitude ou la compétence, mais simplement d'évaluer l'attitude professionnelle ou non. La nécessité de maintenir la confiance dans les systèmes abstraits se traduit donc par une *double re-localisation* des relations sociales qui doivent nécessairement avoir lieu en face à face : les relations entre les profanes et les spécialistes d'une part mais aussi les relations entre les spécialistes eux-mêmes de manière à réassurer entre pairs leur compétence et leur fiabilité. Il existe donc des points de contacts localisés des systèmes abstraits et les spécialistes de ces systèmes doivent se rencontrer physiquement de manière régulière.

Émergence de la société du risque

A partir de la question de la confiance dans les systèmes experts, Giddens pose la question du risque et du danger dans la société contemporaine. Les dangers environnementaux ou écologiques changent de nature par rapport à la société traditionnelle. C'est le cadre de vie qui est globalement perçu comme menaçant. Le risque prend une nouvelle intensité ; il est devenu mondial : guerre nucléaire, réchauffement, couche d'ozone, terrorisme. Le type de risque change aussi. On passe d'un risque naturel et extérieur à un risque issu de l'environnement créé par l'homme, de la « nature socialisée ». Le risque est la conséquence « d'un savoir socialement organisé influant sur l'environnement matériel par l'intermédiaire de l'industrialisation » (*op. cit.* p. 116). Il est intrinsèquement lié aux systèmes experts. La perception du risque par les individus change aussi. La conscience des environnements à risque concerne un public de plus en plus large. Le fait que la mesure de risque, bien que créé par l'homme, soit incertaine est généralement acceptée, comme le fait qu'aucun système expert ne peut faire disparaître complètement le risque lié à son activité, ni mesurer a priori les conséquences néfastes qu'il peut éventuellement avoir sur d'autres systèmes.

Cette analyse renvoie à la thèse bien connue de Beck (1986) à propos de la société du risque. Selon Beck, nous passons d'une société industrielle, dans laquelle le problème central était la répartition des richesses, à une société du risque, centrée sur la question de la répartition des risques, quels qu'ils soient : risque technologique, social, sécuritaire, alimentaire... Le risque devient un élément constitutif de la société. Au départ société de classe et société du risque coïncident fortement : les groupes bien dotés en capital éducatif, social ou monétaire peuvent adopter des stratégies de consommation, de formation ou d'habitat qui leur permettent d'échapper à certaines situations de risque. Mais l'intensification et la globalisation des risques rendent selon Beck ces stratégies de

moins en moins efficaces. Par ailleurs Beck relève la généralisation de ce qu'il appelle l'effet boomerang, quand le risque finit par atteindre ceux-là même qui le produisent. Pour ne prendre qu'un exemple, les différentes formes de modernisation industrielle de l'agriculture ont eu pour conséquence l'apparition ou l'accroissement de risques multiples touchant d'abord des acteurs périphériques puis des acteurs plus proches et enfin les producteurs eux-mêmes. La première population touchée a été la faune sauvage, qui s'est raréfiée à cause des changements dans le parcellaire, de l'usage massif d'engrais, de pesticides et d'herbicides. Ensuite ont été concernées les populations humaines riveraines, touchées par la pollution des aquifères et des rivières et les inondations aggravées par le ruissellement. Mais, sans mesures correctives, les producteurs eux-mêmes finissent par être touchés suite à l'érosion et à la dégradation des sols (Neboît-Guilhot 1996). La menace environnementale a donc des effets sur la faune, sur le paysage et sur l'économie, directement d'abord à travers les primes d'assurance, le coût du traitement de l'eau, les revenus agricoles et indirectement ensuite via la baisse des revenus du tourisme, du patrimoine immobilier, ... Les effets peuvent se faire sentir très loin de la source du risque. Il n'existe donc pas une classe des exposés au risque qui s'opposerait à une classe des non exposés. Dans cette perspective, le risque n'est plus une menace extérieure, mais devient un élément constitutif de la société. Les risques concernent aussi bien les aléas de la vie quotidienne, que l'emploi ou la gestion financière du patrimoine ou les atteintes aux biens et aux personnes, mais nous ne développerons pas cet aspect de la question.

La gouvernance et la participation

La notion de gouvernance a été construite pour décrire la manière dont on peut gouverner dans un contexte où les pouvoirs publics sont faibles et l'autorité limitée et éclatée. Dans ce cas la décision se construit à l'intérieur d'arrangements informels par la coopération d'acteurs publics et privés qui se traduisent sous forme de coalitions gouvernantes (Stone 1989) cité par Capron (1999). Le concept a été élaboré pour rendre compte de la gestion urbaine américaine des années soixante-soixante-dix et a ensuite été promu par la Banque mondiale pour décrire les structures de décision des États faibles des pays en développement. De nombreux auteurs pensent que les évolutions culturelles, sociales et techniques des sociétés contemporaines impliquent une transformation radicale des modes d'action et de décision publique, qui doivent à la fois laisser une place importante aux représentants de la société civile et nécessiter une collaboration plus complète entre des acteurs plus nombreux. C'est ce que l'on regroupe souvent sous le terme de gouvernance, même s'il existe plusieurs définitions à portée plus ou moins large. La problématique de la gouvernance connote un changement progressif mais radical des modes et dispositifs de décision à l'échelle mondiale, nationale et locale. Au niveau national, le pouvoir gouvernemental s'affaiblit au profit d'autres autorités nationales (Justice, Agences indépendantes) et aussi au profit souvent des collectivités territoriales. Les acteurs publics, qu'il s'agisse de l'État ou des collectivités locales, ne peuvent plus agir seuls à leur échelle. Ils doivent s'intégrer dans des coalitions et construire de nouvelles formes de partenariats (plus ou moins privatisés) qui entraînent une redéfinition de la frontière entre public et privé. Enfin de nouvelles relations s'instaurent entre la puissance publique étatique ou locale et la société civile, à travers la question de « l'impossible participation » (Bourdin 2000), (Le Galès 1995). Nous revenons sur ce sujet dans la deuxième section de ce parcours.

Modernité réflexive et perte des certitudes

Pour Giddens, la radicalisation actuelle de la modernité se caractérise par le caractère éminemment réflexif de la vie sociale moderne, dans laquelle les pratiques sociales sont soumises à un examen et une révision constantes « à la lumière des informations nouvelles concernant ces pratiques mêmes » (*Ibid.* p. 45). Toutes les activités humaines, les pratiques sociales comme les opérations

technologiques, génèrent une réflexion continue sur elles-mêmes qui est immédiatement réincorporée dans les pratiques, ce qui les transforme en permanence. Cette dimension réflexive de la modernité a au premier chef des répercussions sur les sciences sociales, dont les expertises sont directement remobilisées par la société tout en la transformant dans le même mouvement. Giddens remarque que le développement de ce savoir réflexif dans le domaine social ne s'accompagne pas systématiquement d'une connaissance plus sûre de la destinée humaine. Il s'accompagne au contraire de la perte de toute certitude dans les savoirs. Pour Giddens, la plus déterminante des conséquences de la modernité est que la connaissance du monde social « contribue au caractère instable et mutable » de celui-ci » (*Ibid.* p. 51).

La réflexion de Beck sur la société du risque le conduit à réinterroger aussi le statut des sciences de la nature et de la technique. La modernisation de la société contemporaine se traduit par une scientification extrême. Dans la phase réflexive, les sciences sont confrontées à leurs propres produits, à leurs propres insuffisances, aux problèmes qu'elles causent (Beck, *op. cit.* p. 341). Les fondements intrinsèques et les conséquences de la science sont alors soumis à une critique publique mais aussi à une critique et une réflexion proprement scientifiques. Cela entraîne selon Beck une transformation radicale du travail scientifique, une démythification des sciences mais surtout une disparition du monopole scientifique sur la connaissance : « la science devient *de plus en plus nécessaire*, mais *de moins en moins suffisante* à l'élaboration d'une définition socialement établie de la vérité » (*Ibid.* p. 344. Les italiques sont de l'auteur).

Place de l'expertise scientifique dans la décision

Ce double phénomène de scientification de la politique et de politisation de la science, qui rend obsolète le schéma classique de Max Weber distinguant le savant qui fournit des connaissances certaines de l'homme politique qui décide en fonction des valeurs qu'il représente, a depuis longtemps été mis en évidence à propos de l'écologie et des sciences de l'environnement (Theys et Kalaora 1998). Dans le même temps que les modèles de description de la réalité écologiques se complexifiaient, les sciences de l'environnement étaient confrontées à une demande sociale d'explication très forte. De « science de la parcelle », l'écologie devait se transformer en « science de la planète », avec tous les risques de confusion d'échelle et de naturalisation de la société dont parle Le Bras (1994). Selon Theys et Kalaora, les sciences de la nature ne peuvent relever des mêmes critères de scientificité que les sciences traditionnelles. Dans le domaine de l'expertise, les sciences de l'environnement sont confrontées à un grand nombre de questions trans-scientifiques, c'est-à-dire qui peuvent être élaborées dans le langage de la science, mais auxquelles celle-ci, en théorie comme en pratique, ne peut apporter de réponses satisfaisantes. Les effets sur la santé de faibles doses de radiation nucléaire en sont un exemple (Weinberg 1972). Dans ce domaine, le statut de l'expert est d'emblée bouleversé : il n'est plus celui qui doit fournir des solutions ou formuler des impératifs. Il doit « donner les termes qui rendraient possible cette négociation infinie sur les valeurs qu'instituent le thème et les pratiques de l'environnement » (Ewald 1998).

En prenant l'exemple des normes de rejets de polluants ou de produits chimiques, (Callon et Rip 1998) mettent en évidence que les décisions concernant l'environnement constituent des groupements hybrides constitués d'humains et de non humains, d'acteurs sociaux et d'artefacts techniques qui servent à médiatiser les relations entre de multiples acteurs : usagers, scientifiques, politiques, industriels ... (Callon, Lascoumes et al. 2001) ont généralisé ces *forums hybrides* aux controverses socio-techniques, c'est-à-dire aux disputes et conflits portant sur des thèmes à dominante scientifique ou technique (enfouissement de déchets nucléaires, épidémie du SIDA, maladie de Creutzfeld-Jacob, pollution à la dioxine, ...). Pour eux, l'analyse de ces controverses indique la nécessité de passer d'une démocratie délégative à une démocratie *dialogique*. Celle-ci est sensible à une autre manière de construire la vérité. La recherche de connaissances doit s'ouvrir à

d'autres sources que celles de la science faite et laisser sa place à une recherche de « plein air », c'est-à-dire aux connaissances pratiques des acteurs de terrain à côté de la « recherche confinée » des laboratoires et des institutions. Mais la composition du collectif doit aussi être remise en cause en permanence et laissée ouverte aux parties prenantes et aux groupes émergents. Selon (Callon, Lascoumes et al. 2001) la controverse socio-technique est un outil d'exploration à la fois « des mondes possibles » comme les auteurs nomment la recherche des problèmes qui se posent et des options et solutions envisageables, mais aussi de l'inventaire des identités des acteurs qui se découvrent concernés et impliqués par un projet. C'est aussi un outil d'apprentissage par échanges croisés entre profanes et spécialistes, entre élus et citoyens. La population concernée n'est pas définie a priori, elle s'invente au cours de la controverse. Les identités des différents groupes ne sont pas révélées par la controverse, elles s'y construisent.

Le jeu politique traditionnel est alors bouleversé. Alors que l'approche traditionnelle voulait que les représentants élus fussent seuls légitimes à prendre des décisions, et les experts qualifiés seuls compétents pour donner un avis informé, le modèle des forums hybrides, construit à propos des controverses socio-techniques auxquelles institutions et procédures traditionnelles ne savent pas répondre, laisse supposer que sont remises en cause radicalement ces deux coupures anciennes, entre les spécialistes et les profanes d'une part et entre les politiciens professionnels et les simples citoyens d'autre part (Callon, Lascoumes et al.).

Crise environnementale et lien à la nature

Les questions que pose le risque aux sociologues trouvent un écho chez les écologues confrontés à ce que l'on peut appeler la crise environnementale (Larrère et Larrère 1997). Celle-ci se manifeste par l'apparition d'une conscience des dommages importants, ponctuels ou structurels, que les sociétés humaines causent aux milieux naturels à l'échelle de la planète. Une de ses dimensions est l'apparition et la diffusion de l'écologisme, ensemble des mouvements sociaux organisés pour préserver la nature et lutter contre les nuisances de la société industrielle.

Les tendances récentes de l'écologie scientifique mettent en avant l'hétérogénéité et l'historicité des systèmes écologiques. L'écologie du paysage apparaît comme un premier moyen de prendre en compte l'hétérogénéité des systèmes écologiques en les envisageant comme des systèmes spatialisés, situés dans une hiérarchie de niveaux d'organisation emboîtés à différentes échelles et soumis à des rythmes de fonctionnement différents. Une seconde proposition est celle de l'écologie des perturbations, qui ne considère plus la perturbation, qu'elle soit d'origine naturelle ou anthropique, comme un accident dommageable à l'équilibre des systèmes naturels mais au contraire comme le facteur essentiel présidant à leur organisation et à leur renouvellement. Selon cette approche, tout système écologique a une histoire, et une mémoire de ses perturbations passées. Il ne s'agit plus de penser en termes d'équilibre, mais de processus et il faut s'attacher à établir une typologie des perturbations, en fonction de leur ampleur, de leur fréquence, de leur origine et de leurs cibles. Les activités humaines sont alors réintégrées comme un type particulier de perturbation, souvent plus régulière et plus continue, qui contribue à l'histoire des paysages écologiques complexes. La vision classique d'une dynamique écologique naturelle, gage de stabilité et de diversité perturbée par une activité humaine déstabilisatrice et uniformisante ne tient plus. Dans certains lieux et dans certains temps, comme les régions tempérées, l'homme peut devenir provisoirement le garant du maintien d'une diversité ou d'un équilibre partiel et fragile (Jollivet et Lepart 1992). En cela l'écologie, comme le remarquent Larrère et Larrère (*op.cit* p. 154) réinscrit les sociétés humaines dans la nature, tout en les privant d'outils pour piloter leurs interventions. A un premier niveau, en insistant sur la dimension historique, sur la nécessité de prendre en compte les activités humaines pour la compréhension des phénomènes écologiques, en relativisant les notions d'équilibre et de mécanisme régulateur, elle devient incapable de fournir des

guides clairs pour l'action. A un second niveau, elle se trouve confrontée à une boucle réflexive : pour comprendre la nature sur laquelle elles agissent, les sociétés humaines doivent être capables de penser leur action sur la nature. Les écologues sont donc conduits à réintégrer les sociétés humaines comme un facteur des processus naturels, mais aussi à naturaliser les artefacts produits par les sociétés humaines : tous les dispositifs, les objets techniques, les déchets, les gaz créés ou émis par les activités humaines ont un avenir naturel, ils demeurent dans le monde et sont soumis à des processus naturels que l'homme ne maîtrise pas.

Les enseignements tirés en final par les auteurs nous paraissent synthétiser une conception assez largement partagée par les écologues. Bien qu'irréductible à un animal purement biologique de par sa dimension indissociablement langagière et sociale, l'homme ne peut pas être envisagé comme extérieur ou détaché de la nature. Mais, il faut intégrer aussi dans celle-ci les créations techniques des hommes, la "technonature". La nature a une histoire longue, à la fois autonome et de plus en plus liée à l'histoire humaine. La nature doit être comprise comme une hiérarchie de systèmes à plusieurs niveaux d'organisation. L'équilibre naturel n'y est pas la règle générale ; il existe des processus de type chaotique. La nature est d'une diversité infinie mais l'écosphère terrestre est rare à l'échelle du cosmos, et l'équilibre actuel est fragile et susceptible dorénavant d'être perturbé par les activités humaines, même si on ne dispose pas de modèles scientifiques qui le démontrent rigoureusement. Dans ce contexte, la protection de la nature devient une tâche moderne (p. 175). L'homme habite une technonature, une nature dont il fait partie (p. 270).

Un nouveau rapport au temps

Les sociétés contemporaines instaurent de nouvelles relations à leur passé et à leur futur. Il est frappant de constater que dans une période où l'innovation technique n'a jamais été aussi rapide, les événements tragiques du siècle passé tiennent une place très grande dans les débats publics à travers les commémorations, reconstitutions romanesques ou cinématographiques, les procès et polémiques. On en est venu ainsi à parler de « devoir de mémoire » ou de lieux de mémoire. A travers ses réminiscences, la contribution essentielle du passé à la constitution des identités individuelles et collectives est devenu une idée admise. On admet aussi que le passé puisse nourrir des principes d'action dans le présent, pourvu, comme le dit Tedorov (2001) qu'il ne soit ni sacralisé, c'est-à-dire isolé dans le souvenir comme un événement sans rapport avec aucun autre, ni banalisé c'est-à-dire assimilé abusivement à des événements contemporains. Ce nouveau rapport au passé s'exprime en particulier à travers le rôle clé que le patrimoine a pris depuis les années 80 dans les politiques territoriales. Le patrimoine est maintenant devenu un objet d'étude, pour les historiens bien sûr, mais aussi pour les sociologues, les juristes et les économistes (Rouso 2003). On a interrogé ou critiqué de multiples côtés les abus, les limites et les incohérences de la patrimonialisation, processus permanent d'inventaire, de classement, de valorisation dont les objets et les modes d'intervention varient avec le temps (Debray 1999). On a aussi dénoncé la recherche vaine d'une authenticité introuvable qu'elle sous-tend souvent (Bourdin 2000). La patrimonialisation, envisagée comme la projection d'un héritage du passé vers le futur, n'en reste pas moins un facteur indiscutable d'élaboration contemporaine de sens, de valeurs et d'identité collective. Au centre des thématiques de l'aménagement du territoire, ne se trouvent plus simplement l'urbanisme et les autoroutes du présent et du futur, mais les signes et les objets du passé et la culture locale. La patrimonialisation devient alors le support d'une production collective locale et de la création d'une identité territoriale. Cette patrimonialisation touche les domaines les plus divers et s'étend à des objets immatériels comme le paysage, les recettes de cuisines et la collecte d'expressions culturelles ou sociales oubliées des lieux. Le vivant est aussi concerné. Des espèces animales ou végétales sauvages sont aussi préservées en tant que patrimoine. Comme le remarque Viard (1990 p. 137), la patrimonialisation de la nature sauvage peut être aussi comprise comme un marquage du temps, une mise en exergue du *pré*humain autant que du *non*humain. Comme la technique, la

nature est universalisante. Pour lui, autant le patrimoine culturel renvoie à l'identité d'un groupe social et culturel donné, autant le patrimoine naturel est d'essence planétaire et devient patrimoine de l'humanité. Mais cette idée doit être nuancée. La patrimonialisation du vivant concerne aussi des espèces domestiques, végétales ou animales, qui sont liées à des pratiques sociales anciennes (chevaux de traits, ânes, ...) ou à des produits et des plats locaux (vigne, pommes de terre). De la même manière, cet autre objet patrimonial émergent qu'est le paysage n'est pas un lieu mais un regard sur un lieu, comme on l'a vu dans le Parcours 2. Or, contrairement à ce qu'écrit Viard, les schèmes de regard ne sont pas universels et il n'y a pas de raison de postuler que les mêmes paysages feraient sens pour tous. La patrimonialisation des paysages peut donc dans de nombreux cas se comprendre comme une expression locale. Contrairement au patrimoine naturel, le patrimoine paysager suppose d'ailleurs une hybridation des milieux et atténue la séparation des productions humaines et de la nature (Larrère et Larrère, *op. cit.* p. 206).

Dans les sociétés contemporaines, cette dimension patrimoniale se projette dans le futur. Un des objectifs du développement durable, qui devient la référence obligée des politiques territoriales, est ainsi la transmission dans des conditions correctes de l'héritage reçu des générations passées aux générations futures. Cela ne peut se comprendre si on ne perçoit pas que le rapport au futur des sociétés contemporaines a aussi évolué. Comme le dit Giddens, l'étirement spatio-temporel de la modernité fait que le futur est considéré comme essentiellement ouvert. Une pensée futuriste et projective est possible non pour prévoir le futur, mais pour inventorier les futurs possibles. C'est le rôle de la prospective de tenter d'anticiper pour éclairer l'action (Godet 1991). Cette construction de vision globale, volontariste et à long terme fondée sur des scénarios est de plus en plus utilisée dans une logique territoriale (Delamarre 2002).

Moins que des constats généraux, ces analyses à longue portée doivent donc être comprises comme des tendances profondes de nature largement hypothétique, des tensions qui travaillent la société de manière lente et souterraine. Elles ne contribuent pas à une réorganisation complète et instantanée de celle-ci. Au contraire, les relations et pratiques émergentes s'imbriquent avec les anciennes et les nouvelles références désaxent les modes de vie et de décision traditionnels.

1.2. Territoire et localité contemporains

Ces transformations générales ne jouent pas indifféremment et partout. Mais elles contribuent localement de manière différenciée ou décalée à changer à la fois les territoires et les systèmes territoriaux¹.

Territoire, mixité sociale et mobilité

Le partage de l'espace entre les groupes sociaux est une question centrale de l'aménagement. La mixité sociale des territoires constitue un objectif politique consensuel, même si les pratiques de la gestion urbaine vont souvent en sens contraire (Esprit 2004). C'est aussi une question scientifique complexe. Pour certains auteurs, une dynamique ségrégative générale est en marche dans la société française, liée à une paupérisation d'une partie des classes moyennes (Guilluy et Noyé 2004). Donzelot (2004) décèle une tendance générale à l'émergence d'une ville à trois vitesses : les classes les plus pauvres reléguées dans les "quartiers sensibles" des anciens grands ensembles et les anciens quartiers ouvriers en périphérie proche des pôles urbains, ou bien repoussées dans les périphéries les plus lointaines des agglomérations; les couches moyennes périurbanisées dans la recherche de l'entre-soi et le refus du modèle des cités; enfin les classes supérieures et les

¹ Nous sommes bien conscients du volume gigantesque de la littérature scientifique qu'il faudrait compiler sur ce sujet pour discuter chacun des points qui suivent. Mais ce cadrage est nécessaire pour replacer la question de la planification territoriale dans sa problématique d'ensemble.

« hypercadres » gentrifiés dans les centres-villes et quelques banlieues au cadre de vie favorisé. Il est possible de chercher à mesurer cette ségrégation à partir des données disponibles, mais cette mesure dépend beaucoup du phénomène que l'on étudie, du niveau géographique que l'on choisit et des indicateurs d'homogénéité que l'on retient. François et Ribardièrre (2004) montrent ainsi les différents visages de la ségrégation par le revenu en Ile-de-France, selon qu'on la visualise au niveau infra-communal ou au niveau communal. La carte des revenus par commune en Région parisienne est bien connue ; un phénomène nouveau, qui confirme ce que dit Donzelot, est l'apparition dans les communes de l'extrême couronne périphérique d'une prédominance de ménages aux revenus moyens et faibles. L'analyse à partir des unités infracommunales de l'INSEE montre que les communes très riches et très pauvres ont une homogénéité interne plus grande que les communes à revenus moyens. Il n'y a pas de quartiers très pauvres dans les communes riches ni de quartiers très riches dans les communes pauvres. Les communes des classes moyennes semblent donc plus homogènes mais elles se caractérisent souvent par une ségrégation interne forte, avec les quartiers les plus favorisés très nettement séparés des quartiers les plus pauvres. On pourrait donc en conclure qu'il existe une permanence de type fractal de la ségrégation. A chacun des niveaux, régional, communal, quartier, les riches et les pauvres se sépareraient. Si cette idée est plausible, elle doit être nuancée car elle reste marquée par « la pensée spatiale cadastrale et sédentaire issue des anciennes paroisses » dont parle Viard (Viard 1990). Les individus ne sont pas prisonniers du filet des maillages fixe (Debarbieux et Vanier 2002b). Ils pratiquent plusieurs espaces, les quartiers de la vie quotidienne, l'espace plus large de la commune, qui est aussi l'espace politique de base, et l'espace plus lointain du travail et des loisirs qui peut s'étendre à l'échelle de l'agglomération. Il ne faut donc pas rabattre tous les paramètres de la vie sociale sur l'espace de résidence.

Il est vrai que, contrairement à la mobilité des biens et surtout de l'information, qui connaît à travers les échanges téléphoniques ou électroniques une forte croissance, les indicateurs à propos de la circulation des hommes sont moins univoques. L'augmentation de la mobilité est variable selon l'échelle à laquelle on l'observe et le type de mobilité qu'on étudie : migrations de travail, pendulaires ou définitives, voyages de loisirs, distance domicile-travail... (Veltz 2002) rappelle quelques chiffres. A l'échelle mondiale, les migrations, même en provenance des pays les plus pauvres, sont beaucoup plus faibles actuellement qu'au XIX^e siècle. Les Français ont moins déménagé dans les années 80 que dans les années 70. Seuls 1,5 % des Européens vivent dans un autre pays que celui de leur naissance et l'élasticité de la migration par rapport au salaire est 25 fois moins élevée en Grande-Bretagne qu'aux États-Unis, pays où par ailleurs la mobilité géographique a diminué entre 1950 et 1999 (Castells 2002). En regard, on peut remarquer que les voyages aériens professionnels ou touristiques sont en très forte croissance et une enquête du CREDOC citée par (Bourdin 2000) montrait que la distance annuelle parcourue par un français est passée de 9 100 km en 1982 à 14 600 km en 1998. Toujours selon Bourdin, la distance moyenne du domicile au travail est aussi passée de 7 à 11,5 km entre 1975 et 1990. Enfin 58 % des actifs travaillaient en dehors de leur commune, soit 35 % de plus par rapport à 1975. Par ailleurs, même si la mesure objective de la mobilité spatiale est complexe, la montée de sa valorisation sociale ne fait aucun doute. Avoir voyagé, ne pas être enraciné dans son lieu de naissance sont des signes perçus plutôt favorablement dans la société contemporaine. Par ailleurs, d'autres formes de mobilité non spatiale ont aussi explosé. La montée du chômage et des contrats à durée déterminés, le nombre croissant des divorces sont des signes de la « flexibilité » croissante de la vie moderne. Même si le cadre géographique reste le même, les cadres de l'existence sont plus précaires.

La plupart des chercheurs sont d'accord pour constater un effacement de la proximité géographique dans la structuration du lien social et une dissolution des communautés de résidence (Castells 2002). L'urbanisation, au sens de Rémy et Voyé, *op. cit.*, s'accompagne d'une relativisation du poids du contrôle qu'ils appellent « écologique », basé sur l'intervisibilité et l'interconnaissance des individus d'un groupe à travers toutes leurs activités, qui caractérisaient les situations non

urbanisées, qu'elles soient urbaines ou campagnardes. Pour eux, la dévalorisation des relations de voisinage n'est pas simplement une conséquence de l'accroissement de la mobilité, mais l'expression d'une volonté de préserver sa liberté et d'éviter des relations dont la proximité et la répétition pourrait devenir contraignantes. On choisit ses affinités. L'anonymat ou le maintien de simples relations de politesses entre voisins sont aussi une stratégie d'échappement au contrôle écologique.

Les enracinements territoriaux ont donc tendance à s'affaiblir. Comme le dit Balandier, « les lieux se défont, des “espèces d'espaces” se font ». La substitution des espaces aux lieux patrimoniaux dans lesquels l'individu se construisait doit alors se comprendre du point de vue anthropologique comme un changement « dans le rapport existentiel à l'espace, des façons de se le représenter, de le construire, de le pratiquer » (Balandier, *op.cit.* p. 65.). S. Roché parle de « libération géographique » (Roché 2004). Ce n'est pas que le quartier ou le village n'existe plus en tant que lieu de vie sociale, mais il faut réévaluer son importance du point de vue des individus et de leurs réseaux. Giddens va dans le même sens : la communauté locale traditionnelle est caractérisée par « l'importance des relations localisées organisées en fonction du lieu, avant que ce lieu ait été transformé par des relations spatio-temporelles distancées » (*op.cit.* p. 109). Même si cette individuation caractérise plus selon Rémy et Voyé les couches moyennes en ascension sociale que les couches populaires ou défavorisées, et si le refus du contrôle écologique est plus perçu ou revendiqué que réel, il correspond à un modèle social général, relayé systématiquement par les médias. Au modèle « d'harmonie dans la hiérarchie » entre populations à niveaux sociaux différents, qui caractérisait les situations non urbanisées, se substitue ce que Rémy et Voyé appellent un « modèle de compétition pour l'égalité » fondé sur la comparaison aux autres et la revendication « d'une égalité de traitement et d'accès à ce que l'on considère comme des avantages » (*Ibid.* p.86.). Des stratégies résidentielles différenciées apparaissent. Les ménages qui sont dans une trajectoire sociale ascensionnelle cherchent des lieux de résidence correspondant au milieu social auquel ils aspirent, ou qui bénéficient d'avantages spécifiques, comme un équipement scolaire, qui puissent servir de moyen ou d'ascension ou de maintien social. D'autres ménages sont contraints de s'accommoder de leur quartier originel de résidence. Le très célèbre article de (Chamboredon et Lemaire (1970) illustre les stratégies résidentielles différenciées des groupes sociaux habitant les grands ensembles des années soixante.

Même si une logique de ségrégation sociale est à l'œuvre, et que se rassemblent les ménages qui se ressemblent, il ne faut pas en conclure trop vite à l'homogénéité sociale des espaces. La population d'un quartier ou d'une commune peut apparaître homogène selon des indicateurs globaux définis à l'échelle de l'agglomération (population d'origine étrangère, niveau économique et culturel). Les logiques d'individuation font qu'elle se différencie sur des plans moins globaux : choix professionnel ou de scolarisation, dynamique résidentielle, modèles culturels... Même les quartiers défavorisés des villes françaises gardent une certaine hétérogénéité et sont le lieu de stratégies résidentielles (Roché 2004). D'une manière générale, hors cas très particuliers des espaces socialement fermés tels que les « Gate communities », qui fonctionnent par cooptation de résidents, et des îlots réduits où se trouvent rassemblées des populations très pauvres et marginalisées, les territoires se caractérisent la plupart du temps par la coexistence de modèles culturels différents, soit qu'y cohabitent des ménages à différents moments de leur stratégie résidentielle, soit que se manifestent à l'intérieur d'un milieu social homogène des projets personnels différents. Le territoire de la gestion et de la planification, qu'il soit communal ou supracommunal, est donc la plupart du temps composé d'entités non seulement socialement très différentes, mais culturellement hétérogènes.

Cette différenciation socio-spatiale des territoires doit être complétée par une autre différenciation plus récente. Pour Viard (1990), un troisième espace émerge à côté de l'espace-ville et de l'espace-

campagne, l'espace-nature, nouveau territoire vide d'hommes, qu'il faut justement protéger de ceux-ci. Pour Viard, l'espace moderne se réorganise dans l'absolu autour de 3 pôles spatiaux : le centre-ville, le village et la réserve naturelle, caractérisés tous les trois par un faible nombre d'habitants et entre lesquels se déploie un espace moyen formé de l'entrecroisement de zones périphériques respectives qui juxtapose banlieues et cité-dortoir, paysage mité et zone urbanisée. La vie contemporaine est faite de migrations quotidiennes, hebdomadaires ou annuelles entre ces trois espaces qui permettent de vivre avec ces trois lieux sans forcément y résider. Cette conception oblige à renouveler les politiques d'aménagement en prenant en compte les problèmes spécifiques de cet espace-nature et la manière dont il se relie aux autres espaces.

La transformation de la localité

Le discours sur la mort du local et la dissolution des territoires est déjà ancien. L'éclatement des formes villageoises traditionnelles de vie sociale touchées par l'exode rural, la rénovation des vieux quartiers populaires des grandes villes (Coing 1966), les phénomènes de la rurbanisation ont été très tôt pointés comme des exemples de la déterritorialisation qui caractérise les sociétés industrielles dès l'après guerre. La littérature sur la vie et mort du local suite à la valorisation de la mobilité et l'individuation est régulière. Les nouveaux instruments de distanciation spatiotemporelle sont souvent accusés de tuer les lieux. Une ligne TGV, une autoroute sans échangeur nient les localités traversées qu'elles ne connectent pas. Les systèmes de communications permettent de s'abstraire d'un lieu et d'avoir accès à des ressources locales lointaines sans y être réellement présents. Certains auteurs pronostiquent ou dénoncent la mort du local et la généralisation d'un mode de vie détaché d'enracinements profonds dans des lieux. Chaque individu se construit un univers et sa localisation lui importe peu, pourvu qu'il ait accès par différents réseaux aux ressources dont il a besoin. Le territoire laisse alors la place au réseau et la localité à l'accessibilité. L'espace contemporain se caractérise par une prolifération de "non-lieux", des espaces constitués en rapport à une fin précise (transport, transit, commerce, loisir) avec lequel l'individu entretient dans la solitude des rapports de type « contractuel » (Augé 1992). L'habitant devient un résident et le déracinement géographique et social s'accompagne d'une banalisation et d'une réification des lieux, et d'une uniformisation des espaces publics, réduits à de simples fonctions de circulation/consommation répondant à des programmes préformatés : routes, parcs de stationnement, rues commerçantes piétonnes, hypermarchés, centres historiques, espaces de loisirs, musées ...

On trouve sous la plume de Magnaghi (2003) une bonne illustration récente de ce discours apocalyptique déjà présent dans les travaux de Lewis Mumford sur le caractère déshumanisant, normalisant, uniformisant et abstracteur de la métropole contemporaine, son indifférence à l'identité des lieux, sa négation de la diversité et sa croissance infinie dans un programme fondé sur la répétition, jusqu'à la « *cosmopole* » identiquement reproduite à l'échelle mondiale » (Magnaghi, *op. cit.* p. 15). Cette multiplication des non-lieux a en effet des conséquences sur les lieux eux-mêmes, ceux qui sont porteurs d'une culture localisée dans le temps et dans l'espace. En effet, l'éclatement de la vie du résident entre différents lieux affaiblit l'attachement aux lieux d'habitat, qui sont « traversés par des flux d'objets et de fonctions qui lui sont étrangers et qui le dégradent » (Magnaghi, *op. cit.* p. 17). Selon cette acception, la localité, en tant qu'entité unique originale avec les caractéristiques, les potentialités, les contraintes et l'histoire propres d'un lieu, est donc progressivement vidée de son être par le rouleau compresseur de la métropole contemporaine. L'attachement persistant aux lieux peut alors être perçue comme l'écho nostalgique d'un passé révolu, ou le discours marketing habillant d'une appellation pseudo-locale un morceau d'espace fonctionnel et standardisé.

On peut au contraire affirmer avec Bourdin (Bourdin 2000) que la localité continue d'exister sous une forme « mondialisée » qui ne s'inscrit plus dans un territoire structuré, emboîté hiérarchiquement dans d'autres territoires, mais qui découle « d'un processus permanent, réflexif et sociétal de délocalisation, de relocalisation et de définition des formes territoriales ». Au système ancien d'appartenance de la communauté à base territoriale succède la coexistence de multiples systèmes d'appartenance en recomposition permanente. Comme exemples, Bourdin propose ainsi le groupement patrimonial des résidents en fonction de leur intérêt foncier ou immobilier, le territoire thématique (regroupement en fonction d'une orientation sexuelle, d'un loisir ou d'un âge commun), le territoire ethnique ou même un modèle d'appartenance ouvert, dans lequel les individus puisent comme des consommateurs en fonction de leurs besoins ou du moment. La mobilité obligée ne succède donc pas à la non-mobilité obligée, « la non-mobilité devient un des choix possibles de la mobilité » (Bourdin, *op.cit.* p. 163). Plutôt donc d'envisager la localisation comme un état ou une caractéristique, il est alors plus juste de l'envisager comme un processus ou une action, dont la réalisation dépend à la fois des objectifs et des ressources dont disposent les acteurs, qu'ils s'agissent d'entreprises ou de ménages. Toute action de localisation, le choix d'une résidence principale ou secondaire, d'un lieu de shopping, d'un collège pour les enfants ou d'une destination de voyage devient, au même titre que la localisation d'une nouvelle usine, un processus complexe et itératif, combinant collecte d'information, calculs plus ou moins complexes, critères affectifs et références irrationnelles. Le « local surmoderne » dont parle Bourdin devient alors essentiellement un contexte d'action, distingué par un toponyme, un ensemble délimité de ressources et de contraintes plus ou moins inter-reliées. Il est inséparable du processus de localisation, « phénomène instable et universel, d'autant plus instable qu'il est universel et que les relations entre localisation et objectifs sont multiples, s'arrêtant rarement à la seule utilité du lieu par rapport à la réalisation de l'objectif » (*Ibid.* p. 163).

Le fait que la localisation corresponde à un choix a un effet ambivalent. D'une part, cela renforce l'attachement au lieu choisi, mais d'autre part une évolution défavorable par rapport à l'éventail des critères de choix peut générer une délocalisation, et par effet boule de neige une désorganisation du lieu. La force de la relation entre les objectifs de la localisation et le lieu est une garantie de la stabilité à la fois du lieu et de la localisation. Un affaiblissement de cette relation peut générer une fragilisation du lieu, plus ou moins rapide en fonction de l'intensité de la mobilité. La conceptualisation que propose D'Aquino, à partir de ses travaux sur le développement local au Sénégal, donne un cadre pour penser cette ambivalence du local contemporain (d'Aquino 2002). C'est en effet parce que les réseaux sociaux dans lesquels sont engagés les individus deviennent prédominants, que la proximité spatiale devient synonyme de diversité sociale, de pluralité d'enjeux et d'intérêts, de capacité à rassembler des groupes sociaux différents dans une arène démocratique (*op. cit.* p. 7). Le lien spatial reste le garant fondamental de la souveraineté démocratique, et le territoire apparaît comme un espace de débat entre réseaux sociaux.

Ces deux conceptions correspondent, nous semble-t-il, plutôt à des idéal-types, des descriptions de cas limites. La tendance à la croissance indéfinie et indifférenciée est en effet une des tendances de la métropole contemporaine, mais il semble exagéré de décrire l'individu post ou sur-moderne comme un parfait nomade se branchant en fonction de ses besoins sur un nœud de réseau, plutôt qu'élevé dans un lieu investi d'affect et d'histoire. Cette délocalisation de la vie ne concerne pas indifféremment tous les individus, quel que soit leur groupe social ou d'âge. La mobilité caractériserait plutôt, évidemment dans des contextes opposés, les très très riches et les très très pauvres. Par ailleurs, cette délocalisation n'est pas totale. C'est plus un mode de conduite qui vient s'ajouter à d'autres modes plus anciens, organisés par la nécessité de la présence physique et l'attention concrète au milieu. Elle permet de rendre compte de l'indéniable banalisation fonctionnelle des lieux, et de la puissance des forces tendant à l'homogénéisation mais elle ne prend pas suffisamment garde aux nouvelles pratiques d'identification et d'attachement qui

peuvent se créer dans les non-lieux de la métropole : centres commerciaux, nouveaux espaces publics... La conception de la localité « mondialisée » est plus à l'écoute de ces formes émergentes de localité et intègre mieux la diversité grandissante des attachements contemporains aux lieux. On peut critiquer son optimisme qui fait des lieux le produit d'une action délibérée (même sous contrainte) d'acteurs divers, et non le produit subi d'une évolution technico-économique globale. Les deux conceptions peuvent aussi être vues comme deux points de vue contraires d'une situation dialogique : des systèmes d'action produisent continuellement du local dans une structure générale qui le voue à une disparition ultime par indifférenciation. Pour Veltz (2002) cependant, il est nécessaire de penser l'articulation entre le local et le global. Il serait faux de concevoir le local comme « un îlot de résistance » à une mondialisation, mécanisme de standardisation des formes de production et de consommation. Le processus en cours n'est pas celui de l'unification des échelles, mais celui du télescopage, du mélange et de l'interprétation généralisée des trois échelles économiques dont parlait Braudel : l'échelle de la consommation courante à court rayon, de l'économie de marché à moyenne portée, et l'économie de la finance et du commerce lointain (*Ibid.* p. 14).

Les rues piétonnes des quartiers historiques des villes européennes sont à cet égard un exemple intéressant. Par sa dimension historique, sa forme urbaine unique (même si elle correspond à un « programme » plus universel) et son épaisseur symbolique, le quartier historique constitue l'essence même de l'espace local. Cependant, les commerces et restaurants de ces rues comprennent de plus en plus d'enseignes appartenant à des groupes nationaux ou internationaux, que l'on retrouve dans d'autres localisations à forte fréquentation, et qui sont attirées ici par le flux des visiteurs. Les souvenirs locaux vendus dans les boutiques pour touristes sont souvent fabriqués à l'autre bout du monde. Des boutiques proposant des produits locaux sont aussi localisées dans ces rues, mais elles sont fréquentées majoritairement par les touristes, les habitants ayant accès à d'autres circuits de distribution plus directs, branchés sur des appareils de production d'ailleurs renouvelés par une demande extérieure croissante. Les quartiers touristiques des villes deviennent des endroits que l'on ne fréquente qu'en dehors de chez soi et, paradoxalement, le lieu le plus représentatif de la localité est devenu celui où l'on ne trouve que des étrangers venant contempler le local se mettant en scène pour l'extérieur. Une exception étant le jour de la fête traditionnelle, souvent marqué par des défilés en costumes d'époque, selon des traditions parfois exhumées et réinterprétées, et qui servent à illustrer les catalogues envoyés aux voyageurs du monde entier. On voit bien à travers cet exemple à peine caricaturé la complexité des figures de ce qu'on en est venu à désigner d'un mot affreux : le « glocal ».

Pour conclure, nous ne pensons pas qu'une société en réseaux viendrait se substituer à une société en territoires. Comme l'écrivent Cambrézy et de Maximy (1995) toute société humaine produit à la fois du réseau et du territoire, et il n'y a pas antériorité d'une forme d'organisation de l'espace sur l'autre. En revanche, il est indéniable que les nouvelles structures technologiques sur lesquelles s'appuient les réseaux bouleversent les structures sociales des territoires.

Local et localisme

Il existe différents types d'entités locales. Le local communautaire est basé sur la définition d'une communauté de naissance à base territoriale, du type de la société villageoise. Le local que l'on peut appeler naturaliste est défini à partir de critères naturels : un bassin versant, un massif montagneux ; les commissions des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux ou certains Parcs Naturels appartiennent à ce type. Le local culturel ou patrimonial se définit sur les bases d'une culture ou d'une histoire commune. Enfin, les circonscriptions sont des formes d'entités locales qui correspondent à des découpages spécifiques, fonctionnels ou administratifs, comme la commune ou le canton. La plupart des auteurs du développement local sont cependant d'accord

pour abandonner une approche substantialiste du local, qui passe par la recherche d'entités préexistantes, pour une approche plus interactionniste, attentive à la manière dont le local est construit par des acteurs. Ce qui fait le local n'est pas une configuration géographique particulière de facteurs de production en un lieu mais une configuration spécifique d'acteurs en interaction avec le lieu. On passe, comme le dit (Veltz 2002) d'une « géographie des coûts, des stocks et des facteurs », à une géographie des organisations et des institutions. Mais, cette approche, contrairement à ce que l'on peut entendre parfois, ne fait pas disparaître les lieux eux-mêmes. Tout lieu est susceptible d'un développement propre, si ses ressources entrent en synergie avec les objectifs et les stratégies d'acteurs. Les entités-lieux continuent donc à exister. Ce qui change c'est la fragilité et parfois la contingence des associations d'acteurs qui les animent. Ce qui change aussi c'est le caractère flou des limites du local et le caractère fluctuant et instable du système d'acteurs associé au lieu. Nous retrouvons ici notre définition du système territorial du Parcours 3, qui « combine les dimensions concrètes, matérielles, celles des objets et des espaces, celles des pratiques et des expériences sociales, mais aussi les dimensions idéelles des représentations (idées, images, symboles) et des pouvoirs » (Di Méo 1998) et qui prend en compte les intérêts économiques ou de bien être, les ancrages territoriaux, les phénomènes d'appropriation sociale, culturelle et existentielle des lieux. La dimension locale ajoute au système territorial un caractère de proximité, de présence potentielle physique des acteurs.

Pour terminer sur la question locale dans les sociétés contemporaines, il est important de rappeler que l'idéologie du local, le localisme (Bourdin), reste très puissante. Les principales composantes de cette idéologie passent par la valorisation systématique des entités de petite taille au détriment des grandes organisations, le postulat d'un héritage partagé par un groupe social vivant au même endroit, l'idée que toute spécificité constitue un instrument de résistance à une modernité par nature uniformisatrice et que la sociabilité se fonde nécessairement sur la proximité. Le localisme se combine aisément avec ce que Bourdin appelle les idéologies du quotidien qui « valorisent tout ce qui touche l'organisation de la vie quotidienne et à la maîtrise du cadre de vie. Elles reposent sur le refus de l'aléatoire, sur la référence à la notion de qualité et sur la priorité accordée au monde proche par rapport au monde lointain » (*op. cit.* p. 182).

C'est à travers cette idéologie de la maîtrise du quotidien que réapparaissent de manière modernisée les questions du risque et de la sécurité au niveau local. Elle se prolonge aussi avec l'écologisme qui peut apporter alors une ouverture vers l'extérieur, à travers la mise en évidence de systèmes de causalité reliant le local au global. La version communautariste du localisme, fondée sur la valorisation des liens du sang et le rejet viscéral de tout ce qui vient de l'extérieur, n'existe plus guère — si elle a jamais existé — à cette échelle là du moins. La version dominante de cette idéologie est un localisme *doux* (Bourdin), qui ne nie pas la nécessité d'une régulation externe au local, mais qui revendique une prise en compte des intérêts du local au moins égale à celle des intérêts de la société globale, avec des situations variables entre le repli sur le terroir ou la connection à des réseaux externes. On voit cependant émerger un « localisme dur », associé aux nouveaux groupes activistes alter-mondialistes, qui proposent une reconstruction générale de la société contemporaine à partir de structures locales de base interconnectées, dont un manifeste théorique peut être trouvé dans le livre déjà cité de Magnaghi (2003). D'Aquino, *op. cit.* participe aussi de cette mouvance en émettant l'hypothèse qu'il existerait une dynamique locale responsable et autonome permettant l'affirmation d'un processus endogène et démocratique de prise de décision sur le territoire qui s'inscrira dans une diversité d'espaces, du local au mondial, et une diversité de temps, du court au moyen terme¹. Cette démarche ascendante ferait que dans la plupart des

¹ Cette phrase n'est pas à proprement parler une citation de l'article de D'Aquino. Il s'agit d'un collage par nos soins de phrases éparées, mais qui résume à notre avis fidèlement le fond de sa conception.

situations les priorités locales finiront par recouper graduellement tous les enjeux fondamentaux d'un développement durable. Comme le notent (Vivien et Zuideau 2001), les conceptions du développement durable réactualisent en effet des traditions de gestion des ressources de base de type localiste plus anciennes de penseurs comme Le Play ou L. Mumford.

1.3. Le renouvellement théorique et pratique de la planification au niveau local

Nous sommes donc dans la situation paradoxale où les attentes envers la capacité de l'échelon local à résoudre les problèmes principaux de la vie n'ont jamais été aussi fortes et les difficultés de l'action locale aussi complexes. La planification territoriale doit en particulier s'adapter aux nouveaux liens des hommes avec le territoire. Ceux-ci sont à la fois objectivement affaiblis par l'accroissement des mobilités résidentielles et professionnelles et la montée de l'individualisation, et affectivement revalorisés par un attachement aux structures du voisinage et aux paysages du quotidien. La planification doit prendre en charge de nouvelles dynamiques spatiales, de nouveaux types de problèmes et des acteurs aux logiques d'action transformées. Elle s'effectue dans un contexte technologique de gestion de l'information territoriale complètement renouvelé. Cela conduit à une profonde refonte de la conception des politiques et des stratégies qui relèvent traditionnellement de la planification urbaine et de l'aménagement du territoire.

Le nouveau contexte de gouvernance locale

Le terme de gouvernance est bien adapté pour décrire le contexte de la décision locale actuelle, marquée par une multiplication des acteurs, une fragmentation en micro-groupes aux intérêts divergents, une variation très forte dans la mobilisation des citoyens, qui passent rapidement de l'apathie à l'expression conflictuelle. Pour construire et faire aboutir ces projets, une collectivité locale, même puissante, doit discuter avec de multiples organisations publiques ou privées, convaincre des entreprises, négocier avec des représentations professionnelles ou des associations. S'il s'agit d'une communauté d'agglomération, elle doit aussi veiller à la solidité des coalitions des forces locales qui assure une majorité. S'il s'agit d'une commune, elle doit passer des alliances avec d'autres entités pour développer ses projets. La situation française reste marquée par une forte présence, en particulier financière, de l'Etat dans la gestion locale mais nous ne sommes plus dans le système d'échange équilibré de pouvoir entre les notables locaux et les fonctionnaires de l'administration que décrivait Gremion (1976). Le contexte de la gestion locale est de plus en plus marqué par la nécessité, pour faire avancer les projets, de construire des coalitions et des alliances, et donc de veiller que dans le projet commun chacun des partenaires trouve son compte. Cela conduit donc à des politiques plus heurtées, liées à des coalitions d'intérêts changeantes, bien en rapport avec la fluidité des localisations d'acteurs dont nous parlions plus haut. Mais la gouvernance n'est pas toujours synonyme d'accords à la petite semaine, d'objectifs médiocres et de compromis boiteux. En effet, une situation de gouvernance se caractérise par la nécessité de définir des intérêts communs qui soient suffisamment stables et clairs pour permettre de promouvoir des projets à long terme. L'expérience politique de Myron Orfield à Minneapolis-Saint-Paul (Orfield 1997), telle qu'elle est synthétisée par Bourdin, est très intéressante à ce propos. Face à la nécessité de chercher des coalitions et des alliances entre acteurs et entre lieux (villes-centres et vieilles banlieues), à une mobilisation différenciée de groupes divers, philanthropiques, réformateurs ou écologiques en fonction des enjeux et à la nécessité de communiquer activement auprès des médias, une politique urbaine ne peut obtenir des résultats selon Orfield qu'à deux conditions: 1) Qu'elle soit au service d'une vision politique fondée sur des principes clairs; 2) Qu'elle s'appuie sur une connaissance objective de la situation et des problèmes, en particulier une cartographie précise, et que cette connaissance soit communiquée. Paradoxalement, le nouveau contexte de la décision locale passerait par de fortes capacités d'analyse et de conception du territoire d'action, et donc un renouvellement du travail traditionnel de la planification.

Un nécessaire élargissement thématique

Il existe différents types de planification à dimension spatiale (Joliveau, Molines et al. 2000). La planification sectorielle vise à organiser dans l'espace le développement d'un domaine d'activité particulier, selon une forme de rationalité essentiellement fonctionnelle, spécifique à ce domaine (agriculture, transports, équipements scolaires, santé, déchets,...). Un exemple contemporain est celui des plans départementaux de déchets ménagers dont l'objectif est d'organiser dans le temps une série d'actions visant à mettre en place un système cohérent de gestion des déchets dans une aire donnée. Les formes de l'action publique se font traditionnellement de cette manière sectorielle. La planification s'exerce dans un cadre technique et économique bien déterminé : on pourrait parler d'une planification de type « métier », car le type d'expertise mise en œuvre est relativement bien circonscrit à un ensemble de savoirs structurés, techniques et économiques. La planification sectorielle a une tendance récente à étendre son objet : les plans de déplacement qui remplacent les schémas de transports sont ainsi plus attentifs à la prise en compte des usagers, à l'articulation des différents systèmes de transports et aux contraintes de pollution. Cette planification sectorielle est habituellement conduite par les services, centraux ou déconcentrés, de l'État, au niveau de leur secteur d'intervention, plus rarement par des collectivités locales.

Sont apparues aussi depuis les années 70 d'autres démarches qui prennent en charge les relations entre les milieux naturels et l'activité humaine. *La planification des ressources naturelles* vise à organiser la gestion et l'exploitation d'une ressource spécifique telle que l'eau, la forêt, le sol, dans une logique de mise en valeur et de préservation. Elle s'envisage de plus en plus de manière intégrée et entend prendre en compte l'ensemble des fonctions de cette ressource et l'ensemble des usages qui la concernent. L'exemple le plus connu en France est la loi sur l'Eau, qui met en œuvre un cadre de planification/gestion intégrée de la ressource Eau. Mais il existe des actions du même type plus spécifiques, pour la gestion de la forêt au niveau d'un massif ou la gestion de la faune au niveau d'un département. Ce type de planification reste de nature sectorielle, mais il est orienté non vers un métier mais vers une ressource. Il nécessite la combinaison de rationalités diverses, s'appuie sur des expertises renvoyant à des champs scientifiques et techniques multiples. Au Canada et au États-Unis, la méthodologie de ce type de planification est très structurée (Mitchell 1997). En France, un ensemble de travaux très intéressants a tenté de constituer dans les années quatre-vingt à partir des travaux de H. Ollagnon une démarche originale de gestion patrimoniale des ressources naturelles (Ollagnon 1989) (Montgolfier et Natali 1987).

La planification du risque naturel et technologique est aussi à la croisée de l'activité humaine et des phénomènes naturels, envisagée sous l'aspect du danger. Même si les progrès sont lents en France, il existe des procédures spécifiques visant à repérer et évaluer spatialement les différents risques dans une zone donnée (risque industriel, risque inondation, risque avalanche, risque sismique, etc.) et à organiser les interventions. Un corpus méthodologique lié à la planification/gestion du risque est en cours de constitution sous le néologisme de *Cyndiniques*, avec une tentative de constitution d'une science du danger (Kervern 1995).

Ces modes de planification orientés vers un secteur, une ressource ou un risque adoptent des approches spatialisées pour localiser les objets techniques ou naturels qu'elles ont à prendre en compte. Elles essaient d'intégrer une cohérence de l'espace en question mais elles ne prennent pas en compte la globalité du territoire dans ses différentes facettes. On peut regrouper sous le nom de planification spatiale tout un ensemble de démarches (aménagement du territoire, planification régionale, planification urbaine, *physical planning*) qui centrent leur action sur un espace déterminé et visent à l'organisation cohérente et intégrée des projets, équipements et politiques sur cet espace. Cela se traduit souvent par des schémas ou des directives spatialisés, affectant des priorités dans l'espace, allouant des fonctions ou des vocations à différents lieux. La spécificité des approches spatialisées est liée à leur rationalité où la cohérence spatiale de l'ensemble des actions est

prioritaire (et non la logique d'une filière, d'une ressource, ou d'une problématique). La planification spatiale s'appuie sur un corpus méthodologique diversifié et non unifié, intégrant analyse spatiale, cartographie, analyse régionale, etc.. D'inspiration fonctionnaliste, elle a longtemps privilégié l'organisation des sociétés humaines, à travers la mise en cohérence spatiale des logements, des emplois et des équipements divers. Les milieux à dominante naturelle étaient pris en compte sous forme soit d'espaces de production agro-forestière, soit d'espaces de loisir. Ce n'est que très lentement¹ à partir du milieu des années soixante-dix que la planification spatiale et l'aménagement du territoire se sont occupés des enjeux liés aux milieux biotiques et abiotiques, transformés ou non, dans toutes leurs dimensions : sanitaire, sociale, culturelle, économique, politique, etc.. Cette planification que l'on peut appeler environnementale ou écologique ne s'est pas traduite en France par des documents spécifiques de planification, mais par un enrichissement thématique de la planification spatiale traditionnelle. Seule est réellement formalisée l'évaluation environnementale des effets physiques, écologiques, esthétiques, sociaux et culturels d'un équipement ou d'une décision (Simos 1990), qui se traduit de manière incomplète et critiquable par la procédure d'étude d'impact (Parent 1998), (André 1999). Il n'existe donc pas non plus en France, contrairement aux États-Unis ou au Canada, de corpus réellement constitué de méthode de planification environnementale où les démarches connues sous le nom d'Environnemental ou d'Ecological Planning, sans être unifiées, sont reconnues depuis longtemps comme originales et utiles. Les expériences françaises de planification écologiques (Tarlet 1985) datent des premiers âges de cette discipline aux États-Unis, mais n'ont guère été approfondies depuis la traduction des travaux de (Mc Hargh 1980).

Les thématiques et centres d'intérêt de la planification spatiale ont donc beaucoup évolué depuis leur mise en place dans les années d'après-guerre. Alors que les schémas d'aménagement du territoire se voulaient des analyses rationnelles fondées sur les besoins scientifiquement mesurés des populations humaines, les nouvelles approches sont confrontées à d'autres problématiques fondées sur les liens nouveaux analysés plus haut :

- Une problématique environnementale qui intègre les liens à la nature par une prise en compte des impacts des actions humaines sur le milieu biophysique et leurs rétroactions sur la société, mais aussi par l'acceptation de la préservation des milieux naturels pour eux-mêmes, indépendamment des besoins humains directs.
- Une problématique territoriale qui s'appuie sur les valeurs et attachements qui lient les hommes aux lieux.
- Une problématique paysagère qui assume les liens sensibles qui attachent des groupes humains aux objets matériels et à leur répartition dans l'espace.
- Une problématique patrimoniale qui assume les liens temporels qui relient les contemporains à leurs ancêtres à leurs descendants.
- Une problématique de la sécurité liée à l'émergence de la société du risque et de la force des idéologies du quotidien, qui mettent au premier plan le thème de la sécurité individuelle et collective en face de risques naturels, technologiques ou sociaux.

Toutes ces problématiques se chevauchent et se combinent pour rendre plus complexe la planification spatiale, alors que chacune de ses branches donne lieu à des développements très spécialisés : métiers, ressources naturelles, risque. La force de l'idéologie du développement

¹ Pour prendre un seul exemple, le livre publié en 1987 par le Groupe Reclus sur la science régionale et l'aménagement du territoire fait encore l'impasse complète sur la question de l'environnement (Bailly, Guesnier et al. 1987). Quand il y est question de système écologique urbain, il s'agit des modèles d'organisation spatio-économique de la ville.

durable s'explique en partie par le fait qu'il fait tenir sous un seul mot et avec des objectifs d'actions unifiés, un ensemble de difficultés théoriques, pratiques et conceptuelles, en intégrant un autre aspect fondamental que nous laisserons de côté dans ce mémoire, celui du coût des actions et de la dimension économique de la planification. On aborde trop peu la question économique dans les travaux de planification spatiale, alors que c'est souvent le critère premier des choix.

Le projet comme figure centrale de la planification

Les formes de la planification spatiale se sont aussi largement complexifiées et diversifiées au cours des dernières décennies. Le rôle traditionnel de la planification, processus limité dans le temps et répété à intervalles réguliers, était de mettre au point les objectifs que le territoire devait remplir à un horizon donné, ainsi qu'une stratégie pour les atteindre. La complexité croissante des questions de la gestion quotidienne a eu progressivement tendance à vider la planification de son intérêt. Elle est apparue, au niveau local ou national, comme un exercice abstrait, inadapté et inutile car déconnecté des problèmes urgents. La mise en révision systématique des POS dès leur approbation est, entre autres, une bonne illustration de cette évolution.

Les nouveaux pouvoirs locaux issus des lois de décentralisation, confrontés dans les années 80 à la crise économique et à un environnement économique et social plus turbulent, ont eu à résoudre des problèmes pour lesquels les outils technocratiques, formels et rigides de la planification étaient mal adaptés. Il n'était plus question de répartir les fruits de la croissance sur le territoire, mais de créer ou défendre des emplois et d'attirer de nouveaux investisseurs. Les élus se sont donc inspirés des méthodes de la gestion et du marketing pour construire des démarches de réflexion plus souples et plus susceptibles de mobiliser les acteurs socio-économiques locaux ou extérieurs, qui ont pris la forme de projets plutôt que de plans (Ingallina 2001). Les urbanistes et les architectes, à la suite de C. Devillers, qui est intervenu sur la ZUP de Montreynaud à Saint-Etienne, se sont inquiétés de cette multiplication de projets non coordonnés, dont certains pouvaient servir parfois aux élus à donner l'impression qu'ils agissaient. Ils ont plaidé pour un réel urbanisme de projet, plus attentif qu'un urbanisme de programme aux espaces publics, aux spécificités des lieux et à la nature des usages. Ils en sont venus à assumer la fragmentation de l'espace urbain, et à élaborer des projets d'urbanisme à l'échelle de l'espace vécu par les habitants et avec la participation de ceux-ci (Tomas 1997). Le projet urbain est devenu le concept central d'une approche renouvelée de planification stratégique souple, fondée sur une esquisse directrice spatiale et une négociation avec les acteurs. Il apporte une vision prospective plus globale et plus complète que les plans traditionnels fondés sur l'intervention de l'Etat central (Ingallina, op. cit.). Le terme de projet en est venu à désigner indifféremment une action concrète ou une démarche méthodologique. Il s'applique à différents niveaux de planification de la ville, du niveau stratégique (projet urbain global à l'échelle d'une région urbaine), à la programmation urbaine (projet urbain local), à la planification opérationnelle (projet urbain complexe) ou au programme d'opération (projet d'architecture). Il a dépassé depuis longtemps le cadre de la métropole ou de la ville moyenne. On parle de projets de territoire, de projets paysagers. C'est bien un Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) qui accompagne les Plans Locaux d'Urbanisme que la loi Solidarité et Renouvellement Urbain a substitué aux anciens Plans d'Occupation des Sols.

Le projet en est venu à désigner une opération autonome et aux ressources propres, dont la nature et l'ambition peut varier (mise en place d'un dispositif, réalisation d'un équipement, restructuration d'un espace ...) mais qui entend lier dans une solution de continuité l'élaboration d'objectifs, la mobilisation de moyens et la réalisation opérationnelle. Le projet est censé reconnecter réflexion et action, stratégie et mise en œuvre, planification et gestion. Il s'élabore de manière collaborative avec différents partenaires socio-économiques, l'État, les représentants de la société civile. Le projet apparaît comme la structure d'action favorite de la gouvernance, car il facilite la coalition

d'un réseau d'acteurs à travers l'élaboration des objectifs du départ et leur discussion permanente au cours de la réalisation (Bourdin *op. cit.*).

Les exercices de planification proprement dits restent nécessaires, même s'ils sont réformés, pour des raisons légales, mais aussi pour redonner une cohérence à une action locale éclatée en de multiples dispositifs de gestion et de projets. Il ne s'agit plus simplement du travail classique de diagnostic, réflexion stratégique et proposition d'objectifs d'action organisés spatialement que nécessitait l'élaboration d'un schéma d'urbanisme ou d'un plan d'aménagement rural. C'est devenu un ensemble plus divers et moins formalisé d'actions, visant à analyser, anticiper le fonctionnement d'un territoire et à concevoir des principes et une stratégie pour améliorer ce fonctionnement.

Les évolutions théoriques de la planification

Depuis les années cinquante, la planification a changé plusieurs fois de références théoriques en Amérique du Nord. Ces changements ne se sont pas traduits de manière mécanique en Europe, et en France en particulier, mais ils ont contribué cependant à une évolution des principes de planification au cours du temps. A partir d'une bibliographie essentiellement nord-américaine, Côté, Poulin et al. (2002) distinguent ainsi quatre grands paradigmes de planification. La *planification rationnelle* apparaît dans les années cinquante. Elle est fondée sur l'idée que l'action publique doit être guidée essentiellement par la science. La logique est « positiviste, déterministe et linéaire » *Ibid.*. Le débat s'organise entre décideurs politiques et experts. La participation publique n'intervient qu'en fin de démarche pour valider les propositions et vérifier leur acceptabilité sociale. Ce modèle a rapidement montré ses limites, liées à la fois aux lacunes des connaissances scientifiques et à la complexité des systèmes sociaux à prendre en compte. La *planification stratégique* est apparue comme un dépassement de la planification rationnelle. Elle s'appuie sur une démarche d'évaluation (*ex ante* et *ex post*) dans laquelle les avis et connaissances des experts constituent toujours le fondement des décisions mais sont complétés par la consultation de sources externes pour connaître les enjeux. Devant le constat que les planificateurs favorisaient plus certains groupes sociaux que d'autres et éprouvaient des difficultés à proposer plusieurs scénarios alternatifs, Davidoff (1965) a défendu l'idée d'une planification que l'on pourrait qualifier de *pluraliste* ou "*controversielle*". C'est le mouvement de *l'advocacy planning*. Son modèle est celui d'un tribunal, chargé de juger les différents plans présentés par des groupes d'intérêts divergents. Ce système nécessite de financer les groupes les plus faibles pour les aider à élaborer leur propre planification et de former des planificateurs-avocats aptes à défendre leurs intérêts. Cette proposition, qui met au centre la controverse et la confrontation de projets, a subi plusieurs critiques. On lui a reproché la faiblesse de ses fondements scientifiques et sa faible capacité à produire des solutions acceptables et durables, ainsi que son peu de réalisations concrètes. Elle a eu une influence forte sur la culture de la planification américaine et elle a contribué à former des aménagistes et des planificateurs engagés dans les mouvements de contestation urbaine des années soixante et soixante-dix. Le célèbre Atelier Populaire de Roubaix créé en 1969 participe de ce mouvement (Revert, LeLuiric et al. 1978). Ce modèle de la planification sous forme de procès s'est en fait déplacé dans les années quatre-vingt sur son terrain de référence, le droit. On constate en effet à l'époque la judiciarisation des conflits d'aménagement. Si un groupe n'obtient pas gain de cause au niveau politique, il attaque la décision sur le plan juridique. Une association comme l'Atelier Libre d'Urbanisme de la Région Lyonnaise qui s'était constituée dans une logique d'Advocacy planning pour proposer un appui à la création de contre-projets pour les associations s'est ainsi très vite transformée en pourvoyeuse de conseils sur les erreurs de droit servant de base à des recours au Tribunal Administratif (Joliveau 1987).

Enfin, un quatrième type de planification, qu'on appelle en anglais *argumentative, interpretative ou communicative* et en français *interactive ou communicationnelle* ou plus simplement *concertée ou*

participative, est apparue au cours des années 70. Son principe est de s'appuyer sur le dialogue et l'échange d'opinions pour une construction collective des enjeux afin de favoriser l'émergence de projets et de solutions innovatrices et dépassant les intérêts des différents groupes en présence. Un bon résumé des présupposés de ce type de d'approche est donné par Healey (1997 p. 29 (traduit et adapté par nous)):

- Toutes les formes de connaissance sont socialement construites et les connaissances des scientifiques et des experts ne sont pas significativement différentes du raisonnement pratique de l'individu.
- Le raisonnement et la connaissance peuvent prendre des formes différentes, de l'analyse systémique rationnelle à la narration, et s'expriment aussi bien par des mots, des images ou des sons.
- Les intérêts des individus se créent dans un contexte social donné et les individus ne choisissent pas leurs "préférences" de manière indépendante mais y arrivent à travers des interactions sociales.
- La planification doit s'appuyer sur les capacités de raisonnement et les connaissances de tous ceux qui ont un intérêt local à défendre ou promouvoir.

Contrairement à l'*advocacy planning*, la planification communicationnelle écarte tout marchandage entre les différents intérêts en compétition et la confrontation de scénarios liés *a priori* à des intérêts divergents. Elle propose une approche coopérative visant à construire un consensus en partant du principe que cette construction peut servir à construire une culture commune qui sera nécessaire à la coordination des différents acteurs impliqués dans le processus. Ce type de planification est censé répondre à la dimension « réflexive » des sociétés contemporaines. Les procédures d'identification et de formulation des problèmes y prennent une importance fondamentale. Il ne s'agit plus seulement de fournir des éléments de compréhension des phénomènes aux élus et aux élites afin de réguler spatialement sous forme de normes ou de règles les logements, les emplois et les équipements. La planification assume : 1) l'identification en amont des sujets qui concernent ou vont concerner le collectif d'acteurs au sens large ; 2) la définition des problèmes communs et le repérage des ressources de connaissance mobilisables pour les comprendre ; 3) la recherche des solutions et des moyens pour les mettre en pratique (Healey 1997 p. 86).

Ce type de planification s'appuie sur les approches "institutionnalistes" des sciences sociales inspirées de la théorie de la structuration de A. Giddens, qui affirment que les individus qui constituent le monde social construisent leurs manières de voir, de connaître le monde et d'y agir à travers les relations avec les autres et les différents réseaux sociaux auxquels ils appartiennent. La deuxième référence est l'œuvre d'Habermas dont on peut résumer (scandaleusement) les théories de l'agir communicationnel et de l'espace public en disant qu'il tente de fonder rationnellement la possibilité d'un débat sur les affaires publiques ouvert à tous, dans lequel les échanges d'arguments conduisent les participants à s'entendre, de façon à interpréter ensemble la situation et à s'accorder mutuellement sur les décisions à prendre. Pour les défenseurs de la planification communicationnelle et participative, la diversification de ces réseaux dans le monde contemporain fait que les conflits dans les espaces locaux sont moins liés à des différences d'intérêts ou d'enjeux entre individus, qu'à des différences de culture, de systèmes de pensée, d'action ou de connaissance. Même les manières de construire les objets du conflit, de les définir et de les discuter diffèrent. La dimension collaborative de la planification spatiale a donc comme objet principal de créer par le débat des liens entre ces multiples réseaux, correspondant à des logiques variées de localisation. Il s'agit comme le dit Healey de gérer la co-existence dans des espaces partagés.

La planification participative tente d'assumer le nouveau fonctionnement de la société locale dont nous parlions plus haut. Elle a affaire à des groupes sociaux diversifiés, des individus "multi-appartenants" (Ascher 2001) porteurs de stratégies différenciées, des territoires socialement et spatialement hétérogènes, théâtres d'expression d'une diversité mouvante d'intérêts et d'enjeux. Comme le dit Healey, lieux et cultures ne coïncident plus. Il n'existe plus de culture locale homogène. Des groupes aux traditions, aux modes de sociabilité, aux objectifs différents coexistent et cohabitent dans des lieux. Des conflits ou des dissensions entre différents groupes locaux sont donc susceptibles de se produire, d'autant que l'urbanisation favorise une réduction de la fragilité des sociétés contemporaines au conflit, comme l'analysent Rémy et Voyé (*op.cit.* p. 82). Le conflit peut désormais être localisé, sectorisé. Il est donc en général moins redouté et il est plus facile de rechercher des procédures de conciliation. Le rôle de la planification est alors selon Healey de « donner une forme aux lieux dans une société fragmentée », comme l'indique le sous-titre de son livre.

Selon Healey, les approches traditionnelles, qu'elle appelle "rationalistes", de la planification, se préoccupaient uniquement de l'efficacité des moyens choisis pour arriver aux fins. Une approche institutionnaliste met en plus l'accent sur la manière dont s'élaborent ces fins et ces moyens. Pour reprendre les mots d'Ascher (p. 89), ce n'est plus en fonction de son contenu, de « sa substance effective » qu'une décision peut être considérée comme d'intérêt général mais à travers la manière dont elle se construit, par sa dimension procédurale. Cette dimension formelle peut apparaître discutable et ressembler à l'inversion du proverbe : qu'importe l'ivresse, pourvu qu'on ait le flacon ! Elle s'appuie sur un principe simple. La confiance que les acteurs portent au processus participatif se transmettrait aux résultats mêmes du processus. Cela suppose d'accepter le présupposé fort qui sous-tend ces démarches : la capacité des individus à changer leurs manières de voir et d'agir et à transformer leurs actions si leur cadre de référence change. La planification interactive suppose une dimension importante d'apprentissage collectif de la part des participants.

Le concept de « planification territoriale ascendante », proposé par P. D'Aquino pousse cette logique au bout (d'Aquino 2002). La planification n'est plus pensée comme un moyen d'organiser ou de préparer pour le futur une société locale *déjà là* mais comme un appui à la construction continue du territoire en tant qu'entité socialisée, à la production d'une identité territoriale « active » et, *in fine*, à une appropriation territoriale par les acteurs. Une démarche de planification territoriale ascendante doit donc être pensée comme le support d'une dynamique autonome et endogène de réflexion collective de la société locale pour prendre en charge son territoire. Le rôle du planificateur n'est plus de proposer une thématique pour cette réflexion ni un cadre méthodologique, ni même des hypothèses, des modèles ou des scénarios de développement mais *d'accompagner* « un processus démocratique de décision multiscalair et ascendant de quelque forme qu'il soit » (*op. cit.* p. 17). Il s'agit de fournir les connaissances et les informations techniques et d'assumer « l'incomplétude » et « la relativité » des outils de la planification, qui n'est qu'un processus et pas un produit fini.

Dans tous les cas, comme le remarque Healey, une approche de planification de ce type doit pouvoir intégrer tous les acteurs qui ont un enjeu dans la localité. Ce n'est qu'à cette condition que le travail collectif peut espérer être durable. C'est dans ce cadre que se pose la question de la participation, qui prend une place centrale dans ce dernier paradigme de la planification.

2. La dimension participative de la planification

2.1. Une approche théorique de la participation

*Aperçu d'ensemble*¹

Un phénomène général

La question de la participation est devenue un thème quasi universel qui traverse toutes les sphères de la vie moderne : santé, école, travail, loisir... (Joliveau et Amzert 2002b) , (Joliveau 2002b), Vol. 2 DOC 14). La dimension idéologique que l'on peut associer à la participation est variable. Les groupes écologistes ou altermondialistes ont fait de la démocratie participative un objectif politique. Mais la nécessité de la participation n'est quasiment plus mise en cause par quiconque. La participation, moins qu'une solution, est devenu un problème, une contrainte de la décision contemporaine. Certes, les élus locaux restent souvent très réticents à informer réellement et complètement les citoyens. Sans même parler de partager une simple partie de la décision, celle-ci se fait encore trop souvent dans une ambiance de secret et de dissimulation. Bien sûr, il existe une tradition théorique critique du principe participatif qui trouve ses racines chez Weber (Sintomer 1999) ou Schumpeter (Bouchard 2000). De nombreux biais de la participation sont aussi dénoncés. Elle serait valorisée pour elle-même, indépendamment de ses résultats et du fonctionnement démocratique ; elle créerait des spécialistes de la participation qui s'exprimeraient à la place de la population. On assisterait alors au déplacement de l'expertise et du pouvoir de la société politique à la société civile, sans véritable gain démocratique, car les spécialistes de la participation ne sont responsables envers quiconque. En France, comme on l'a dit plus haut, les observateurs mettent souvent en cause le caractère incomplet et insuffisant de la pratique concrète de la participation. La défense du caractère représentatif de la démocratie n'est toutefois pas antinomique avec le développement de la participation. Callon, Lascoumes et al. (2001) montrent que la représentation politique n'est pas une procédure imparfaite à laquelle on recourt parce que l'assemblée de tous les citoyens ne peut pas être réunie. C'est en fait la condition même du fonctionnement de la démocratie, ce qui la rend pratiquement possible. On peut donc envisager la participation comme une nécessité de la démocratie représentative, indépendamment du fait de savoir si elle constitue ou non un dépassement possible de celle-ci.

Cette généralisation de l'expérience participative a d'ailleurs deux conséquences importantes, qui ne sont pas souvent remarquées. Elle produit au niveau de l'individu une sorte de *devoir* d'implication dans la plupart des réseaux ou systèmes auxquels il est connecté. L'individu multi-appartenant qui se voudrait multi-participatif risque alors de s'épuiser ou de devenir, comme on l'a dit, un "professionnel" de la participation. La vie associative locale est d'ailleurs souvent animée par des militants associatifs inlassables et surbookés investis à la fois dans les associations de quartier, de parents-d'élèves et les structures syndicales et politiques. Par ailleurs, alors que la participation est supposée se construire empiriquement en fonction de besoins toujours différents, elle devient une technique cohérente, obéissant à un modèle bien défini de modes d'intervention et d'interaction. On ne peut manquer de s'interroger sur la contradiction (apparente ?) qu'il y a entre la faveur que connaît le discours participatif et les signes de désintérêt toujours plus nombreux des citoyens pour la vie politique.

¹ Ce paragraphe reprend en les remaniant et en les poursuivant certaines idées présentées et discutées lors d'une conférence-atelier tenue à Montréal en 2002 (Joliveau 2002a).

Définitions

Il existe de nombreuses définitions générales de la participation. Fiorino (1996) citée par Allain (2001) définit comme participation « toute *forme d'implication dans le processus de gestion* d'un système donné *d'acteurs* n'appartenant pas *au dispositif formel* en charge du *pouvoir de décision* sur ce système ». Godbout (1983), cité par Espach (2002), voit la participation comme un « processus d'échange volontaire entre une organisation qui accorde un certain degré de pouvoir aux personnes touchées par elles, et ces personnes, qui acceptent en retour un certain degré de mobilisation en faveur de l'organisation. ». La première définition, plus générale et formelle, met l'accent sur la notion de décision et de système d'acteurs. La seconde se place dans une perspective organisationnelle et insiste sur la dimension d'échange, de contrat passé. Certains auteurs emploient le terme de participatif pour englober tout processus décisionnel qui intègre des participants d'origine et de statut différents, ce que Van den Hove (2000) appelle un « arrangement par lequel des acteurs de types différents sont réunis dans le but de contribuer de manière plus ou moins directe et plus ou moins formelle au processus de décision ». Le terme de participation publique vient alors spécifier les modes de participation qui engagent des citoyens de base sans qualité particulière. Nous préférons à l'inverse parler au niveau général de *processus collaboratifs* et réserver le terme de *participatifs* aux processus collaboratifs qui intègrent à côté ou parmi les participants officiellement en charge d'une décision (par hiérarchie, par délégation ou par représentation) d'autres participants qui ne sont en charge d'aucun pouvoir formel dans ce processus. L'observation des modes de décision à l'œuvre dans les conseils municipaux des communes françaises montre que le développement d'un mode de décision collaboratif, intégrant tous les élus (même simplement ceux de la majorité politique) est une nécessité au moins aussi forte que le développement de la participation des citoyens (Gontcharoff 2001).

Les types d'acteurs impliqués dans un processus de participation sont divers. Ils peuvent être classés de multiples manières, en fonction de leur rôle dans le système en question ou de leur pouvoir d'action dans celui-ci. Il peut s'agir d'individus isolés ou organisés en groupes. On distingue souvent les acteurs qui décident (responsables, gestionnaires, élus, politiques,...), ceux qui savent (experts, techniciens, spécialistes, scientifiques, ...) et ceux qui sont concernés, intéressés à la décision, les stakeholders (porteurs d'enjeu) en anglais, qu'on appelle aussi parties prenantes ou intéressées : le public, les habitants, les usagers, les citoyens, les administrés, les entreprises, le secteur privé, les associations, les groupes d'intérêt. On peut remarquer que la définition suppose implicitement deux types d'acteurs, ceux qui sont dans le système formel et ceux qui sont en dehors. La participation peut être imposée par les seconds, suscitée par les premiers. Elle est nécessairement acceptée par les acteurs formels.

Une question permanente de la participation est donc celle du choix des acteurs à impliquer. En formalisant l'implication d'acteurs extérieurs, une démarche participative ne contribue-t-elle pas à les intégrer dans le dispositif formel de décision ? Ce caractère paradoxal de la participation est fondamental : le dispositif d'une démarche participative est sans arrêt confronté à la question de l'ouverture et du périmètre : y a-t-il de nouveaux acteurs à impliquer ? Les acteurs déjà formellement impliqués doivent-ils continuer à l'être ? Par ailleurs, il faut le souligner, il existe traditionnellement un biais social de la participation, dont les circuits sont dominés d'une manière quasi générale par les individus des classes moyennes, anciennes et nouvelles, les couches intellectuelles, les enseignants, cadres et techniciens¹. La volonté d'ouvrir la participation à toutes

¹ La participation des citoyens au débat public est fonction d'un capital symbolique inégalement réparti entre les groupes sociaux (Gaxie 1978). Cela ne distingue d'ailleurs pas la participation des autres registres de l'action politique (participation électorale, personnel politique, lecture de la presse quotidienne ...). Voir (Blondiaux et Lévêque 1995)

les parties prenantes et à toutes les couches de la population que revendique la planification participative nécessite donc un travail spécifique de mobilisation. Il ne se fait pas naturellement.

Enfin, il faut pouvoir caractériser la forme d'implication des parties prenantes dans la décision. De nombreux classements du niveau d'influence des parties prenantes sur les détenteurs formels du pouvoir de décision ont été proposés. Celui d'Arnstein (1969) est un des premiers, élaboré dans un contexte de prise du pouvoir par les citoyens. Il prend la forme d'une échelle en 8 niveaux. Tout en bas, se trouvent la manipulation et la thérapie, deux formes de non-participation. Ensuite, au niveau de la "participation de pure forme" (*tokenism*), S. Arnstein distingue avec une implication croissante : l'information, la consultation, la conciliation et le partenariat. Enfin, au niveau le plus haut celui du réel pouvoir des citoyens, on trouve le pouvoir délégué et le contrôle par les citoyens. Dans un contexte de maintien de la dimension représentative de la démocratie, on ne conserve souvent que les quatre barreaux de la participation formelle. En changeant les appellations: l'information consiste à renseigner les parties prenantes, la consultation permet à celles-ci d'exprimer un avis séparé, la concertation est un échange d'avis sans partage explicite du choix défini et la co-élaboration correspond à des choix et à une décision finale élaborés en commun (Joliveau, Molines et al. 2000).

La décision

Une procédure de participation se met en place dans le cas d'un processus décisionnel défini. La nature de ce processus peut être très variable. Même si nous nous limitons au domaine de la planification, on a vu que celle-ci empruntait souvent la forme d'un projet pas toujours complètement formalisé. Celui-ci peut concerner la mise en place d'une politique globale, le choix d'une option de développement, ou l'élaboration d'un programme concret d'action. On présente toujours un processus décisionnel sous la forme d'une succession d'opérations cognitives différentes, qu'il s'agit d'effectuer dans l'ordre. Carle (1998) liste ainsi de nombreuses propositions de périodisation en 4, 5 ou même 10 étapes. La typologie d'Herbert Simon est une des plus connues (Simon 1977). Elle est formée de quatre étapes : 1) Renseignement (*Intelligence*) : définition du problème; 2) Conception (*Design*) : recherche, élaboration et analyse des solutions possibles ; 3) Choix (*Choice*) de la solution; 4) Révision (*Review*) : évaluation de l'efficacité des solutions (Jankowski et Nyerges 2001). Pour Sfez (1984) ces périodisations formelles ne sont que des variations plus ou moins sophistiquées d'une séquence simple : préparation/décision/exécution, dont l'objectif est de parvenir à isoler dans le processus un moment clé, celui où un acteur identifiable prendrait LA décision. Or pour Sfez, il n'existe pas de moment de la décision et il n'existe pas de décideur unique. Il faut toujours considérer un processus décisionnel comme déjà commencé et jamais complètement abouti (combien de projets en suspens prêts à renaître ? Combien d'études exploratoires de projets non officiellement lancés ? Combien de projets déjà en exécution qui changent de finalité ?). Envisager la décision comme un processus continu permet de comprendre pourquoi la critique principale énoncée à la participation est qu'elle intervient trop tard, au moment où des choix déterminants ont déjà été faits. Ceci dit, c'est une difficulté théorique pour les nouvelles formes de planification prônées par P. Heasley ou F. Ascher. Il est toujours possible de souhaiter que les habitants, les usagers, les riverains ou tous les acteurs concernés soient associés le plus tôt possible à la décision pour « coproduire le cadre de référence et la formulation même des enjeux. » (Ascher, op. cit.). Mais on peut penser que ce cadre de référence est toujours déjà préconstitué.

S'il reconnaît à Simon le mérite d'avoir montré que la décision est toujours « un processus complexe étalé dans le temps qui se pré- et se sur-détermine progressivement » Sfez (1992 p. 236-240) lui reproche de continuer à fragmenter la décision en phases. Simon répondait en défendant le caractère entremêlé des phases, qui se chevauchent autant qu'elles se succèdent. Il remarquait aussi que chaque phase pouvait elle-même être considérée comme un processus complexe de décision,

susceptible d'être décomposé en une série de phases successives de Renseignement, Conception, Choix, Révision (Carle, *op. cit.* p. 15). Les phases deviennent alors tellement nombreuses et fondues que la procédure de décision en redevient continue. Dans cet esprit, Jankowski et Nyerges (2001) proposent un cadre théorique général susceptible de rendre compte de toute décision stratégique. Tout en reconnaissant la part arbitraire de ce phasage, ils découpent le processus de décision en "macro-phases", qui correspondent aux trois premières phases de Simon, chacune de ces phases se décomposant elle-même en quatre "micro-activités" : A) rassembler l'information, B) organiser l'information, C) sélectionner l'information, D) réviser l'information pour voir ce qui est nécessaire pour passer à la phase suivante (Jankowski et Nyerges 2001 p. 17) (voir Tableau 4-1).

Ce tableau général propose le cadre d'ensemble décrivant de manière théorique tout processus de décision. En colonnes, on trouve les macro-phases et en ligne les micro-activités liées à chaque phase. Ces dernières, si elles ont la même structure, s'appliquent à des objets différents en fonction de la macro-phase (les valeurs, objectifs et critères de la décision, puis les options et enfin les recommandations). Un processus de décision concret suit toutes ces phases mais pas nécessairement chacune d'entre-elles de manière explicite et formelle. Par ailleurs, le processus est itératif horizontalement (macro-phases) et verticalement (micro-activités). Il permet d'avoir une bonne idée de la complexité d'une décision et des différentes modalités que peut prendre la participation à la décision.

<i>Micro-activités de la stratégie de décision</i>	<i>Macro-phases de la stratégie de décision</i>		
	1. Renseignements sur les valeurs, les objectifs et les critères	2. Conception d'un ensemble d'options envisageables	3. Choix des recommandations
A. Rassembler...	<i>les sujets à développer et analyser les valeurs de base pour les objectifs</i>	<i>les premiers critères comme base d'élaboration des options</i>	<i>les scénarios selon les valeurs, les critères et les options pour une évaluation</i>
B. Organiser...	<i>les objectifs qui serviront de base aux critères et contraintes</i>	<i>et mettre en oeuvre une approche d'élaboration des options</i>	<i>et une approche d'élaboration des priorités et de l'analyse de sensibilité</i>
C. Sélectionner...	<i>les critères nécessaires à l'analyse des différentes options</i>	<i>les options envisageables</i>	<i>les recommandations correspondent à une première liste d'options</i>
D. Réviser...	<i>les critères, ressources, contraintes</i>	<i>les jeux d'options en fonction des ressources et des contraintes</i>	<i>les recommandations en rapport avec les valeurs et les objectifs</i>

Tableau 4-1. Un exemple de stratégie macro-micro de décision participative (source : Jankowski P. et Nyerges T. L. (2001). P. 17)

Les formes de la participation

Les formes que peut prendre la participation sont extrêmement variées. D'Aquino (2002) défend même l'idée que chaque problème a son contexte particulier qui nécessite l'adoption d'un dispositif ad hoc. De nombreux auteurs se sont pourtant attelés à l'élaboration de grilles de critères plus ou

moins complexes permettant de classer l'ensemble des actions ou les méthodes participatives observables (Van den Hove 2000),(van Asselt, Mellors et al. 2001). Ces critères s'appuient entre autres sur le cadre institutionnel de l'action, la nature du problème à traiter, le contexte social culturel et politique de l'action, le nombre et le type de participants, les modes de structuration du processus, les effets attendus de la participation, etc.. La grille la plus complète est celle de Jankowski et Nyerges (2001). Elle comporte 25 catégories regroupées en 8 ensembles. Nous ne développerons pas cette dimension typologique, qui est cependant indispensable à la structuration d'une recherche systématique et comparative sur les processus de participation.

Un autre aspect est l'apparition de dispositifs standardisés d'organisation de la planification participative. Leur niveau de formalisation est variable. Certains suivent des procédures contraignantes ou des cadres méthodologiques fixes ; d'autres sont plus des contextes d'action, dans lesquels il est possible d'inventer. On peut citer : les enquêtes publiques, les ateliers multi-acteurs, les audiences publiques, les conférences de consensus, les dialogues de politique, les exercices de simulation de politiques, les "focus groups", les forums de réflexion, la gestion concertée, les groupes consultatifs, les interfaces experts/décideurs, les interviews délibératives, les jurys de citoyens, la médiation, la négociation réglementaire, les panels de citoyens, la prospective concertative, la modélisation participative, les approches participatives stricto-sensu ... Nous ne pouvons les décrire ici. Van den Hove (*op. cit.*) propose une bonne définition de la plupart d'entre-eux. Ces dispositifs sont souvent caractéristiques d'un domaine d'application particulier. Tous ne sont pas utilisés pour des problèmes locaux, mais certains pourraient l'être.

Peu de dispositifs participatifs sont encore réellement employés dans une problématique territoriale. On peut citer essentiellement les enquêtes publiques, les audiences publiques et les ateliers multi-acteurs. L'enquête publique française est le mode classique d'intégration de l'avis des citoyens. Il s'agit d'une procédure coûteuse, peu mobilisatrice et qui ne permet que rarement une amélioration substantielle d'un projet (Blatrix 1996). C'est un peu le degré zéro de la participation. L'audience publique, procédure utilisée par le Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement (BAPE) au Québec est en fait la quatrième étape d'un processus et ne s'applique que si échouent les trois premières : l'information et la consultation publiques, l'enquête et la médiation (Berdoulay et Soubeyran 1996), (Joliveau, Molines et al. 2000). Elle s'emploie essentiellement dans les questions d'impact environnemental de projet. En France, le Débat Public de la commission du même nom est aussi une forme élaborée de participation fondé sur une audience publique. Il ne concerne que certains projets d'infrastructure très importants. Dans le domaine de la planification territoriale, le mode privilégié de participation, mais qui est employé en dehors ou parallèlement à des procédures formalisées, nous semble être l'atelier multi-acteurs, type de dispositif que nous analysons plus loin dans le détail.

La participation au niveau local

La scène locale

La formalisation de l'exigence participationniste sous forme d'un programme politique s'est manifestée au niveau local dès les années soixante avec les Groupes d'Actions Municipaux (GAM). Elle s'est affirmée ensuite à travers différentes étiquettes : les luttes urbaines, la défense du cadre de vie, les comités de quartier, les associations d'habitants, les conflits environnementaux liés aux infrastructures de transports... Ce contexte participationniste s'est accompagné par des améliorations régulières des procédures officielles de décision pour intégrer un peu plus de participation à chaque fois. Les lois Bianco sur l'organisation du débat public ou Voynet sur les Conseils de développement sont les dernières en date. On peut donc analyser la participation comme un mouvement social continu et auto-entretenu. En effet, la mise en œuvre de procédures

participatives, loin d'affaiblir l'exigence participationniste, a tendance à la renforcer, en particulier quand ces procédures ne donnent pas gain de cause aux groupes mobilisés (Blatrix 2000).

Quand on analyse les discours sur la participation, on trouve habituellement trois registres de légitimité (Joliveau 2002, *op. cit.*). Une décision participative peut être légitimée dans le registre politique car elle est considérée comme plus démocratique. Elle peut être légitimée dans le registre social car elle mobilise plus de citoyens et reflète une meilleure implication de tous dans le collectif. Enfin elle peut être légitimée dans le registre de l'efficacité ou registre managérial, car une décision participative apparaît comme intrinsèquement meilleure (plus efficace, mieux adaptée, plus solide, ...). Chacune de ces légitimations peut être réfutée, mais elles constituent les trois piliers de l'idéologie participationniste. Or le caractère relativement fermé de la scène locale produit un jeu complexe de substitution de registres de légitimation. Dans le jeu de la participation, les élus sont légitimes car ils représentent l'instance politique (les règles de la démocratie), les parties prenantes car elles représentent la société (la mobilisation des citoyens) et les experts car ils représentent l'efficacité (la connaissance). Mais les objectifs et les discours des acteurs s'expriment dans d'autres registres que leur registre premier. Les élus affichent un objectif officiel de type social : ils souhaitent que la décision associe tout le monde, mais c'est bien souvent pour des raisons purement tactiques. Il s'agit de sentir le vent de la contestation des électeurs avant qu'il ne se lève. Les parties prenantes adoptent souvent un objectif explicite de type managérial : leur action vise à obtenir une meilleure décision. Enfin, les experts ont souvent, mais toujours à mots couverts, un objectif politique : ils défendent et soutiennent les élus qui leur semblent défendre la bonne décision technique. Quand les acteurs évaluent la réussite de la participation, ils peuvent aussi changer de registre. Les parties prenantes évaluent souvent la réussite de leur action dans le registre politique : les élus ont changé ou décident autrement (i.e. avec les parties prenantes). Les élus évaluent le résultat de la participation dans le registre managérial : la décision qui a été prise était la bonne. Les experts enfin évaluent la qualité de la décision, à travers leur acceptabilité sociale, qui est une bonne garantie de sa robustesse : les produits de la décision, quels qu'ils soient, équipements, aménagements, règlements... sont toujours plus efficaces si les usagers sont mobilisés. Ce complexe jeu de légitimation croisée s'accompagne de coalitions complexes. Les parties prenantes s'appuient sur les experts afin de convaincre les élus. Les élus s'appuient sur les experts pour convaincre les parties prenantes. Les experts s'appuient sur les parties prenantes pour convaincre les élus (Tableau 4-2).

<i>Acteurs</i>	<i>1° Légitimité de l'acteur</i>	<i>2° Finalité de l'acteur</i>	<i>3° Evaluation de l'acteur</i>
Parties prenantes	<i>Social</i>	<i>Managérial</i>	<i>Politique</i>
Experts	<i>Managérial</i>	<i>Politique</i>	<i>Social</i>
Décideurs	<i>Politique</i>	<i>Social</i>	<i>Managérial</i>

Tableau 4-2. Les registres de légitimation de la participation

Ce jeu classique d'acteurs a des caractéristiques spécifiques quand on le regarde se déployer sur une *scène locale*, pour reprendre l'expression qu'emploient Decrop et Vidal-Naquet (1996) à propos du risque. Tout dispositif de participation locale met bien en jeu (sans qu'ils soient tous nécessairement intégrés de manière simultanée) les trois types d'acteurs que nous venons de voir : les parties prenantes, les représentants politiques en charge du pouvoir formel et les experts qui conseillent la décision. Mais ce dispositif se déploie au niveau local sur une scène relativement stable où les acteurs ont une certaine permanence et finissent souvent par bien se connaître. Les rôles sont distribués : la décision revient aux élus, l'expertise est partagée entre les techniciens et certaines associations. D'autres parties prenantes ont des rôles plus flous et sont censées fournir des avis, exprimer un savoir spécifique ou des connaissances de terrain. La scène a bien sûr des coulisses, plus ou moins cachées où se jouent d'autres jeux : l'influence de l'État, les tractations politiques et le lobbying du secteur privé et des acteurs économiques. La principale originalité d'une arène locale est que la permutation des rôles est toujours possible. L'expert peut être aussi habitant et le citoyen est susceptible de devenir élu à la place de l'élu. La victoire de la Gauche aux élections municipales de 1977 s'était ainsi traduite par un assèchement très net des troupes associatives du cadre de vie. Tout processus de participation porte en arrière-plan la question d'une mise en cause indirecte du pouvoir local.

Cette permanence de la scène locale permet de comprendre un paradoxe apparent. La problématique de la participation locale se reconstruit continûment autour de la question générale de la démocratie directe et du pouvoir local, alors que les pratiques que l'on observe sont souvent liées à des objets ou des questions concrètes, précises, et très régulièrement renouvelées au cours du temps. Cela explique ce qui nous avait frappé il y a 20 ans quand nous rédigeons notre thèse sur les associations lyonnaises : dans la participation aux affaires communes locales envisagée sur un siècle, tout change (les modes et les thèmes d'action) et tout est pareil (les classes sociales mobilisées, les rapports au pouvoir local, ...)

Cela nous conduit donc à distinguer différents types de participation locale, se déroulant dans une même scène. Un premier type est celui de la participation au niveau du quartier. Comme nos travaux personnels sur l'action associative à Lyon l'avaient montré, il s'agit d'une pratique ancienne et continue dans les grandes villes avec des variations temporelles et des évolutions thématiques (Joliveau 1987). Elle s'organise d'une manière plus ou moins continue à un niveau intermédiaire entre l'unité de voisinage et celle de la représentation politique, seuls niveaux où elle ne risque pas d'apparaître comme concurrente d'un pouvoir local officiel, et où elle peut se rendre légitime par la connaissance spécifique qu'ont les habitants des problèmes de cet espace (Joliveau 2002b), (Chignier-Riboulon 2002). Ce niveau de participation a été pris en compte successivement par différents dispositifs d'organisation des comités de quartier.

Un second type est celui de la participation organisée par les urbanistes et les aménageurs autour de projets concrets d'intervention. Les groupes mobilisés peuvent être les associations plus ou moins permanentes dont nous venons de parler, si elles existent, ou des groupes provisoires constitués spécialement au niveau du voisinage. Ce mode de participation est lui aussi ancien même s'il n'a jamais été systématique. Il date des années soixante et certains auteurs pensent que la participation de ce type connaît plutôt un reflux par rapport à cette époque (ASPU 1997). Ces deux types de participation relèvent essentiellement du domaine de l'aménagement urbain et s'inscrivent dans un postulat bien ancré chez les urbanistes qui voudrait que les méthodes participatives soient plus adaptées aux petits problèmes qu'aux grands, aux questions concrètes qu'à la planification stratégique (Lacaze 1988).

C'est justement une innovation notable de la période récente que les expériences de participation sortent du domaine de la gestion et de l'aménagement du quotidien, pour concerner les travaux de planification stratégique des territoires ruraux, de la ville, de l'agglomération ou de la région. Elles

concernent alors des problématiques plus vastes (politique urbaine, environnement, paysage, prospective, développement économique). L'élaboration du Plan de Déplacement Urbain de la Région d'Île-de-France en est un bon exemple (IAURIF 2000).

Enfin un dernier type de participation concerne la mise en œuvre du Développement Durable à travers les procédures des Agendas Locaux, qui contribuent à diffuser une nouvelle logique de la participation et une mise en cohérence de problématiques jusque là distinctes.

On pourrait conclure de cette diversité qu'il est vain de vouloir parler de participation en général. Pourtant, même si les idées ou les acteurs convoqués peuvent dans certains cas être extérieurs, la caisse de résonance du débat reste locale dans la plupart des cas. De plus tous ces dispositifs ou ces cadres de participation mobilisent des acteurs relativement permanents qui traitent, avec des points de vues évolutifs, des mêmes dossiers.

Le contexte spatial

Au niveau local, la décision s'inscrit de manière systématique dans une logique de différenciation spatiale et renvoie à l'inscription des personnes et des organisations dans des lieux. Mais ces lieux ne sont pas simplement des morceaux d'espace. Ils peuvent parfois être le support identitaire de groupes ou même former des circonscriptions, c'est-à-dire être déjà intégrés dans un système de représentation politique. Tout discours général tenu à propos d'un lieu formant circonscription apparaît comme une remise en cause de la représentation officielle par les élus. Réciproquement, certains lieux non représentés politiquement peuvent trouver dans une démarche territoriale participative un moyen de s'exprimer, à travers une association ou une coalition d'élus. La différenciation spatiale n'est donc pas une simple opération intellectuelle. C'est aussi indissolublement la délimitation d'un système d'acteurs. La définition d'un territoire produit une institution des parties prenantes et la recherche des parties prenantes produit un territoire. Par ailleurs, circonscrire l'espace du projet territorial n'est pas boucler la liste des parties prenantes. Tous les lieux ne se valent pas. Il existe des lieux dont les fonctions symboliques, naturalistes, culturelles, patrimoniales, économiques dépassent le niveau local et mobilisent des réseaux d'acteurs au niveau national ou européen (Claeys-Mekdade 2001).

Un des aspects les plus connus de l'effet spatial dans la décision est le conflit d'implantation, nommé, en minuscules, pour marquer son caractère général Nimby (Not in My BackYard, littéralement : pas dans mon arrière cours), parfois appelé aussi GOOMBY, BANANA, NOTE, NOPE, LULU et autres CAVE¹, jolies illustrations à la fois de la diversité des situations et du génie acronymique de la langue anglo-américaine. Les refus des grands équipements routiers ou ferroviaires existent au moins depuis les années soixante, et les décisions d'implantation de grands équipements font maintenant en France l'objet d'une procédure officielle déjà évoquée, celle du Débat Public. Mais ces conflits s'appliquent de manière plus systématique à d'autres types d'objets (unités de traitement de déchets, usines, fermes éoliennes, tramways ...). Ce phénomène est devenu un des problèmes importants de l'aménagement contemporain. Le Nimby est souvent présenté comme le symbole de la montée contemporaine des égoïsmes locaux. Il étiquette maintenant tous les combats des résidents qui refusent un projet ou une implantation considérée comme nuisible à

¹ Ce qui désigne dans un ordre de refus approximativement croissant: GOOMBY : Get Out Of My BackYard; BIYBYTIM : Better in Your BackYard Than In Mine, LULU : Locally Unwanted Land Use; NOTE : Not Over There, Either; CAVE : Citizens Against Virtually Everything; BANANA : Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything; NOPE : Not On Planet Earth (merci à C. Maillebois et à Wordspy.com). (Zwetkoff 1997) analyse l'opposition de principe qui existe entre les positions BANANA et Nimby.

leur espace proche. On ne sait pas, ou l'on oublie trop souvent, que c'est un phénomène déjà ancien, même s'il a tendance à se systématiser. Dans les années cinquante, les Comités d'Intérêt Locaux lyonnais se mobilisaient déjà contre l'implantation de centres de semi-liberté pour les prisonniers.

Le phénomène Nimby mérite cependant une attention plus fine car l'étiquette peut couvrir des situations très différentes. Aux Etats-Unis, le syndrome Nimby caractérise au départ les communautés privilégiées par les ressources financières et la qualité de vie qui ont un poids et une influence suffisamment importants pour se protéger de projets jugés « dangereux », néfastes ou qui sont jugés mettre en péril le cadre de vie local. Davis (2000) y a ainsi consacré tout un chapitre de son livre sur Los Angeles et on impute parfois aux Nimbys mobilisés contre la densification des quartiers le gigantesque étalement urbain états-unien (*sprawl*) (Billard 1999). En Angleterre, certains expliquent par le poids politique des Nimbys anti-développement l'augmentation des prix du logement dans la majeure partie des villes anglaises (The Economist 2004). En ce sens, on devrait classer en France dans les Nimby, mais on le fait rarement, l'action des communes aisées des banlieues des grandes villes qui refusent la construction de logements à loyers modérés. Certains auteurs analysent au contraire les conflits d'implantation comme le fait de résidents faiblement organisés au départ, indépendants des structures de concertation et qui, en particulier quand ces dernières sont favorables ou indifférentes au projet, s'avèrent capables de créer une mobilisation à base locale aussi puissante qu'éphémère (Catherin-Gamon 2001). D'après Sénécal (2002), cette manifestation de résistance révèle souvent combien les riverains et les habitants sont les acteurs oubliés d'un système de décision qui réfléchit à une autre échelle, celle de l'agglomération ou du pays. Cette tentative d'ouvrir un nouvel espace de revendication spécifique lui paraît alors être le signe fragile d'une identité locale construite sur la qualité de vie et le partage d'un espace de quotidien de vie. Il est en effet remarquable que l'effet Nimby soit déprécié pour les mêmes raisons que la participation est valorisée : permettre une expression venant du bas, du quotidien. En fait, l'appellation Nimby est pernicieuse car elle transpose sur un plan moral (l'égoïsme de l'individu qui refuse un bien collectif) un mode général du conflit local. Elle accentue la dynamique destructrice du conflit en ajoutant une accusation d'égoïsme au sentiment d'injustice que ressent un groupe Nimby par rapport à la menace sur l'espace qu'il défend (Zwetkoff 1997). Celle-ci peut d'ailleurs conduire le Nimby à faire généraliser son discours, s'il ne l'a pas déjà fait : il ne s'oppose pas à cette autoroute-ci, mais au principe même du déplacement automobile ; il ne s'oppose pas à cette éolienne-là, mais à une politique énergétique erronée fondée sur des coûts artificiels du kwh. Il se transforme, de manière opportuniste ou non, en BANANA, en appuyant ses arguments sur des critères écologistes ou sociaux qui ne sont pas forcément présents au départ.

Les phénomènes Nimby ne sont ni l'expression d'un égoïsme local de privilégié, ni la renaissance d'une communauté locale oubliée. Ils ne sont pas non plus le symbole de la disparition du sens de l'intérêt général au profit de l'intérêt privé. Ils témoignent de la réalité même de nos sociétés plus mobiles, marquées par le phénomène d'individuation/globalisation, sujettes à des stratégies de localisation autonomes et traversées par le sentiment grandissant du risque et la recherche de la sécurité. Les nouvelles logiques de localisation conduisent les ménages à envisager le logement comme un investissement, que l'on doit pouvoir « réaliser » à tout moment, ce qui conduit à s'opposer à tout ce qui peut apparaître comme un menace même hypothétique de dégradation symbolique qui serait susceptible de peser sur la valeur potentielle du bien. Par ailleurs, la sensibilité aux nuisances et la conscience des risques technologiques, y compris dans leur dimension d'incertitude, conduit à refuser toute installation d'une activité potentiellement dangereuse. Le refus de projets industriels ou d'équipement pouvant dégrader le cadre de vie proche du logement est aussi exacerbé par le fait que, pour la majorité des individus, la règle est maintenant la non contiguïté du logement et du travail. Ils sont donc d'autant plus enclins à refuser

une installation industrielle à côté de chez eux, qu'eux-mêmes sont contraints à se déplacer dans un ailleurs lointain pour travailler. Il nous semble que le Nimby peut s'expliquer aussi en partie par la valorisation de la sphère de la vie personnelle, lieu d'autonomie et de liberté, au détriment de la vie professionnelle, perçue comme lieu de contrainte et d'hétéronomie (Rémy et Voyé 1992). En remettant en cause l'espace du non travail, c'est-à-dire l'espace de la réalisation et de l'autonomie, les projets s'attaquent de front à la marge de liberté que se sont donnée les individus.

Il n'y a donc pas de balance externe qui peut discerner à tout coup entre la défense égoïste de privilèges et la tentative de préserver un cadre de vie modeste et local, base d'une identité fragile. Les problèmes d'échelle que posent les conflits d'implantation sont très significatifs des sociétés contemporaines (Mormont 1997b). La nécessité d'échanger un mal ou un dommage potentiel très localisé contre un bien ou un avantage spatialement plus diffus doit faire l'objet d'un débat. Celui-ci doit être participatif, et s'engager entre les deux niveaux spatiaux. Il ne peut être tranché qu'à l'échelle la plus globale et s'accompagner d'une indemnité ou d'un échange donnant-donnant. Que les populations qui disposent de ressources (quelles qu'elles soient) plus élevées que la moyenne aient plus de moyen pour faire entendre leur point de vue est un fait, pas un artefact du dispositif participatif.

La thématique environnementale

La question de l'environnement ne traverse pas le local à la seule occasion du conflit lié à un projet menaçant venu de l'extérieur, comme l'implantation d'une usine polluante, une autoroute bruyante ou une usine d'incinération de déchets. Elle peut s'introduire par des incitations externes plus ténues qui transforment la gestion quotidienne : de nouvelles normes de traitement de déchets, la limitation d'épandages agricoles, la sélection d'une partie de la commune pour faire partie du Réseau Natura 2000. Elle peut être aussi d'origine interne : création d'un réseau de piste cyclable, politique de limitation de l'utilisation de la voiture, nouveau prix de l'eau, nouveaux objectifs de qualité dans la gestion forestière, projet de restauration de la rivière... Toutes ces décisions de type environnemental peuvent prêter à controverse. Elles posent la question de la possibilité d'un usager de mettre en question le fonctionnement d'un système expert, au sens de Giddens. L'individu doit en effet pouvoir articuler *le cadre d'usage* du système expert en question, fondé sur une familiarité et une quotidienneté, et le *cadre de fonctionnement* de ce système, univers complexe de techniques et de normes, qui est beaucoup plus difficile à comprendre pour le profane (Adant, Mougenot et al. 1999) Quand il faut délaissier sa voiture ou faire un détour, quand l'eau du robinet n'est plus potable, quand l'usage de certains pesticides n'est plus autorisé, c'est le cadre d'usage qui est touché. Mais pour comprendre la cause du changement, il est nécessaire de comprendre le cadre de fonctionnement : comment est techniquement produite l'eau potable et quelles sont les normes appliquées ? Quelles sont les contraintes du système de transport et comment mesure-t-on la pollution de l'air ? Comment fonctionne le cycle de l'eau dans la région et quelles sont les conséquences de l'emploi de certains produits ? Pour comprendre les raisons qui font que son cadre d'usage est transformé, l'usager doit partir à la recherche des causes de dysfonctionnement. Il s'adresse aux spécialistes et aux responsables de ces systèmes.

Pour Adant et al. (*op. cit.*) c'est là que la question de la participation se pose, à travers les "prises" qu'ont les acteurs sur ces cadres de fonctionnement. Les gestionnaires cherchent à faire prendre en compte par les usagers un nouveau cadre de fonctionnement, tandis que les usagers tentent de faire pression sur les gestionnaires pour que certains cadres d'usages (des types d'usagers ou des espaces) soient pris en compte dans les nouveaux cadres de fonctionnement. Or la gestion environnementale se caractérise par une grande complexité. Quand il s'agit de savoir ce qui doit être pris en compte, on se rend compte que l'on ne dispose jamais de toutes les connaissances nécessaires. Un cadre de fonctionnement débouche toujours sur d'autres cadres de fonctionnement et d'autres cadres d'usage : la gestion de l'eau renvoie à la gestion agricole et aux usages des

agriculteurs, qui renvoient à la filière alimentaire et au cadre d'usage des consommateurs. La modélisation de tous ces liens est impossible et pour Adant et al. (*op. cit.*), c'est à ce moment que la participation est nécessaire, quand la *prise* devient une *prise en compte*, quand on s'interroge « sur ce qui doit être pris en compte, sur ce qui compte et sur comment on compte » *Ibid.* p. 148. La chaîne des causes expliquant les cadres de fonctionnement peut conduire (et conduit très souvent) en dehors de l'espace local.

Sur la scène locale, les questions d'environnement et de risque ne répondent pas complètement au modèle des controverses socio-techniques évoqué plus haut. En effet, le conflit ouvert y pose assez rapidement une question de légitimité, qui se traduit inévitablement par une mise en cause de la délégation représentative lors d'élections locales. La capacité de nouveaux groupes ou d'idées nouvelles à émerger sur une scène locale peut donc être très différente de celle que l'on observe dans une controverse d'ordre plus général. Cette question est fondamentale dans toutes les approches participatives territoriales qui se structurent autour d'un conseil permanent initié par le pouvoir local, organe qui balance régulièrement entre deux modèles opposés : courroie de la majorité politique ou officine de l'opposition, forum d'expression libre mais sans pouvoir réel ou assemblée de crypto-notables cooptés. Quant aux démarches qui privilégient la constitution de groupes *ad hoc*, ce sont les questions de pérennité de la réflexion et de continuité de l'action qui se posent.

La gestion concertée du risque

Le schéma d'expertise classique du risque suit une logique d'action et de processus, et non une logique d'acteurs. La gestion du risque est envisagée traditionnellement comme une activité réservée aux experts et dans laquelle la participation des profanes ou des citoyens concernés ne pourrait apporter que confusion et irrationalité. Or G. Decrop (Decrop et Charlier 1997) a montré à propos du risque en montagne que l'élaboration des Plans d'Exposition aux Risques ne correspond pas exactement à la procédure théorique, prescriptive et rationnelle en trois temps : 1) connaissance scientifique du phénomène en cause ; 2) analyse objective de la vulnérabilité ; 3) détermination la plus objective possible de seuils d'acceptabilité du risque (Decrop, Dourlens et al. 1997 pp. 29-35). Dans la pratique, l'évaluation du risque s'élabore de manière collective et plurielle par échanges réciproques et appropriations successives de savoirs hétérogènes : savoir local ou vernaculaire, savoir administratif et savoir scientifique. La collecte des informations sur les avalanches, les inondations, les crues torrentielles, les glissements de terrain et autres dangers ne peut se faire qu'en mobilisant les connaissances et les mémoires locales. Les Cartes de Localisation Probables des Avalanches sont ainsi produites par combinaison de relevés aériens et de terrain mais aussi par négociation avec des auteurs locaux, conscients de disposer « d'informations stratégiques, susceptibles de se retourner en contraintes pour le milieu local, et qu'ils ne devaient pas délivrer sans garantie ni contrepartie » *Ibid.* p. 30. Par ailleurs, l'expertise du risque étant toujours entachée d'incertitude, le tracé des limites des zones d'aléas est souvent difficile, et parfois impossible à justifier scientifiquement alors que les conséquences économiques pour la collectivité locale peuvent être très importantes. On assiste donc parfois à une spatialisation négociée de zones d'enjeux d'ordre divers. La question du territoire du risque émerge donc quand l'approche scientifique et technocratique du risque se trouve confrontée aux projets des acteurs locaux, aux représentations et actions des communautés montagnardes. On pourrait donc assister à l'émergence d'une approche beaucoup plus souple, localiste et concertée de la prévention des risques, qui intégrerait plus en amont les structures locales.

L'importance de ce processus ne doit pas être surestimée. Le traitement technique et administratif du risque reste loin d'une procédure explicitement ouverte et négociée de la construction du risque, comme elle peut l'être dans certains pays anglo-saxons. Le principal frein à l'information du public et à l'acceptation de la représentation des groupes d'intérêt est selon G. Decrop l'idée très ancrée

dans l'administration que la peur est susceptible d'engendrer des attitudes irrationnelles de la part de la population, ce qui est contredit par la plupart des études, principalement américaines. On voit cependant émerger dans la culture des spécialistes le thème de la relation entre démocratie et risque. C'est par exemple le thème du colloque de l'Institut européen de cyndiniques de mars 2003. L'idée qu'une gestion du risque qui intégrerait les parties concernées dès l'amont des procédures serait plus efficace semble faire lentement son chemin.

Le développement durable au niveau local, clé du renouvellement de la participation ?

La thématique de développement durable a déjà, au moins au niveau du vocabulaire, transformé la planification locale française, à travers le Projet d'Aménagement et de Développement durable (PADD) associé au PLU qui constitue le cadre de référence et de cohérence des différentes actions d'aménagement que les communes engagent. Mais c'est moins à ce niveau formel que dans la recherche de nouvelles pratiques de planification qu'il peut jouer un rôle. En effet la "doctrine" du Développement durable comporte plusieurs innovations conceptuelles pour la planification stratégique : l'intégration à égalité des trois sphères Economie/Environnement/Société ; un rapport au temps original à partir de la recherche de l'équité inter-générationnelle qui suppose une articulation du court et du long terme ; le devoir d'organiser la participation de tous à la réflexion. La conduite de stratégies de développement durable conduit aussi à réfléchir à la dimension spatiale des phénomènes et à l'articulation des échelles d'action. Si l'on suit (Godard 1996), le développement durable n'est pas fractal. Il est impossible d'appliquer la même approche aux différents niveaux. La contrainte écologique ne peut avoir de sens absolu qu'au niveau planétaire. A d'autres échelles, elle est forcément relative. Il faut donc changer de mode de raisonnement en passant du global au local. Par ailleurs, le développement durable n'est pas non plus additif. Le développement durable global ne s'obtient pas à partir du développement local de chaque territoire. Les critères d'évaluation, les politiques et les objectifs doivent changer en fonction de l'échelle à laquelle on considère le système. Une politique de développement durable doit réussir à articuler une durabilité globale à travers des territoires dont la durabilité varie. C'est un problème complexe, que la littérature (en particulier économique) ignore encore trop souvent (Vivien et Zuindeau 2001). A la lire, on a souvent l'impression qu'une approche par coalescence progressive des différentes initiatives locales mises en réseau suffirait à faire cette articulation.

Une approche de développement durable se veut aussi normative. C'est un processus qui doit conduire les acteurs à changer leur comportement quotidien. Elle a donc une dimension pédagogique forte. Par ailleurs, le Développement durable ne se limite pas à des questions de planification. C'est une approche active qui entend multiplier les actions dans une gamme d'activités beaucoup plus large que la planification classique (normes de gestion, procédés de fabrication, pratiques de consommation, etc.). Dans une logique participative, il y a un risque que cette volonté de changer les comportements ne se transforme en ce qu'Arnstein plaçait dans son échelle d'implication des citoyens comme les deux barreaux de la non participation : la manipulation (guider les participants vers un objectif déjà construit) et la thérapie (faire participer, avec l'objectif d'enseigner de bons mode de conduite). Ce risque est lié aux principes mêmes du Développement durable.

La procédure d'application du Développement durable est l'Agenda 21 local, lancé par la conférence de Rio, puis relayé par la Charte des villes européenne pour la durabilité signée à Aalborg en 1994. Le concept d'Agenda 21 local est d'ailleurs moins une doctrine qu'une idée directrice, censée s'inventer à partir de la base. Il se trouve que le concept s'est construit progressivement en France à partir de l'expérience des collectivités et des communes qui se sont lancées dans l'exercice. Il a donc pris une dimension de planification spatiale qu'il n'a pas ailleurs en Europe (Holec 2001). En France l'Agenda 21 local est donc une procédure de planification spatiale stratégique, qui fixe, à partir d'un débat général organisé au niveau du territoire, des

orientations à moyen terme et des programmes d'action pour un développement durable. Sans être reconnues officiellement en tant que telles, les procédures d'Agendas 21 locaux ont cependant été reprises dans les outils prévus par la Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable (LOADT) de 1999 à travers les chartes de pays et les projets d'agglomération.

Cela dit, et le contraire serait étonnant, la mise en œuvre des Agendas locaux est confrontée à de nombreuses difficultés. Conan (2002) liste à propos des Agendas locaux allemands les obstacles que risque de rencontrer tout projet de ce type. Les projets étudiés manquent en général d'un soutien politique fort et de relais dans l'administration et les services. Perçu comme contre-productif par les milieux économiques traditionnels, l'Agenda 21 est très exposé aux fluctuations d'opinions et aux majorités de circonstance. Il intègre rarement les noyaux durs de l'aménagement urbain. Il n'y a pas de cohérence entre la politique communale et les orientations de l'Agenda et les contradictions entre effet d'annonce et réalités donnent aux Agendas 21 une allure d'alibi. La démarche souffre aussi d'un manque de management professionnel. Les Agendas regroupent des acteurs aux objectifs et méthodes d'actions parfois opposés. La recherche du consensus à tout prix bloque la démarche d'autant plus que les vrais enjeux sont tus. Les Agendas ne disposent ni d'instrument de suivi ni d'indicateurs de résultats partagés.

Ce constat pessimiste peut conduire à douter. Malgré toutes ces difficultés, la percolation lente des thèmes du développement durable chez les politiques et les gestionnaires joue dans le sens d'un renforcement de ce caractère participatif. D'autant plus que la thématique du Développement Durable est aussi portée au niveau européen et international. Même si elle procède d'un mouvement indépendant, la convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement que la France a signée en 1998 et ratifiée en 2003 est une bonne illustration de la manière dont le cadre de la planification est transformé à la fois par des exigences issues du "bas" et de nouveaux principes venue du "haut".

2.2. Un outil de planification participative : forums et ateliers territoriaux

La planification participative territoriale est confrontée aux différentes tâches liées à l'élaboration du projet territorial. Cela concerne le relevé des problèmes, préoccupations, difficultés, enjeux, défis, évolutions, atouts, projets d'un territoire dans les différents domaines : bâti, urbanisme, logement, démographie, environnement, paysage, tourisme, économie, vie sociale, ressources humaines, équipements, services à la population, loisirs, cultures, infrastructures, communication... Une démarche de ce type s'appuie en général sur la définition d'une série de lieux du territoire (sites, zones, pôles, éléments) que l'on nomme, évalue, apprécie, qualifie selon des critères divers et que l'on replace dans une organisation spatiale par le moyen de fonctions (transport, production, récréation, habitat). On aboutit ainsi à une carte de qualification du territoire. On passe ensuite au repérage des enjeux et des solutions sur lesquelles on peut s'appuyer pour obtenir les changements souhaités. Ensuite on met au point une carte des vocations et une stratégie d'organisation du territoire, qui débouche sur des actions, dont certaines peuvent être concrètes (Gorgeu 2000). D'autres approches sont envisageables pour travailler sur des problèmes plus ponctuels ou sectoriels. L'organisation participative de ce type de travail nécessite la mise en place de dispositifs particuliers.

Les dispositifs

Le Forum territorial

La structure participative émergente en ce domaine en France est le Conseil de développement instauré par la loi Voynet au niveau des Pays. Il s'agit d'une structure non décisionnelle librement organisée, à laquelle les élus sont associés ou non et qui se veut avant tout un organe de proposition

et de réflexion, un lieu de rencontre et d'échange entre les différentes composantes de la société (élus, habitants, associations...). Ce Conseil de Développement participe à la définition d'un projet cohérent de développement du territoire et à l'élaboration de la charte du pays ou de l'agglomération. Même si le principe a été en partie remis en cause par la nouvelle majorité politique, ce principe d'une structure ouverte de participation est dans l'air du temps (Gougeon). Les procédures d'Agendas 21 locaux s'appuient aussi sur un conseil de développement du même type, dont les modes de fonctionnement sont à inventer.

Même en dehors de ces approches administrativement imposées, de nombreuses démarches participatives, en particulier dans le domaine de la gestion environnementale, mettent en place des dispositifs spécifiques pour organiser la communication, les échanges et le débat autour du problème qui nécessite la mise en œuvre de la participation (Mormont 1997a). Mormont propose le mot de forum pour désigner ce type de dispositif, qui peut prendre des formes d'organisation très variées, avoir un caractère plus ou moins public, être ou non régulé, formel ou informel, officiel ou officieux. Ses objectifs sont souvent flous ou généraux mais le forum se caractérise par une volonté, au moins affirmée, d'organiser un débat public ouvert à tous les avis, y compris ceux qui ne sont pas habituellement exprimés, et à une co-construction des problèmes et des solutions à y apporter. L'important est qu'il assure une mobilisation de toutes les parties prenantes et qu'il constitue l'espace de débat où peuvent se confronter des points de vue différents. Ces dispositifs sont souvent organisés autour ou en prolongement d'une assemblée consultative, comme le Conseil de Développement ou fonctionner de manière autonome. Ils peuvent être institués pour mobiliser la population dans le cadre d'un projet particulier ou pour mener une réflexion stratégique générale. L'Agenda 21 local de Romans (26) a pris la forme d'un forum ouvert, complété par une stratégie de communication et d'information par enquête auprès de la population (Barnezet 2001). Le Projet Millénaire 3 de Lyon constitue un autre exemple de démarche visant à faire vivre un débat public d'agglomération et à élaborer le projet de développement global et durable de la Métropole avec les institutions et la société civile, (Lyon 2002)¹. Notre modeste tentative avec Y. Michelin, L. Vigouroux et J. Breuil et d'autres d'organiser la réflexion sur le paysage à Eymoutiers de la manière la plus large possible au moyen de prises de vue photographiques, d'enquêtes, d'expositions relève aussi de ce type de démarche. Le Forum peut être défini comme un espace de débat plus ou moins continu dans lequel s'organisent de manière publique la participation et l'échange d'information sur le territoire, sous différentes formes plus ou moins classiques de tables rondes, compte-rendu d'expériences comparables, enquêtes, initiatives. Le Forum est une tentative d'élargir la participation des citoyens et des parties prenantes au-delà des assemblées consultatives que sont les comités de quartier et les conseils de développement. Il contribue aussi à asseoir ces assemblées consultatives par rapport aux assemblées délibératives que sont les Conseils municipaux ou d'agglomération.

Le rôle des technologies de l'information dans l'organisation, la diffusion et la mémorisation des travaux ces Forums peut avoir des conséquences importantes sur le fonctionnement de la scène locale dont on parlait plus haut.

L'Atelier territorial

Le Forum Territorial s'accompagne souvent d'un autre dispositif, qui est l'Atelier territorial. En effet, le fonctionnement informel et éclaté du Forum ne facilite pas toujours une réflexion argumentée et suivie sur les problèmes en discussion. L'Atelier territorial est un type d'Atelier multi-acteurs, ce dernier étant ainsi défini par Van den Hove (*op. cit.*) : « Atelier qui rassemble un

¹ Nous ne discutons pas ici de la forme, du contenu ni des résultats de la démarche Millénaire 3, qui n'a pas été épargnée par les critiques (IAURIF 2000). Son existence et sa nature sont un signe.

petit groupe de parties prenantes, souvent avec des décideurs et/ou des experts dans le but de délibérer en profondeur sur une question précise de politique. Il vise à obtenir l'input d'acteurs-clés et des éléments d'expertise scientifique. Il permet souvent de faire émerger des manières originales de poser le problème et des solutions potentielles ». L'Atelier territorial, qui peut prendre beaucoup d'autres noms, peut être envisagé comme une structure de conception participative d'un projet territorial. La notion d'Atelier insiste sur la nature active et appliquée de son activité. Il ne peut donc admettre qu'un nombre limité de participants, même s'il est possible de faire travailler plusieurs Ateliers en parallèle. Un Atelier a tout intérêt à fonctionner dans un Forum, structure plus large, qui peut à la fois médiatiser ses résultats et les utiliser dans d'autres types de débats.

L'Atelier participatif n'est pas un organe de concertation pour la décision. Les participants ne sont pas dans l'Atelier en tant que représentants d'intérêts, ils y sont en tant qu'individus voulant contribuer à une tâche commune. L'Atelier fonctionne donc plus à notre sens comme un organe de *conception*. Son objectif est de construire collectivement une représentation de ce qui constitue un problème commun et des premières orientations quant aux réponses à trouver. Le moteur de fonctionnement de l'Atelier est la coopération. Il fonctionne comme une scène publique, dans laquelle chaque participant contribue de son point de vue à l'élaboration du problème. Les conflits n'y sont pas absents, mais ne constituent pas le cœur de la question, puisque l'Atelier n'est pas le lieu de la décision. Le carburant d'un Atelier participatif est l'apprentissage croisé. Il permet d'apprendre les contraintes et les stratégies des autres participants. On ne peut donc faire fonctionner sous forme d'Atelier participatif un conseil de développement ou une commission consultative. En revanche, on peut constituer un Atelier participatif en amont d'un projet de territoire ou sur des questions particulières qui se posent à un moment ou à un autre du projet. Il peut être constitué dès qu'une réflexion collective, pluri-institutionnelle et ouverte est nécessaire. Son caractère non officiel est alors un atout majeur. Il permet de formaliser une réflexion sans engager précisément sur des actions précises, mais tout en assurant la prise en compte du travail de conception dans la procédure de décision. Ce n'est pas non plus une structure permanente qui peut accompagner la totalité d'une opération, qu'il s'agisse d'une charte de territoire, d'un document de planification ou d'une autre intervention. Il est difficile de conserver la dynamique d'un Atelier participatif plus de quelques séances. L'Atelier territorial est un des outils typiques de la planification interactive ou communicationnelle.

La montée de l'exigence participative et la multiplication des projets territoriaux tendent à systématiser ce type de réunions où des acteurs institutionnels et non-institutionnels discutent ensemble de différents problèmes liés au territoire afin de construire un projet commun. La plupart du temps ces groupes sont réunis à l'initiative d'élus ou de bureaux d'études, travaillent de manière peu formalisée, dans un cadre qui évolue entre la réunion publique et le tour de table formel. Mais organiser une planification participative ne consiste pas à rassembler des individus d'origine diverse et à les faire discuter. Les biais de ce type de démarche sont bien connus : expression rapide de positions conflictuelles qui met en danger le projet lui-même sans solution de rechange, discussions passionnantes qui débouchent sur des attentes impossibles à satisfaire ensuite, captation de la parole par les habituels acteurs dominants, discussions de bistrot sans intérêt, manque de transparence interne à la procédure, chambre d'enregistrement des projets présentés par les élus... La participation demande une énergie importante, de la part des habitants, des élus et des techniciens. Une mobilisation alibi est toujours contre-productive. Elle en dévalue le principe et gaspille des ressources qui pourraient être mieux employées dans une analyse classique. Pour mener une planification participative utile, il est donc nécessaire à réfléchir à la méthodologie à employer, méthodologie qui ne doit pas être standardisée, mais qui doit permettre de produire des résultats intéressants, quelle que soit la problématique et les acteurs concernés.

Ceci dit, tenter de décrire l'organisation idéale de ce type d'Atelier n'aurait pas grand sens. La logique participative fait qu'un tel dispositif doit se construire dans le contexte dans lequel il naît et en fonction des objectifs de ses participants. Il est possible en revanche de se risquer à tenter de dégager les principes formels qui président à sa mise en œuvre, avant d'étudier les enseignements de deux Ateliers participatifs que nous avons contribué à concevoir pour le premier et observé pour le second.

Organisation d'un Atelier

Un Atelier est un outil participatif indépendant de réflexion. La réflexion collective s'appuie bien sûr largement sur des discussions et des échanges d'arguments. Mais il se caractérise par la place qu'y tiennent des tâches actives et pratiques d'analyse et de production de documents divers, ce qui contribue à une dynamique de groupe. Les discours ne sont pas construits uniquement en réponse ou en réaction à d'autres discours mais à travers la réalisation d'une tâche commune. Il apparaît bien adapté à une réflexion stratégique, ouverte à des avis divers, y compris ceux qui ne sont pas habituellement exprimés et à une co-construction des problèmes et des solutions à apporter. La réflexion doit laisser sa place à la controverse qui est une des manières de laisser s'exprimer les avis minoritaires ou émergents, mais doit éviter que des dynamiques conflictuelles destructrices empêchent le débat. Elle doit être exploratoire et prospective, mais suffisamment structurée pour aboutir à des résultats utilisables.

L'Atelier territorial doit évidemment s'envisager comme un projet. Il a une autonomie d'organisation et de ressources et un mandat donné par une ou plusieurs institutions légitimes dans le domaine de la gestion territoriale : syndicat intercommunal, communauté de communes, structure de pays, Parc Naturel Régional ou National ou autres. Il faut que ce mandat soit validé par les participants au début de l'Atelier. Ce mandat porte sur l'organisation d'une réflexion stratégique ou prospective à propos d'un territoire déterminé. Les limites du territoire, le mode de travail et les thèmes à aborder peuvent être décrits dans le mandat, mais ils doivent rester indicatifs et les participants rester libres de les valider ou d'en proposer d'autres. Les ressources allouées et l'échéance des résultats doivent être fixées dès le départ. L'allocation de ces ressources et l'échéancier de travail doivent être fixés par les participants de l'Atelier lui-même. Le mandat confié au groupe doit aussi décrire explicitement comment la ou les institutions commanditaires s'engagent à prendre en compte les résultats dans son action ultérieure et la manière dont elle va en assurer la publicité. C'est un facteur fondamental de bon fonctionnement du groupe. En définitive, l'Atelier apparaît donc comme une structure provisoire, indépendante, puisqu'elle ne dépend plus de son commanditaire, mais ne s'est pas non plus construite en dehors ou contre lui.

Enfin, le travail de l'Atelier doit être animé et coordonné par un médiateur extérieur au système des acteurs impliqués. Ce médiateur peut être l'expert d'un bureau d'études ou d'une administration non concernée, un intervenant universitaire ou un journaliste. Il doit être compétent dans le domaine de la planification territoriale et des techniques d'animation de groupe. Il doit s'entourer de personnes locales compétentes aussi dans ces domaines. Celles-ci peuvent appartenir aux organisations commanditaires, mais sans être majoritaires dans l'équipe d'animation. L'équipe de coordination est très importante dans un Atelier participatif et sa composition doit rester stable tout le long de la vie de l'Atelier. Son rôle ne se réduit pas à l'animation ou à la coordination. Son intervention doit se faire très en amont de l'Atelier, pour réfléchir à la problématique, repérer les logiques des acteurs locaux, réfléchir à un synopsis de méthodologie et préparer l'information nécessaire. Elle est aussi en charge de la co-conception du travail avec les participants, des traitements de données et de la production des documents utilisés lors des séances de travail. C'est aussi elle qui doit parvenir à laisser s'exprimer les controverses, tout en empêchant qu'elles se transforment en conflits ouverts.

L'Atelier participatif n'est pas une assemblée représentative de la société locale ni un cercle d'experts. C'est un groupe qui rassemble des personnes volontaires pour construire une réflexion collective à partir des compétences, savoirs et intérêts différents qu'elles ont sur le territoire. Les participants sont là en tant que personnes et non en tant que représentants d'une organisation, même s'ils sont libres bien sûr d'exprimer le point de vue de cette dernière. Une personne ne peut pas se faire représenter par un collègue ou un autre militant en cas d'empêchement. L'intérêt de la réflexion collective dépend de la diversité des participants. L'originalité de l'Atelier participatif est qu'il rassemble des élus, des habitants, des usagers ou des acteurs, des spécialistes extérieurs sur la base d'un engagement personnel plus qu'institutionnel. Le mot clé est donc plus celui de *la légitimité* à s'exprimer sur un sujet que de *la représentativité* d'un intérêt ou d'un groupe. Toutefois, il faut veiller autant que faire se peut à ce que les différents types d'enjeux soient représentés. Même s'ils seront là en tant que personnes, il faut disposer d'élus, d'experts de l'administration et d'organismes publics ou privés, de représentants associatifs, de militants politiques, de détenteurs de mandats électifs, de personnalités dites qualifiées. Leur mobilisation suit des canaux différents selon qu'il s'agit d'élus et de responsables officiels ou de personnalités du milieu associatif, culturel ou scientifique. Les premiers sont choisis par l'animateur en collaboration avec le(s) commanditaire(s) de manière à mobiliser les personnes ayant le profil et la motivation pour s'impliquer dans l'Atelier. Ils tiendront bien entendu compte des contraintes de pouvoir et de la nécessité de mobiliser à travers les individus les organisations stratégiques auxquelles ils appartiennent. Les réseaux politiques et d'expertise sont assez structurés pour que cela se passe sans problème spécifique. Pour les personnes de la société civile, il faut procéder de manière plus démocratique. Un appel public par la presse locale est nécessaire de manière à ouvrir la participation. La structure informelle du Forum doit aussi être mobilisée. Dans le même temps, il faut que l'animateur contacte directement certains acteurs faibles, susceptibles de ne pas se déclarer spontanément, des personnes qui semblent indispensables et qui ne se proposeraient pas d'emblée ou des personnes susceptibles de parler à la place d'acteurs absents. La nature du dispositif est expliquée aux personnes volontaires qui doivent s'engager à participer de manière assidue à l'Atelier. S'il reste un nombre trop grand de volontaires pour le fonctionnement de l'Atelier, un tirage au sort est réalisé. Dans ce cas un quota doit être réservé pour que les participants puissent coopter par consensus lors de la première réunion des personnes que tout le monde considère comme indispensables et qui auraient été écartées par le tirage au sort. On peut aussi laisser à l'équipe d'animation des jokers lui permettant d'intégrer des acteurs "faibles" oubliés. Il est proposé aux personnes non retenues d'être destinataires des documents produits par l'Atelier au fur et à mesure de son travail, auxquels elles peuvent réagir par écrit. Cela permet de garder la possibilité à l'Atelier de réagir en retour à des groupes ou des préoccupations émergentes.

Comme on l'a vu plus haut, un dispositif participatif doit permettre un apprentissage collectif, et la qualité de ses résultats est due au fait qu'ils n'ont pas été obtenus dans un contexte de confrontation de points de vue mais dans un processus de construction collective. Il nécessite donc du temps et des méthodes pour que cet apprentissage puisse se faire, temps de la réflexion, temps du mûrissement des idées entre deux échanges. Il faut cependant que le rythme reste assez rapide pour que la dynamique du travail en commun se maintienne. Il faut aussi que le temps total du fonctionnement de l'Atelier ne dépasse pas le niveau que peuvent supporter les participants. Cela varie selon le contexte, mais une série de 6 rencontres tous les 15 jours ou tous les mois pendant 6 mois semble être un maximum réaliste pour maintenir un intérêt de la part des participants. La cohérence des travaux et leur utilisation dans la phase postérieure de l'Atelier rendent indispensables les comptes rendus des travaux. Chaque rencontre doit faire l'objet d'un compte-rendu fidèle, qui doit être validé ou amendé par les participants. Les points de désaccords doivent être explicitement signalés s'ils ne sont pas résolus. La production de l'Atelier intègre les documents collectifs élaborés en séance, les comptes rendus validés des débats et les remarques

libres de chacun des participants sur tous ces produits, ainsi que les contributions écrites éventuelles des participants non retenus. C'est cet ensemble indissociable qui est rendu public. Intégrer le travail de l'Atelier dans un forum territorial lui donne une forte amplification et le relaye vers un public plus large.

Le contenu et la forme du travail dépendent des objectifs et du contexte. Pour en avoir une idée, nous appuierons sur l'analyse critique du fonctionnement de deux Ateliers que nous avons pu observer¹, même si leur organisation ne correspond pas complètement à ces principes.

Deux expériences

Ces deux Ateliers ne sont nullement des exemples de réussite ou des cas représentatifs. Au contraire, leur mode d'organisation s'éloigne très significativement du modèle qui vient d'être décrit. Mais ils permettent de comprendre comment peut s'organiser le travail dans ce type de dispositif.

Les deux Ateliers ont été élaborés dans des contextes très différents. La première expérience constitue la deuxième phase du projet de recherche mené avec Y. Michelin sur la gestion paysagère dans le pays Monts et Barrages (cf. Parcours 2 et Joliveau et Michelin (2001), Vol. 2 DOC 13). Lors de la présentation des résultats de la première phase de ce projet, qui portait sur une méthodologie de gestion agricole du paysage, de nombreux acteurs présents avaient manifesté leur intérêt pour appliquer une démarche paysagère à l'appréhension des problèmes du territoire. Le Commissariat Général au Massif Central, commanditaire de l'étude, a proposé de consacrer la deuxième phase du projet à la recherche d'une méthodologie permettant d'intégrer les différents points de vue et contraintes sur le paysage. Nous avons donc mis en place un groupe de réflexion multi-acteurs pour réfléchir sur les thèmes du territoire et du paysage à l'échelle du canton. L'organisme moteur de l'opération, partenaire de l'équipe de recherche, était la Chambre d'Agriculture de la Haute-Vienne. L'expérience s'est déroulée entre septembre 1999 et décembre 2000 dans le canton d'Eymoutiers et a été menée par une équipe associant des universitaires, des techniciens de la Chambre d'Agriculture et d'autres organismes ainsi que des étudiants (Michelin, Joliveau et al. 2002).

La seconde expérience concerne un diagnostic des espaces périurbains et ruraux de l'agglomération stéphanoise entre mai et septembre 2002, piloté institutionnellement par la Communauté d'agglomération Saint-Etienne-Métropole (SEM). L'objectif était de conduire une étude sur les espaces périurbains en adoptant une approche transversale, permettant de rendre compte de la "multifonctionnalité" de ceux-ci (fonction économique — agricole notamment — fonction résidentielle, fonction de loisir et de détente). L'objectif finalement retenu fut de procéder à un diagnostic à l'échelle de l'agglomération intégrant tous les acteurs concernés de ces espaces. Cette étude devait permettre de tester une méthode de travail de type participatif, qui pourrait être reproductible lors de l'élaboration du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) et du Contrat d'agglomération. L'étude a finalement été confiée à un cabinet d'étude (SITER), appuyée par une stagiaire de l'ENITA Bordeaux. Le Vice-Président de SEM en charge des espaces ruraux a exercé le pilotage politique de l'étude (Barlet 2002)².

¹ Ce qui suit est une version complètement refondue du texte rédigé pour le rapport collectif du projet de recherche financé par la DATAR « Méthodologie pour le diagnostic de territoire » (Collectif 2004)

² Le rôle que j'ai joué personnellement en tant que chercheur diffère donc dans les deux expériences. Co-concepteur de la démarche à Eymoutier et animateur de l'atelier avec Yves Michelin de l'ENITA, Josette Breuil et Laure Vigouroux de la Chambre d'Agriculture et un groupe de travail plus large, je ne suis à Saint-Etienne qu'un lointain inspirateur du projet, doublé d'un participant au même titre que les autres à l'Atelier, représentant officiellement l'Université. Le regard que je

Thématique, zone d'étude et organisation

Les thématiques des deux Ateliers sont à première vue très différentes. La première est délibérément orientée vers le paysage alors que la seconde aborde une question plus classiquement territoriale. En réalité, même si à Eymoutiers l'angle d'attaque et les modes de représentation sont paysagers, les enjeux et débats relèvent d'une approche territoriale. Notre objectif était d'aborder le territoire à partir d'une entrée paysagère. Rétrospectivement pourtant, la nature des débats ne s'est pas avérée très différente. Les deux visaient et ont abouti à l'inventaire d'une liste d'actions générales à mener sur le territoire.

Les caractéristiques des régions diffèrent aussi. Le pays Monts et Barrages est une zone rurale, située pour sa plus large part à l'extérieur de la zone d'attraction de Limoges, et dont certains secteurs connaissent un fort vieillissement. La zone périurbaine de Saint-Etienne est le champ d'expansion rapide d'une grande agglomération dont le centre ville est en crise. Les dynamiques territoriales auxquelles sont confrontés les acteurs locaux sont donc largement inverses, ce qui ne facilite pas la comparaison mais renforce son intérêt.

A Eymoutiers comme à Saint-Etienne, les zones d'étude initialement envisagées ont été significativement réduites lors de la mise en œuvre de l'Atelier. De l'ensemble du pays Monts et Barrages (32 communes et 3 cantons), on a finalement décidé de prendre le canton d'Eymoutiers comme cas de référence. A Saint-Etienne, les pilotes de l'étude ont décidé que la réflexion ne porterait finalement pas sur l'ensemble de l'agglomération mais sur une zone test plus réduite de 10 communes du Nord-est, même si les actions proposées pouvaient être extrapolées à l'ensemble du périurbain. Dans les deux cas, cette réduction visait à donner à l'Atelier une référence localisée concrète et maîtrisable. Mais il était souhaité que les réflexions et les résultats gardent une portée plus générale.

A Eymoutiers, le travail du groupe multi-acteurs s'inscrivait, on l'a dit, dans un dispositif plus vaste de type "Forum paysager", organisé par l'équipe du projet de recherche et qui comprenait une enquête qualitative par entretiens semi-directifs auprès de personnes-ressources sur les usages de l'espace liés aux grandes activités présentes dans le canton, une campagne de mobilisation-animation sur le thème du paysage, fondée sur plusieurs dispositifs d'enquête photographique et une exposition publique de 30 photographies de paysage prises par des habitants. A Saint-Etienne, l'Atelier s'intégrait aussi dans un système plus vaste de collecte d'information. L'équipe du projet a réalisé parallèlement aux Ateliers un travail complet d'analyse documentaire, de traitement de données et mené une longue série d'entretiens individuels. Les résultats de ce travail ont été réinjectés sous forme de comptes-rendus introductifs aux réunions de l'Atelier.

Dans les deux cas, les participants ont été cooptés par l'équipe d'animation. A Eymoutiers, les participants ont été choisis parmi les élus et dans les réseaux associatifs ou professionnels existants et les partenaires de la Chambre d'Agriculture : forestiers, agriculteurs, pêcheurs, chasseurs, professionnels du tourisme, environnementalistes. Il fallait que les participants restent en nombre restreint afin que le débat puisse être possible et fructueux, mais que chaque grande activité du territoire soit représentée. A Saint-Etienne, la sélection des acteurs s'est faite aussi par cooptation en veillant à ce que 4 "collèges" soient représentés : activités économiques et sociales, organismes à caractère familial, éducatif, culturel et sportif, personnalités qualifiées et élus des différentes communes.

peux porter sur le projet d'Eymoutiers est plus interne que celui que je porte sur celui de Saint-Etienne. C'est pourquoi, en plus des comptes-rendus de séance et de mes notes, je m'appuie sur le mémoire de fin d'études d'Evelyne Barlet, stagiaire de l'ENITA (Barlet 2002) pour avoir accès aux objectifs de l'équipe.

Déroulement des travaux

A Eymoutiers, le groupe multi-acteurs s'est réuni quatre fois en un an : en septembre 1999, mars, septembre et novembre 2000. Le rythme envisagé des réunions a été perturbé par la tempête de décembre 1999, dont les conséquences ont été sérieuses dans la région et qui a mobilisé les acteurs pendant de longues semaines. **La première réunion** a été organisée sous forme d'ateliers parallèles où il s'agissait d'établir la description d'un paysage "idéal" et la recherche des facteurs qui empêchaient d'atteindre cet état. Un atelier rassemblait les producteurs de paysage : forestiers et agriculteurs, un autre les utilisateurs de paysage : touristes, randonneurs, habitants, chasseurs, environnementalistes,... et le troisième les élus, prescripteurs du paysage. La mise en commun des réflexions a conduit à des échanges très animés et riches en contenu. **La deuxième réunion** avait pour but de préciser les enjeux paysagers concrets et la localisation des principaux problèmes. Les participants ont cette fois été répartis en deux groupes. Le premier devait réfléchir sur les moyens de maintenir la cohérence et la diversité des paysages de la zone, qui étaient apparues comme un des éléments du paysage idéal. Le second travaillait sur le deuxième thème issu de la réflexion antérieure : « Comment maintenir un paysage habité, ouvert et accessible ? ». **La troisième réunion** a porté sur une analyse des cartes réalisées par l'équipe d'animation sur SIG pour tenter de localiser certains enjeux paysagers à partir des facteurs énoncés la fois précédente. Ensuite on a discuté, hiérarchisé et validé les principaux thèmes d'action apparus précédemment. **La dernière réunion** avait pour objectif de réintégrer les propositions du groupe dans les procédures en cours sur la zone.

A Saint-Etienne, un comité de lancement regroupant les principales structures institutionnelles susceptibles d'être intéressées a été organisé en mai 2002. Trois réunions ont été planifiées, en juin, juillet 2002 et septembre 2002. **La première réunion** avait pour objectif de faire émerger la perception des spécificités de la zone test par les personnes présentes. Après une rapide présentation de SEM et des éléments structurants de son territoire, suivie d'un aperçu de l'histoire de l'agglomération stéphanoise, on a demandé aux participants de s'organiser librement par groupes de 4 ou 5 personnes et de dessiner, à partir d'une légende fournie, une carte décrivant la zone test. En séance plénière, les calques de chaque composante ont ensuite été présentés, superposés et rapidement analysés par les chargés d'étude et discutés collectivement. **La deuxième réunion** a été consacrée à l'inventaire des atouts et handicaps de la zone test. Elle a débuté par un exposé de l'équipe de coordination à propos des éléments de diagnostic rassemblés entre-temps par synthèse de la cartographie de la réunion précédente, entretiens avec des personnes ressources et des recherches bibliographiques. Des groupes ont été invités à se former par affinité pour vérifier, confirmer ou infirmer les éléments de diagnostic recueillis par l'équipe en choisissant librement les zones, thèmes ou composantes thématiques qu'ils souhaitaient aborder et présenter les résultats de leur travail lors d'une séance de mise en commun. La réunion s'est terminée par un essai de recensement collectif des atouts, handicaps, limites et contraintes de la zone et d'une réflexion stratégique autour des enjeux. **La troisième et dernière réunion** avait pour objectif de procéder à une pré-programmation des actions à mener. A partir d'une documentation importante reçue à l'avance, fournissant une liste d'enjeux globaux préparée par l'équipe à partir de la réflexion de la réunion précédente et de son travail propre, et d'une liste d'actions types envisageables tirée d'un document méthodologique général de planification, il a été demandé au groupe de valider puis hiérarchiser les enjeux et de proposer les mesures ou opérations les plus adaptées aux enjeux importants repérés.

Un bilan

L'évaluation en termes de réussite ou d'échec a peu de sens, devant le manque de critères pour évaluer la qualité des résultats produits ou les comparer avec ceux obtenus au moyen de méthodes plus traditionnelles. Surtout, ce bilan devrait être fait par chaque participant. Notons, que dans les

deux cas, une lacune évidente est le manque d'une procédure d'évaluation finale. On peut simplement dire que les deux démarches sont parvenues aux objectifs qu'elles s'étaient fixées : repérer les grands problèmes du territoire, proposer une stratégie composée d'objectifs généraux à atteindre et d'actions ou de moyens à mobiliser et lister des mesures réglementaires, économiques ou organisationnelles visant à un meilleur fonctionnement du territoire. Dans les deux cas, les propositions et recommandations élaborés dans les Ateliers devaient ensuite être réutilisées à une autre échelle ou dans d'autres cadres. Il était question à Eymoutiers de reprendre les travaux pour élaborer le volet « paysage-patrimoine-environnement » des Contrats Territoriaux d'Exploitation. On envisageait aussi que le groupe multi-acteurs constitue la base du futur Conseil de développement du Pays Monts et Barrages. A Saint-Etienne, la réflexion de l'Atelier devait être reprise dans les travaux du SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) et de l'Agenda 21 et les actions proposées dans l'étude soumises dans une réponse à un appel à projets européen.

Il est possible sans reprendre l'analyse détaillée des deux expériences qui se trouve dans (Joliveau 2004), de réinterroger systématiquement ces expériences à la lumière du modèle d'organisation de l'Atelier participatif présenté et de la problématique d'ensemble de la planification participative au niveau local que nous avons construite.

Quelle influence a l'organisation sur le processus ?

Il n'existe pas d'expérience idéale. Chaque Atelier est confronté à des contraintes pratiques, qui font qu'il ne peut que tenter de produire des résultats satisfaisants. Le modèle théorique d'organisation sert non d'étalon pour établir un palmarès, mais de référence pour construire une démarche adaptée aux objectifs et aux contraintes. L'analyse *a posteriori* de l'Atelier permet d'enrichir les références et de repérer les bonnes pratiques. Ces deux expériences sont singulières comme l'est chaque Atelier participatif, qui a toujours une dimension expérimentale. Dans les deux cas, c'était la première fois que les équipes d'animation conduisaient une démarche de ce type, dans un contexte de recherche pour la première et de sous-traitance d'étude pour la seconde.

On distingue nombre de décalages par rapport au "modèle théorique". A Eymoutiers, l'équipe d'animation n'est pas restée stable jusqu'au bout. Les universitaires n'ont pu, pour des questions d'emploi du temps, animer la dernière réunion, ce qui a pu contribuer à déstabiliser le groupe multi-acteurs. A Saint-Etienne, si le noyau de l'équipe est resté le même, cette dernière s'est étendue lors de certaines réunions à de nouveaux animateurs issus du bureau d'étude, ce qui a pu aussi contribuer à désarticuler la réflexion. La durée de l'Atelier a été un peu longue à Eymoutiers (plus d'un an) ce qui a pu diluer l'intensité de la mobilisation. Le nombre de réunions à Saint-Etienne est clairement trop faible, compte tenu des ambitions de la démarche. La composition dans les deux cas s'est faite par cooptation, avec une influence de la part de l'équipe pour aller chercher des acteurs nouveaux, comme l'association écologiste d'Eymoutiers. Il n'est donc pas possible de dire si d'autres acteurs potentiels ont été volontairement ou de fait écartés. En revanche, certains phénomènes perturbateurs peuvent être constatés. La liste des participants a souvent beaucoup varié entre les différentes réunions, ce qui a nui évidemment à la cohérence du travail collectif. A Saint-Etienne, certaines organisations cooptées, comme les organisations économiques, n'ont pas participé, certaines administrations ont eu trois participants successifs différents, alors que la FRAPNA (Fédération Rhône-Alpes des Associations de Protection de la Nature) a été représentée systématiquement à toutes les réunions par les deux mêmes personnes.

L'Atelier ne peut et ne doit pas obéir à un programme établi de manière stricte. La thématique et la méthode doivent se construire au fur et à mesure. Ce caractère improvisé a eu pour conséquence que dans les deux expériences, les participants découvraient les tâches à réaliser à chaque nouvelle réunion, mais sans pouvoir infléchir le cours de la démarche. En tant que participant et non organisateur de la démarche stéphanoise, il nous a ainsi paru que l'Atelier ne disposait pas de mise

en perspective de sa propre réflexion. Nous avons eu parfois le sentiment qu'une majorité des participants se contentait de réaliser les tâches demandées sans toujours bien replacer celles-ci dans la logique d'ensemble qu'avait l'équipe. A Eymoutiers, la méthode a été élaborée et modifiée en permanence, en fonction des résultats des séances de travail, des besoins exprimés par les participants tout en maintenant la visée des objectifs du début. Le principal défaut des deux démarches est que la méthode n'a pas fait l'objet d'un dialogue avec les participants. L'équipe devrait disposer à chaque étape de plusieurs scénarios méthodologiques qu'elle pourrait fournir pour discussion aux participants.

Comment choisit-on l'échelle de la réflexion ?

Il est important de noter que dans les deux cas, la zone sur laquelle porte la réflexion sert de référence pour analyser des problèmes et trouver des solutions qui concernent un territoire plus large dans lequel cette zone s'insère : à Saint-Etienne, une zone test à la place de la périphérie de l'agglomération ; à Eymoutiers, le canton à la place du Pays de Monts et Barrages. La principale explication est le caractère méthodologique et exploratoire des deux opérations. Dans les deux cas, on teste une méthode sur une zone test. Le territoire dont on parle n'est pas celui que l'on vise à terme. Le biais évident de la référence spatiale est toutefois un peu différent dans les deux cas. A Saint-Etienne, le choix de la zone test avait été effectué très en amont, avant le comité de lancement. Lors de celui-ci, elle avait été présentée comme plus ou moins représentative des zones périurbaines stéphanoises, ce que certains partenaires avaient réfuté¹. La question du périmètre de la réflexion n'a pas été posée au groupe et le travail de l'Atelier s'est réalisé ensuite en deux temps : 1) fournir des éléments de diagnostic intégrant les spécificités de la zone test, 2) discuter et valider, à partir de cette référence, les premières grandes lignes d'une politique communautaire pour les espaces périurbains stéphanois. Or cette organisation nous est apparue pénalisante. Le statut de ce qui se disait dans l'atelier n'était pas toujours clair. Les avis exprimés concernaient-ils la zone test, les territoires péri-urbains stéphanois, le péri-urbain en général ? Ce décalage a contribué à générer une impression de flou, que nous avons ressentie par moments en tant que participant.

Le dispositif mis en place à Eymoutiers était différent. L'atelier avait pour mission de travailler sur le canton, ses problèmes, ses enjeux. Les actions proposées s'appliquaient au canton. Mais l'idée était bien là aussi d'élargir dans un second temps la réflexion, à partir de ce premier travail, aux trois cantons formant le Pays, bien que l'expérience n'ait pas été menée jusque là. Dans tous les cas, la discussion dans l'Atelier et la validation par les participants des limites du territoire sont fondamentales.

L'Atelier est-il chaud ou froid ?

A Eymoutiers, le dispositif de recherche adopté a conduit à effectuer deux fois l'analyse des enjeux paysagers, selon deux procédures différentes : la réflexion multi-acteurs dans le cadre de l'Atelier et une enquête par entretiens séparés de personnes ressources. Plusieurs raisons avaient conduit à doubler l'Atelier d'Eymoutiers d'une série d'entretiens. Un manque de confiance d'abord. Ne sachant pas si les acteurs joueraient le jeu du groupe multi-acteurs et si de cette expérience originale émergerait une réflexion assez riche et complète pour pouvoir produire un diagnostic territorial pertinent, l'équipe avait voulu s'assurer d'une collecte d'information suffisante par l'intermédiaire d'une procédure plus classique. Elle pensait aussi que le pilotage de l'Atelier serait facilité par une meilleure connaissance des enjeux repérés à dire d'experts. En particulier, transcrire

¹ Sa principale caractéristique était d'inclure la commune dont l'élu de Saint-Etienne qui pilotait l'opération était le Maire. Barlet (op.cit. p. 18) déplore d'ailleurs ce choix "politique".

à l'aide d'une analyse par SIG un certain nombre d'enjeux ou d'impacts paysagers nécessitait de disposer d'une expertise d'avance par rapport à l'Atelier.

Une comparaison rapide des contenus produits à Eymoutiers montre qu'il est possible de faire émerger les enjeux et les facteurs territoriaux déterminants, aussi bien par la mobilisation directe d'un Atelier participatif que par une enquête auprès d'experts. Les résultats obtenus par les deux méthodes se recoupent largement dans les grandes lignes. L'enquête apporte par nature plus d'éléments quantifiés et objectivables, plus de détail dans les modèles de fonctionnement. En revanche, l'Atelier arrive plus directement à des conclusions synthétiques et ne distingue jamais problèmes repérés et solutions proposées, qui émergent dans le même temps. La démarche est globalement plus synthétique, dynamique et positive, alors que les entretiens sont plus analytiques et détaillés. Mais les problèmes mis en évidence sont globalement les mêmes. Dans les séances de l'Atelier, l'existence de conflits plus ou moins connus a eu tendance à être relativisée, alors que les entretiens en face à face conduisaient plutôt à les mettre en relief. Du point de vue "substantiel" pour reprendre le mot d'Ascher les deux approches diffèrent peu. En revanche, du point de vue procédural, l'Atelier est très différent. Le caractère collectif de la réflexion, le contexte de confrontation de points de vue et d'interactions entre acteurs qui ont présidé à la réflexion les placent du côté de ce que Piveteau (1995) appelle les démarches "chaudes" opposées aux démarches "froides", plus scientifiques et impartiales sous forme de connaissance d'expert. Leur légitimité en cas de réutilisation dans une logique de décision est probablement différente.

Ceci dit, un Atelier participatif nécessite une succession de phases "chaudes" et de phases "froides". Comme on l'a vu dans le schéma macro-micro de décision de Jankowski et Nyerges (2001), les types d'activité liées à une décision sont très variées. A certains moments, les participants produisent des analyses ou des avis. A d'autres, ils étudient et réfléchissent sur des informations ou documents d'experts produits ou fournis par l'équipe d'animation. L'articulation des phases "chaudes" et "froides" n'est pas toujours simple. Dans le cas stéphanois, la continuité de la réflexion de l'Atelier a été assurée par le travail d'expertise réalisée par l'équipe d'animation qui a mené en parallèle à l'Atelier une démarche d'étude classique. Les moments participatifs sont venus ponctuer le déroulement de l'étude, comme l'atteste très clairement l'organisation des séances. A Eymoutiers, c'est la continuité de la démarche "chaude" qui a été privilégiée. Par exemple, les résultats de l'enquête qui avait précédé n'ont pas directement été utilisés pour l'animation du groupe. Une fois l'approche collective lancée, il s'est avéré difficile de trouver une occasion pour réintroduire des éléments plus objectifs. Pourtant, après la deuxième réunion, il avait semblé à l'équipe d'animation que le groupe était arrivé à la réunion précédente aux limites de ses capacités de diagnostic. Dans la localisation des problèmes en particulier, les participants disaient ne pas pouvoir avancer et manquer de connaissances factuelles. Ils se tournaient vers l'équipe pour localiser et systématiser les enjeux repérés. Alors que les deux premières réunions avaient été portées par une dynamique de réflexion propre au groupe, dans la troisième, les participants plus passifs écoutaient l'équipe proposer l'ensemble des éléments de discussion : cartes numériques de type "experts", liste des objectifs et des actions énumérées dans le cadre de l'Atelier avant de se prononcer à leur propos. Remarquons que l'apport d'une expertise externe exige de laisser à l'Atelier du temps pour comprendre et débattre de ces connaissances extérieures. Cela nécessite souvent de multiplier le nombre de réunions. Or le temps est une ressource très contrainte dans un Atelier participatif. Les citoyens ordinaires prennent sur leur loisir et leur vie familiale le temps qu'ils lui consacrent.

Pourquoi participe-t-on à un Atelier participatif ?

Il faut pour répondre à cette question distinguer ceux qui sont à l'initiative de la constitution de l'Atelier et ceux qui y sont invités. L'idée de réunir un Atelier participatif est dans les deux cas née dans la sphère de l'expertise (les chargés d'étude de la Chambre d'Agriculture ou de Saint-Etienne

Métropole) et la décision a été prise par les élus. On a vu plus haut que la participation peut se légitimer dans trois registres : social, managérial et politique. Seuls les deux premiers ont été explicitement exprimés dans les deux Ateliers. A Eymoutiers, comme dans beaucoup de zones rurales confrontées à des problèmes de déprise et de déclin démographique, le choix d'une approche participative s'explique par la nécessité de mobiliser les énergies et de créer un mouvement capable d'inverser les dynamiques défavorables actuelles. Une construction en commun des problèmes et la recherche collective des solutions apparaissent comme un moyen de cette mobilisation. A Saint-Etienne, la mise en place d'une démarche participative s'explique par la nécessité de mettre en œuvre la multifonctionnalité des espaces périurbains, ce qui ne peut se faire sans « la mobilisation et la responsabilisation des acteurs. (...) Les habitants doivent être impliqués pour qu'ils soient en mesure de s'approprier les actions qui seront retenues suite au débat » ((Barlet, *op. cit.* p. 13). Le second objectif relève du registre managérial. L'Atelier doit permettre d'améliorer les résultats de l'analyse : « (...) nous souhaitons vivement impliquer des acteurs non institutionnels pour sortir des discours convenus sans véritable prise en compte des spécificités du territoire » (Barlet, *op. cit.*). L'adjonction à la réflexion de nouveaux acteurs non institutionnels (groupes, association, habitants) doit enrichir la vision des problèmes et élargir la gamme des solutions.

Mais la décision de mettre en œuvre un Atelier participatif répond à des stratégies institutionnelles moins déclarées de la part des structures qui les commanditent. A Eymoutiers, le groupe multi-acteurs était à notre sens un moyen pour la Chambre d'Agriculture de sortir de son rôle traditionnel en investissant une thématique originale. Cela lui permettait de faire bouger les positions des différents organismes en charge de la gestion territoriale, de manière à occuper une autre place dans le système institutionnel local. Cette stratégie de repositionnement peut d'ailleurs poser problème, quand il s'agit d'utiliser les résultats de l'Atelier participatif. A Eymoutiers, une fois le projet terminé, la légitimité de la Chambre d'Agriculture à coordonner une approche territoriale et paysagère a été explicitement remise en cause par d'autres acteurs institutionnels.

Saint-Etienne Métropole est une structure jeune, dont la mise en place a été longue et difficile et qui cherche à trouver sa place dans la gestion territoriale par rapport à d'autres structures de financement, d'intervention ou d'étude : le Conseil Général, l'Agence d'Urbanisme, les communes (dont Saint-Etienne), la chambre d'Agriculture,... On peut comprendre l'intérêt de l'Atelier participatif pour SEM comme un moyen de disposer d'informations spécifiques par des circuits autres que celui de son fournisseur habituel principal qui est l'Agence d'Urbanisme, sans remise en cause de celle-ci. Le caractère « exploratoire » de la démarche (Barlet, *op. cit.*) est bien adapté pour s'assurer une mobilisation des partenaires choisis tout en tenant informés tous les acteurs. En fait, il est apparu très vite que l'équipe cherchait autant, sinon plus, à comprendre les perceptions que pouvaient avoir les acteurs locaux des problèmes et solutions dans un espace de ce type que de comprendre les problèmes et solutions eux-mêmes. On peut supposer que le caractère participatif de l'Atelier était un moyen pour SEM d'identifier ou d'anticiper les éventuels conflits potentiels que son intervention pouvait rencontrer dans le périurbain. Cette petite manipulation des participants a toutes les chances à notre avis de se retourner contre les initiateurs, soit pendant l'Atelier, soit plus vraisemblablement lors d'une phase ultérieure nécessitant une nouvelle participation de ces participants dans un autre contexte.

Les motivations des participants peuvent être très variables. Même s'ils sont là en tant que personnes, les participants jouent la stratégie de leurs institutions. Certaines d'entre elles sont dans l'Atelier pour faire passer des messages. A Saint-Etienne, il nous semble que la FRAPNA était là pour répéter une nouvelle fois des idées déjà exprimées mais pas assez entendues à son goût. La Chambre d'Agriculture était visiblement présente pour démontrer la qualité d'expertise dont elle dispose et rappeler sa légitimité à intervenir dans le domaine du périurbain. La participation

volontaire des élus dans les deux cas peut s'expliquer par une volonté de se tenir informés en profitant d'une forme d'expression non conventionnelle des problèmes locaux. Cependant, au cours de l'Atelier, ces logiques organisationnelles perdent parfois leur force à travers la dynamique des échanges interpersonnels. Ce qui nous semble le mieux caractériser les deux Ateliers est bien la situation d'apprentissage dans laquelle sont placés les participants. Ceux-ci doivent expliquer et argumenter leur avis ou leur expérience, tout en écoutant les autres présenter les leurs. La plupart des participants interrogés disent qu'ils ont appris dans l'Atelier des choses qu'ils ignoraient sur le territoire ou les modes d'action des autres acteurs. La nature de l'apprentissage varie en fonction du type des participants : les techniciens peuvent replacer leur expertise sectorielle dans un contexte plus général. Les habitants ou usagers perçoivent mieux les enjeux globaux du territoire. Les militants associatifs entendent dans un contexte médiatisé des discours divergents sur la réalité locale. Cette fonction d'apprentissage est quelque chose de très important. Mais elle fonctionne à l'échelle des individus plus que des organisations. Il s'agit plus d'une prise de conscience *a posteriori* qu'une motivation préalable.

L'Atelier enracine-t-il le projet territorial ?

A Saint-Etienne, l'intégration d'habitants ou d'usagers dans le diagnostic répond à l'objectif explicite de mieux enraciner le projet de territoire, de lui donner une dimension plus spécifique, plus concrète et vécue. Or cette attente apparaît comme contradictoire avec la nature du projet territorial. Si la nécessité d'entendre la parole des habitants en urbanisme ou en aménagement opérationnel est depuis longtemps reconnue (sinon appliquée), l'expression de cette relation d'attachement aux lieux et de connaissance concrète de l'espace semble moins aisée dans une logique d'analyse territoriale. Celle-ci est plus générale et abstraite. Elle s'appuie sur une conceptualisation des phénomènes et mobilise un vocabulaire qui est à la fois conceptuel et ambigu : territoire, développement, dynamiques, lieux, flux, potentialités, enjeux, vocation, ... Même si l'on tente d'éviter, ce qui n'a pas toujours été le cas, le jargon technique (EPCI¹) ou abscons (captation de flux, forces endogènes), on est loin du langage courant. Une réflexion territoriale tire donc souvent vers le général et le conceptuel, et s'éloigne de ce qui serait une "parole de la base". On peut d'ailleurs constater dans les deux expériences que la dynamique de l'Atelier est en effet moins allée dans le sens de la collecte de connaissances, perceptions ou sensibilités locales et nuancées que dans la généralisation des analyses et la recherche de fonctionnements généraux et globaux. Cela peut s'expliquer aussi par le dispositif choisi. Dans les deux cas, il s'agissait moins de diagnostiquer un espace concret que de construire une stratégie d'action générale sur un espace plus large. Les Ateliers ont donc plutôt fonctionné en tamisant les impressions et en lissant les points de détail afin de produire une stratégie d'ensemble accompagnée de différentes actions généralisables. Cependant il faut nuancer. Il semble que, même si la réflexion collective tend à la généralisation, la présence de "vrais" habitants a pour conséquence que tous les acteurs sont nécessairement conduits à appuyer leurs arguments sur une connaissance concrète et intime des choses pour que les idées générales émises soient audibles. Nous en avons un exemple à propos du discours du membre de l'association écologiste à Eymoutiers, dont le discours, peu étayé sur des exemples concrets et locaux, a rapidement été neutralisé par les connaissances pratiques du territoire des chasseurs et des forestiers. L'introduction d'éléments concrets dans l'analyse est d'ailleurs autant le fait de techniciens sectoriels ou d'élus que d'habitants ou d'usagers. Ce que l'on a observé dans les deux Ateliers, c'est une très remarquable compétence sectorielle des techniciens locaux et une bonne connaissance de terrain des élus présents.

¹ Voir la table des sigles en fin de chapitre.

L'Atelier est un espace où peuvent se combiner plusieurs types d'expertise. La combinaison doit se faire entre une expertise interne et une expertise externe. L'expertise externe est celle des techniciens, spécialistes, administrateurs et scientifiques. L'expertise interne est celle des élus, des représentants associatifs et des habitants. Les experts sectoriels (techniciens de la Chambre d'Agriculture, experts forestiers, SAFER, agents des collectivités locales...) connaissent très bien leur domaine d'action (gestion agricole et forestière, marché foncier, ...). Ils connaissent aussi le terrain local et les acteurs, qu'ils pratiquent régulièrement, mais perçoivent à travers leurs lunettes sectorielles. Toutefois, ils ont la capacité d'établir des comparaisons entre la situation locale et des situations voisines. Ils connaissent aussi bien les procédures et moyens d'actions de leur secteur. Dans les deux cas, les experts sectoriels sont caractérisés par un discours très structuré et argumenté. Les experts des services de l'État ont plutôt une vision générale des problèmes et un investissement local souvent plus faible dû à leur mobilité professionnelle. Ils mobilisent facilement des expertises formelles (rapports, études) de situations comparables et connaissent les procédures. Les élus ont un savoir global des problèmes des populations locales et une connaissance (variable selon le type d'élu) des procédures d'intervention. Les représentants associatifs ont un regard militant. Ils ont une connaissance locale, qu'ils envisagent à travers l'objectif qui les fait agir : social, écologique, culturel ou technique. Ils peuvent aussi disposer de réseaux d'expertise extra-locale dans leur domaine. Tous les participants mobilisent aussi une expertise liée à leur profession ou leur vie personnelle, directement en rapport avec l'espace local en question (agriculteur, exploitant forestier, directeur d'école, assistante sociale, ...) ou élaborées à partir de situations perçues comme équivalentes.

On peut donc se demander si l'Atelier participatif n'est pas une illusion comme moyen privilégié d'accéder à la vision des habitants. Les personnes cooptées le sont justement toujours parce qu'elles ne sont pas tout à fait comme les autres (rôle social, culture personnelle, expérience originale). Elles ne représentent pas les habitants (les élus sont là pour cela) ni même un territoire qu'elles ne peuvent connaître qu'incomplètement. Elles présentent simplement un autre point de vue que ceux habituellement énoncés. L'intégration des perceptions du territoire par les habitants, si on veut les obtenir, passe peut-être par d'autres formes de collecte d'information ; l'enquête par questionnaires ou entretiens et les panels de citoyens sont peut-être mieux adaptés à ce type d'objectif.

L'Atelier est il ouvert aux idées nouvelles ?

Comme on l'a vu, l'existence d'une "scène locale" fait que la réflexion territoriale rassemble régulièrement le même aréopage d'acteurs, qui se connaissent bien, se rencontrent régulièrement et sont souvent figés dans des rôles hérités. L'Atelier participatif est-elle la procédure la plus efficace pour faire émerger des idées nouvelles ? Les deux exemples conduisent à une réponse plutôt négative, mais qui peut s'expliquer par la procédure de cooptation choisie, qui ne facilite pas l'intégration de groupes minoritaires, marginaux ou innovants. A Saint-Etienne, on n'a pas ressenti que parmi les idées exprimées, certaines aient été perçues par les participants comme nouvelles ou originales. On a plus eu l'impression de la reprise par chacun de positions ou de propositions attendues et déjà entendues. L'association écologiste FRAPNA est localement trop forte et ses positions trop connues des autres participants pour qu'on puisse les considérer comme nouvelles. A Eymoutiers, l'introduction voulue par l'équipe de coordination d'une association écologiste aurait pu produire un effet de ce type. Des remarques échangées en aparté entre participants et l'attitude de cette personne pendant les débats signalaient bien le caractère insolite pour beaucoup de sa présence dans l'assemblée et le caractère décalé de ses remarques. Mais, comme on l'a dit plus haut, le manque d'enracinement local de son discours a rapidement étouffé celui-ci. Une note autocritique à ce propos : l'animateur aurait pu supporter plus nettement l'émergence d'une position d'emblée très minoritaire dans l'Atelier. L'équipe aurait certainement dû au préalable,

pour bousculer cette audience très agrico-rurale, aller chercher des spécialistes de l'écologie en dehors de la sphère locale. Toutefois, le poids des experts ou des acteurs conventionnels, habitués à échanger sur les thèmes concernés, ne facilite pas l'immixtion dans le débat d'un acteur nouveau venu présentant des idées originales, qui risquent d'être rapidement cataloguées comme fantaisistes. Peut-être faut-il là aussi ne pas attendre plus qu'il n'est possible d'un Atelier participatif. Celui-ci ne peut jouer ce rôle que s'il s'appuie sur des dispositifs de veille d'innovation, qui doivent se trouver intégrés dans les cellules permanentes de la planification spatiale.

Un autre facteur, lié au précédent, fait écho à la difficulté d'articuler des problématiques environnementales évoquées pourtant lors des débats (effet des boisements et perte de la biodiversité à Eymoutiers, pollution des nappes dans le péri-urbain stéphanois) dans un projet de territoire si cette thématique n'est pas posée dès le départ. Au risque de nous répéter, c'est ce qu'une thématique de développement durable permettrait de prendre en compte. Un autre problème reste la capacité de l'Atelier à apporter des réponses dans son cadre à des questions nécessitant une expertise particulière. Le rôle de l'Atelier est alors de pointer les lacunes d'études et d'information à propos de sujets mal connus mais importants.

Qui tient les rênes de l'Atelier ?

Les deux expériences démontrent la nécessité de la présence d'un animateur étranger au jeu d'acteurs local pour que la réflexion collective s'instaure. Mais, à côté de ces animateurs extérieurs, il faut que l'équipe comporte aussi des experts locaux. Ce doublet intérieur/extérieur semble indispensable. L'animateur extérieur offre un regard impartial et désengagé. Il peut être selon les cas successivement médiateur, modérateur ou provocateur. Sous un regard extérieur, les acteurs locaux sont insensiblement conduits à gommer des désaccords et dissensions préexistants que tout le monde connaît, tant que les intérêts primordiaux ne sont pas mis en cause. La défection de l'animateur extérieur risque de renvoyer le groupe à ses conflits sous-jacents, ce qui peut expliquer les difficultés de la dernière réunion d'Eymoutiers. Mais il faut aussi un ou plusieurs animateurs locaux, capables d'impulser la réflexion et de garantir que le chemin suivi est celui qui convient au groupe.

On ne reviendra pas sur les techniques d'animation nécessaires à cette activité. Leur maîtrise est indispensable au fonctionnement d'un Atelier participatif. La diffusion de ces méthodes et leur développement est un point fondamental. On notera que le degré de liberté dans la formation des groupes varie entre les deux expériences. A Saint-Etienne, l'équipe stéphanoise a laissé volontairement les participants choisir les groupes de travail, tandis qu'à Eymoutiers l'équipe s'est montrée plus directive. Elle a associé à chaque acteur un rôle précis (producteur, utilisateur, prescripteur¹) et distribué ensuite les rôles en fonction des activités (groupes par acteur, groupes multi-acteurs). Barlet justifie le choix stéphanois en notant que même s'il présente « le risque d'avoir des rapprochements par affinités (agriculteurs s'associant avec la Chambre d'Agriculture), c'est aussi l'occasion de voir réellement les jeux entre acteurs ». L'observation des deux expériences nous amène à penser que le jeu d'acteurs est en définitif peu lisible, tant il combine des rationalités institutionnelles et personnelles. En revanche, le rapprochement par affinité appauvrit les débats, car il laisse les participants libres de se replacer dans des rôles et des conduites routinières, alors que l'objectif est plutôt de créer de nouvelles formes d'échange. Dans l'Atelier stéphanois, certains participants ont ainsi regretté que les animateurs ne fixent pas eux-mêmes les

¹ Il n'est pas sûr que cette répartition *a priori* des acteurs réels selon un profil au caractère aussi économique soit très pertinente. Son intérêt sous forme de rôles que les acteurs joueraient, indépendamment de leur rôle sociale est à considérer.

groupes. Le partage autoritaire des rôles permet de scénariser l'Atelier tout en augmentant les possibilités d'interactions entre les participants.

Comment se gèrent conflits et controverses dans l'Atelier ?

Les deux expériences sont notables par la rareté d'expression de conflits ouverts. A Eymoutiers, le groupe des "producteurs" avait décidé explicitement de laisser de côté les points de frottement habituels entre partenaires qui se connaissaient de longues dates (paysans /forestiers). Comme on l'a vu, des positions *a priori* conflictuelles (chasseurs/associations environnementales) se sont trouvées désamorçées dans le groupe des "utilisateurs", peut-être à cause du fait que la problématique abordée était le paysage. Un autre point est marquant à Eymoutiers : les partenaires se sont mis explicitement d'accord sur un but commun : le maintien de paysages ouverts et vivants. Mais la nécessité d'un changement des pratiques de certains acteurs locaux telles que la course à l'agrandissement des exploitations agricoles, ou l'adoption d'autres choix de mode d'exploitation forestière apparaît en retrait. Sont privilégiés les changements nécessitant la mobilisation de nouvelles ressources externes : pistes agro-forestières, aides agricoles,...

A Saint-Etienne, le principal point de désaccord a porté sur la nécessité de contraintes environnementales défendue par la FRAPNA et la fragilisation des exploitations agricoles que celles-ci entraîneraient selon les agriculteurs. De petites piques avaient été échangées, mais c'est à l'extrême fin de la dernière réunion, au moment de la séparation des participants qu'a éclaté un bref mais violent échange verbal sur ce thème entre les représentantes de la FRAPNA et une Maire agricultrice. Si l'enjeu avait été un rapport de force pour peser sur les recommandations de l'Atelier, l'éclat aurait dû avoir lieu plus tôt. Le fait qu'il se produise alors que les travaux étaient clos peut s'analyser *a contrario* comme le signe que les deux parties souhaitaient marquer la permanence d'un différend, malgré la réflexion collective qui venait d'avoir lieu. L'Atelier participatif semble fonctionner alors comme une scène sur laquelle les participants discutent en public tout en sachant que les questions se règlent en coulisse. La FRAPNA est dans la Loire un lobby fort, dont l'avis sera de toute manière pris en compte par Saint-Etienne Métropole (Barlet, *op. cit.*). Par ailleurs, elle est en conflit avec la Chambre d'Agriculture, et tous les participants le savent. Cela conduit à regretter que les animateurs n'aient pas permis à la controverse, qui est au centre de la multifonctionnalité périurbaine, de se déployer plus tôt. Expliciter le désaccord potentiel aurait pu permettre de mieux saisir les enjeux du territoire et d'approfondir la réflexion du groupe. A Eymoutiers, une discussion un peu vive a eu lieu sur l'impact que des boisements en bordure de rivière pourraient avoir sur la qualité et la quantité d'eau dans les cours d'eau. Elle s'est terminée sur le constat d'un manque de certitude scientifique à propos de l'impact sur l'assèchement des cours d'eau, tout en reconnaissant la réalité des problèmes qu'ils posent pour l'accessibilité à la rivière. Une ouverture vers la recherche d'information sur ce thème aurait pu être proposée par l'équipe d'animation.

Plus généralement, des éléments d'expertises, plus ou moins formalisés, structurés et argumentés sont croisés et combinés dynamiquement au cours de la discussion. La construction des problèmes ou des enjeux à retenir se fait par agglomération progressive d'avis généraux et de témoignages localisés. La collation de ces différentes expertises en un produit final formalisé validable par les participants revient à l'équipe d'animation. Celle-ci doit en cours de débat synthétiser et reformuler les échanges sans les trahir et tout en veillant à ne pas briser la dynamique d'échange. Elle doit aussi produire des comptes-rendus qui résument les débats sans les dénaturer.

L'Atelier peut-il déboucher sur l'action ?

La finalité affirmée des deux Ateliers était de produire un plan d'action pour le territoire. Dans la réalité, les plans d'actions n'ont pas été directement mis en oeuvre, ce qui n'est pas en soi surprenant. Comme le remarquent Fouchet et Lopez (2000) le repérage des actions est la tâche la

plus aisée d'un projet territorial. Les opérations en attente et les actions possibles identifiées y sont légion. Les deux Ateliers ont d'ailleurs servi à recycler une théorie d'actions déjà envisagées et discutées. Le nombre d'actions réellement originales, jamais encore mises sur la table dans une réunion, y a au contraire été très faible.

Dans une logique territoriale, ce qui est complexe, c'est moins le choix d'actions que l'articulation entre les problèmes, les moyens et les solutions possibles. Une action n'a de chance d'être viable que si elle s'intègre dans cette séquence. Si l'on veut que de multiples acteurs aux rationalités et finalités différentes puissent se coordonner, il faut pouvoir disposer d'une intelligence collective des problèmes posés. L'Atelier participatif est utile au niveau de l'expression collective des préoccupations, de la construction conjointe des problèmes et d'une hiérarchisation commune des enjeux. Cela ne signifie pas qu'il ne doit pas être organisé autour de la recherche de solutions. Dans le débat des ateliers, le problème et la solution proposée sont exprimés souvent dans le même mouvement. Ce que l'atelier participatif fait émerger, ou plus exactement construit, ce sont les enjeux du territoire, entendus au sens propre comme ce qui s'y trouve en jeu, ce que le territoire peut espérer gagner ou perdre dans le futur. Ces enjeux se transforment aisément en objectifs à atteindre, et peuvent se décliner en grandes orientations ou en stratégie d'action.

La participation fonctionne moins bien quand il s'agit de passer de la stratégie aux mesures concrètes. Par leur compétence et leur pratique, les experts dominent le travail très technique qui vise à chercher les outils (modes d'intervention, actions, règlements) permettant d'atteindre les objectifs repérés. A Saint-Etienne, cela a pris la forme caricaturale d'une sélection de mesures dans un catalogue prédéterminé, ce qui est contraire au principe de spécificité qui sous-tend un projet territorial. A Eymoutiers, cette phase a elle aussi mobilisé presque uniquement l'équipe et les experts sectoriels. Les techniciens ont aussi été à l'initiative de la majeure partie des actions à mener. Étant donné les compétences techniques, juridiques ou institutionnelles complexes dont il faut disposer, cette suprématie des experts classiques est compréhensible. Elle marque à notre sens les limites d'une approche participative en amont de l'élaboration des programmes. En revanche, les débats sur les enjeux et les objectifs d'un projet territorial, qui constituent à notre sens l'apport le plus intéressant des deux Ateliers n'ont paradoxalement pas fait l'objet d'une communication externe au niveau local. Cela pose un problème fondamental de démocratie. Celui de la part de pouvoir lié à la manière dont la technocratie peut réinterpréter une politique, en la traduisant en mesures concrètes et pratiques, en normes d'action ou en règlements.

La prise en compte de l'espace

La dimension spatiale des phénomènes qu'il doit prendre en compte est la principale spécificité d'un Atelier participatif territorial. La réflexion collective doit donc nécessairement intégrer une dimension de spatialisation. Or, d'après de nombreux observateurs, les travaux des groupes ou commissions classiques associant élus et experts et qui ont en charge l'élaboration des projets territoriaux pèchent justement par la faible dimension spatiale de leur réflexion et une utilisation étonnamment réduite de supports spatiaux, qu'il s'agisse de cartes ou d'autres types de document¹. La réflexion se fait essentiellement sous forme de discours, souvent généraux, parfois localisés de manière imprécise. Il est donc intéressant de voir comment un Atelier participatif peut prendre en compte l'espace, dans un contexte où les participants ne se limitent pas à produire et échanger des discours ou des arguments, y compris à partir de documents ou cartes, mais où ils sont amenés par la nature de l'Atelier à réaliser des tâches concrètes, du type commenter, dessiner ou compléter des cartes.

¹ Un des objets de la recherche pour la DATAR mentionnée plus haut était d'étudier et de proposer une méthodologie d'amélioration des projets de ce point de vue.

Raisonner dans l'espace

Il faut d'abord tenter de définir (simplement, malgré le caractère complexe de la question) la nature de cette réflexion spatiale. Elle met en œuvre des opérations de type cognitif très variées qui portent sur des êtres, objets, phénomènes, processus qu'il faut localiser, décrire, qualifier, classer, hiérarchiser, ... Il faut aussi pouvoir exprimer les relations spatiales qui existent entre ces entités, et raisonner logiquement à leur propos, envisager leurs évolutions dans le temps et effectuer bien d'autres opérations. Ces opérations s'appuient sur deux types de représentation spatiales : les représentations spatiales parfois dites internes que nous continuerons pour notre part à appeler par commodité *représentations mentales* et des *représentations spatiales externes* qui sont matérialisées par des objets distincts de leur auteur et qui deviennent ainsi accessibles à d'autres participants par le biais d'une procédure de communication (Maurel 2001). Les représentations spatiales externes prennent de multiples formes : textes, cartes, photographies, représentations 3D, etc.. Il nous semble pourtant qu'en laissant volontairement de côté le discours et les textes, P. Maurel autonomise artificiellement les représentations spatiales. Le langage en particulier l'expression orale, ne peut pas être considéré comme une représentation externe, car il est difficilement matérialisable, s'il n'est pas enregistré. Pourtant le discours, au sens de système de signes vocaux (Berger et Luckmann 1996), est certainement le moyen le plus employé dans un Atelier pour objectiver une représentation spatiale mentale. Les représentations spatiales externes sont toujours accompagnées de commentaires, remarques, discussions. Il nous semble donc indispensable de ne pas demeurer au niveau formel des représentations externes échangées mais de réfléchir en termes de systèmes de signification (vocaux ou matériels, analogiques ou numériques). Les participants se communiquent des informations à propos de la dimension spatiale de la réalité et contribuent ainsi au « stock collectif de connaissances (spatiales) disponibles » du groupe (Berger P. et Luckmann T., *op. cit.*). Cette information peut être objective, c'est-à-dire que pour le participant qui l'exprime, elle est censée décrire la réalité, c'est une *fait*. Même si pour un autre, il s'agit d'une perception faussée. Une information peut être aussi assumée explicitement comme subjective par le participant lui-même : il est conscient d'exprimer une préférence, un choix lié à des valeurs ou des préoccupations dont il peut admettre *a priori* qu'un autre participant ne les partage pas. Cette typologie simple va nous servir à décrire l'usage des représentations spatiales dans les expériences d'Eymoutiers et de Saint-Etienne.

L'usage des représentations spatiales

Le principe d'un Atelier est de donner un rôle actif aux participants. De nombreuses techniques sont utilisées pour créer et soutenir la dynamique de réflexion du groupe : recueil d'avis, regroupement de ceux-ci en thèmes cohérents, hiérarchisation et priorité des thèmes et identification des risques, conflits ou points critiques. Avec ces méthodes traditionnelles, nous restons toutefois dans l'ordre du discours et de la représentation d'une réflexion intellectuelle. Le langage permet de nommer des lieux, de se repérer, de décrire des relations spatiales simples sous forme de binômes (loin/proche, relié/séparé, isolé/groupé ...) ou des structures spatiales (groupé/dispersé, polarisé/éclaté, ...). Le caractère imprécis de ces opérations a conduit les deux équipes d'animation à fournir un cadre de spatialisation pour la réflexion de l'Atelier. A Saint-Etienne, il s'agit d'un découpage fonctionnel en trois unités (1^{ère} couronne urbaine, zone élevage, zone arboricole) et à Eymoutiers d'une typologie paysagère par unités de différents types (plateau, vallée, alvéoles) issue d'une étude effectuée en amont. La fonction de ces découpages a été de permettre une spatialisation simple au moyen du discours. Quand un fait, un avis, une préoccupation, une solution ou un enjeu étaient exprimés dans la discussion, les animateurs ou les participants pouvaient demander quelle unité spatiale était concernée. Cela facilitait aussi la généralisation du discours à partir de remarques précises ou ponctuelles. Une représentation spatiale externe très utilisée dans les deux Ateliers est donc ce qu'on peut appeler *la typologie*

spatialisée, très facile à mobiliser par le discours. Mais ont été manipulées aussi de nombreuses représentations externes pleinement spatiales : cartes, photographies, vues numériques, blocs-diagrammes, visualisation informatique (voir Tableau 4-3).

L'objectif le plus courant des travaux pratiques est de chercher à extérioriser les représentations mentales à travers une représentation externe, selon des démarches croisant la technique des cartes mentales de Lynch (1969) et les cartes à dire d'acteurs utilisées dans démarches participatives. Il peut s'agir simplement d'exprimer une représentation mentale collective, comme dans le cas des facteurs déterminant les évolutions du paysage à Eymoutiers. Cette extériorisation peut se faire aussi par sous-groupe, afin de confronter plusieurs expressions de représentations mentales du même territoire ou du même problème. A Eymoutiers, c'est ce que nous avons fait pour comparer l'état idéal du paysage des producteurs, des utilisateurs et des prescripteurs du paysage. A Saint-Etienne, la superposition des différents calques décrivant le territoire par groupes et par thématiques a permis à l'équipe de faire apparaître des perceptions différentes et des zones de conflits d'intérêts ou d'enjeux. Les résultats des comparaisons peuvent être utilisés dans l'Atelier comme une information subjective dont le groupe débat. C'est ce qu'on a observé à Eymoutiers. Elle peut être interprétée par l'équipe et réintroduite comme une information objective. C'est ce qui s'est passé à Saint-Etienne.

L'exercice inverse a aussi été pratiqué. L'équipe a fourni des représentations spatiales au statut objectif pour différents phénomènes que les participants ont confrontées à leurs propres représentations mentales. L'objectif peut être de faire valider ces informations par le collectif, ou de générer un débat ou une réflexion collective qui peut éventuellement conduire les participants à changer leurs représentations mentales. A Eymoutiers, cela a concerné la cartographie de l'accessibilité et de la visibilité. La confrontation de la carte d'accessibilité réalisée par SIG avec les perceptions des participants a montré que certains paramètres devaient être changés. En revanche, la carte des calculs de visibilité a pu conduire les participants à modifier leurs représentations mentales quant à la place des résineux sur le territoire (voir Parcours 2).

Certaines représentations sont-elles plus participatives ?

Le bloc-diagramme, représentation simplifiée, abstraite et générale de types d'unités paysagères a bien fonctionné pour l'entrée paysagère (voir les illustrations dans (Joliveau et Michelin 2001) Vol. 2 DOC 13 et (Michelin, Joliveau et al. 2002) Vol. 2 DOC 15). Il a été très rapidement approprié par les participants qui ont dit s'être sentis à l'aise avec ces représentations qui leur permettaient de réfléchir spatialement mais sur des situations " modèles", des cas représentatifs. Le groupe le plus réticent a été celui des élus, plus enclins à utiliser le discours que le crayon.

Atelier	Type d'objectif	Nature de l'information utilisée et émetteur	Nature de la tâche des participants	Représentation spatiale externe principale	Autres documents
Eymoutiers Réunion 1	A) Extérioriser des représentations spatiales mentales B) Comparer les représentations spatiales mentales	A) Subjective. Participants B) Subjective. Participants	Décrire l'état paysager idéal d'une unité paysagère type et les obstacles qui empêchent de l'atteindre (légende libre)	Bloc diagramme	Photos obliques de l'unité paysagère
Eymoutiers Réunion 2	Extérioriser des représentations spatiales mentales	Subjective. Participants	Localiser sur un fond de carte les phénomènes déterminant les évolutions paysagères	Fond de carte des unités paysagères	Carte topographique 1:100000, cadre des unités paysagères, cartes thématiques simples
Eymoutiers Réunion 3	Faire valider des informations	Objective. Equipe	Visualiser, critiquer et valider les facteurs des évolutions paysagères	Cartes analytiques IGN	Aucun
Saint-Etienne Réunion 1	A) Apporter des informations mentales B) Extérioriser des représentations spatiales mentales C) Comparer les représentations spatiales mentales	A) Objective. Equipe B) Subjective. Participants C) Objective. Equipe	Retranscrire spatialement les principales composantes "géographiques" de la zone test	Fonds de carte communal, avec les routes principales	Légendes présentant les éléments à représenter
Saint-Etienne Réunion 2	Extérioriser des représentations spatiales mentales		Localiser les atouts et handicaps de la zone test	Typologie spatialisée	Aucun
Saint-Etienne Réunion 3	Faire exprimer des préférences	Subjective. Participants	Attribuer des enjeux et des actions	Typologie spatialisée	Aucun

Tableau 4-3. Les utilisations des représentations spatiales externes dans les deux Ateliers participatifs

A Eymoutiers, l'exercice de localisation sur carte des problèmes paysagers et de leurs facteurs a généré un discours très riche et de nombreuses propositions d'actions concrètes. Mais les cartes obtenues sont peu utilisables. Les participants ont acté de leur difficulté à localiser les problèmes et/ou les facteurs explicatifs sur les cartes. Ils ont exprimé à l'équipe une demande explicite de travail cartographique, pour les aider à localiser les enjeux et à élaborer des priorités dans la localisation des actions proposées. A Saint-Etienne, on pointe le même décalage entre la relative pauvreté des croquis produits sur le descriptif de la zone test et la richesse certaine du débat qu'a généré leur comparaison. Les discours ont été porteurs d'une information beaucoup plus précise et nuancée que les croquis finaux. Le débat s'est assez vite éloigné des croquis exposés et il n'a jamais été question de corriger un tracé ou de compléter un croquis. Il est notable que le débat le plus long se soit engagé sur le thème des chemins ruraux, composante que les participants s'accordaient à ne pas pouvoir cartographier, mais qui s'avérait une cause importante de conflits d'usage. Lors de la deuxième réunion, les participants ont manifesté un grand intérêt dans l'échange et le dialogue, ce qui peut être lié au fait qu'ils apprenaient, pour la plupart, beaucoup de choses sur l'espace en question. Le débat s'est avéré encore une fois très riche en contenu, bien qu'il ne s'appuyât sur aucun support cartographique. Les participants localisaient leurs analyses en se référant à la typologie spatialisée.

Les représentations spatiales sont-elles au cœur de l'Atelier ?

En tout cas, elles ont occupé, surtout à Eymoutiers, la plus grande part du temps de fonctionnement collectif. Les participants se sont attachés avec bonne volonté à leurs travaux pratiques et se sont même souvent pris au jeu. Cependant, est-il possible d'attribuer l'indiscutable richesse et profondeur des débats dans les deux cas au travail pratique de représentation spatiale ? La troisième réunion d'Eymoutiers a montré que la présentation d'une cartographie d'expert génère indéniablement moins de dynamique argumentaire que la réalisation d'une carte à dire d'acteurs ou l'annotation d'un bloc-diagramme. La qualité du débat pourrait-elle être due au simple fait de réaliser au préalable un travail pratique en Atelier, quelle que soit la nature de celui-ci ? Irait dans ce sens la constatation que dans les deux cas les résultats produits ne sont pas spatialisés. Ils prennent la forme d'un catalogue des problèmes, enjeux et actions, et non celle d'un plan ou d'un schéma directeur, articulant configuration des lieux, structures de l'espace et espace d'actions. D'ailleurs, dans les deux expériences, les comptes rendus de chaque séance ne portaient que sur les discours tenus lors de la manipulation des représentations spatiales et jamais sur ces représentations elles-mêmes, conservés par les animateurs à des fins académiques ou scientifiques mais nullement opérationnelles.

Deux explications sont alors possibles à cette production spatiale (relativement) limitée. La première hypothèse est que dans les deux expériences, la manière d'utiliser les représentations spatiales n'a pas été optimale. D'autres méthodes plus adaptées pourraient certainement être employées. Va dans ce sens l'exemple du bloc-diagramme, méthode simple et originale, qui a donné d'excellents résultats à Eymoutiers. Une autre hypothèse est qu'une réflexion collective à dimension spatiale aurait comme véhicule le plus adéquat le langage discursif, et que la spatialisation la plus adaptée serait alors la typologie spatialisée. Le succès du bloc-diagramme s'expliquerait alors moins par sa dimension spatiale que par le fait qu'il s'agit d'une représentation d'une unité type typologique généralisée.

On pourra dire que l'important n'est pas que les Ateliers produisent de bonnes cartes, mais que les problèmes, les enjeux et les solutions soient de qualité et répondent aux objectifs attendus d'une réflexion collective qui soit à la fois constructive et enrichissante pour les participants et dont les

résultats soient réutilisables dans le processus de décision. Il n'en est pas moins vrai que cela conduit à réinterroger l'articulation entre les représentations spatiales externes et le discours qui l'accompagne.

La dimension spatiale du projet est-elle par nature participative et citoyenne ?

Une citation de Gorgeu (2000) nous semble bien résumer ce que pensent de nombreux spécialistes et praticiens territoriaux : « La dimension spatiale du projet de territoire est très directement liée à l'exercice d'une démocratie citoyenne et à l'expression des solidarités qui doivent se construire. C'est parce que chacun partage avec d'autres des lieux et des espaces pour des intérêts et des usages différents que le territoire est fondamentalement ce qui peut unir. Il est aussi ce qui peut rassembler autour d'un avenir où chacun trouve sa place mais en respectant des règles qui permettent l'usage des lieux par les autres » (p. 17). Le territoire serait en quelque sorte "par nature" mobilisateur, citoyen et solidaire. Comme le projet de territoire « s'incarne » dans cette dimension spatiale, c'est à travers l'espace et sa représentation que le projet devient « visible et palpable pour chacun ».

Il est sûr que si la représentation des phénomènes dans l'espace mobilise tant les participants, ce n'est pas seulement à cause de l'agrément d'une démarche illustrée. La visualisation dans l'espace crée une relation concrète et immédiate des acteurs avec le thème traité. On constate à travers les différents Ateliers que les acteurs ont souvent une perception limitée de l'espace, même de leur espace quotidien et ont parfois des difficultés à se repérer : rares sont ceux qui connaissent l'intégralité de l'espace en question dès que celui-ci devient vaste. D'une manière générale, peu réfléchissent d'emblée en termes spatiaux. Les remarques ou les faits rapportés sont soit très généraux, comme s'ils étaient valables pour tout l'espace, soit extrêmement localisés car ils sont le résultat d'une expérience concrète. Le bloc-diagramme ou la carte, dans le même temps qu'il généralise, renvoie à la pratique concrète de chacun. La nécessité de décrire les limites d'un phénomène conduit à des interrogations sur les facteurs causaux ou la nature des signes indicateurs de sa présence. Lorsque différents acteurs se réunissent, ils ne font souvent qu'opposer des discours généraux qu'ils appliquent globalement à un espace indifférencié, sans pouvoir mesurer leurs éventuelles convergences de points de vue sur certaines parties d'espaces bien délimitées. Un travail de spatialisation permet souvent de montrer que les incompatibilités ne sont pas aussi fortes que ne le présente une première approche générale, ou de pointer les secteurs précis où les problèmes se posent, mais dans un territoire qui s'est construit comme partagé. Le fait d'élaborer en commun des représentations de l'espace du territoire contribue à créer d'une part l'idée d'un territoire commun, d'autre part que celui-ci est « comme un "individu" qui se développe grâce à la différenciation de ses organes et à leur complémentarité. » (Gorgeu, op. cit.)

Même si l'analyse dans l'espace possède une réelle efficacité pour construire de manière participative un projet commun, il faut cependant se méfier, comme le conseillent Rémy et Voyé (1992), de ne pas faire de l'espace « la médiation globale de tous les phénomènes enregistrés ». Il y a un risque de tautologie territoriale. Le territoire s'exprime dans une réflexion collective sur la différenciation spatiale à travers des cartes, qui deviennent le signe tangible de l'existence du territoire. En proposant une cartographie à dire d'acteurs, on obtient toujours un résultat, que l'on peut considérer comme l'incarnation du territoire. Mais cette image du territoire commun qu'on obtient, que représente-t-elle ? L'exhumation nostalgique et transfigurée d'une réalité passée ? Le décor rassurant plaqué sur des pratiques délocalisées ? Une petite utopie concrète pour mobiliser les énergies ? Peut-être tout cela à la fois et autre chose encore. Et qui engage-t-elle ? Les groupes disposant de ressources sociales et économiques allant bien au-delà des limites spatiales du territoire ou ceux, sans autonomie et marges de manœuvre spatiales, et pour lesquels l'espace en question est le seul cadre de sociabilité et de solidarité ?

L'augmentation de la mobilité et de la versatilité des enracinements, la recherche de l'ubiquité et la généralisation du fonctionnement en réseaux rendent toujours plus complexes et variables les territoires. Si l'approche spatiale qui sous-tend le diagnostic territorial facilite la dimension participative, le territoire n'est nullement la seule expression possible des solidarités ni le seul lieu d'exercice de la citoyenneté, ni d'ailleurs le seul facteur de conflits. De ce point de vue, les Ateliers que l'on a observés se caractérisent par une recherche de consensus et par la mise en sourdine des conflits connus ou potentiels. Or si cela garantit la dynamique de la démarche participative, cela peut être dommageable dans une phase ultérieure, lorsqu'il s'agira de faire des choix entre des options peut-être plus difficilement conciliables qu'il n'y paraissait a priori.

Une des questions importante du diagnostic participatif est donc l'intégration de la controverse, souvent autant, sinon plus informative qu'un consensus trop rapidement obtenu. Cette interrogation doit porter d'une manière plus générale sur la gestion des situations de conflit dans la planification communicationnelle et participative. En effet on a parfois l'impression, à lire ses théoriciens, d'un certain irénisme. Il n'est pas sûr qu'il soit aisé d'observer et d'analyser la manière dont les actions de planification participative génèrent, gèrent et éventuellement résolvent des conflits liés à l'espace ni de bien prendre la mesure du rôle que joue l'information spatiale dans ces conflits. Mais cela semble une nécessité à la fois du point de vue des méthodologies géomatiques et de la compréhension de la planification territoriale.

Si l'on admet que la gestion de la place de la controverse est centrale dans un Atelier territorial participatif, il faut donc disposer d'un cadre conceptuel d'analyse de ces conflits. Depuis une dizaine d'année, les géomaticiens se réfèrent à une conceptualisation des contextes décisionnels inspirée de celle de (Thompson et Tuden 1959), cités par Roche S. (1997), et qui peut être considérée comme un modèle implicite largement partagé. On le trouve ainsi chez (Berry 1995), (Thériault 1995), (Préla-Droux 1995) (Roche 1997) ou (Joerin, Nembrini et al. 2001). Cette caractérisation appuie une typologie des décisions sur la nature des conflits qui opposent les acteurs en termes de faits et de valeurs. Selon que les acteurs sont d'accord ou non à la fois sur les faits et les valeurs, le conflit sera d'un type différent : légal, culturel, technique ou politique et l'utilisation d'un SIG pour répondre au problème de nature spatial sera plus ou moins adéquat (Figure 4-1).

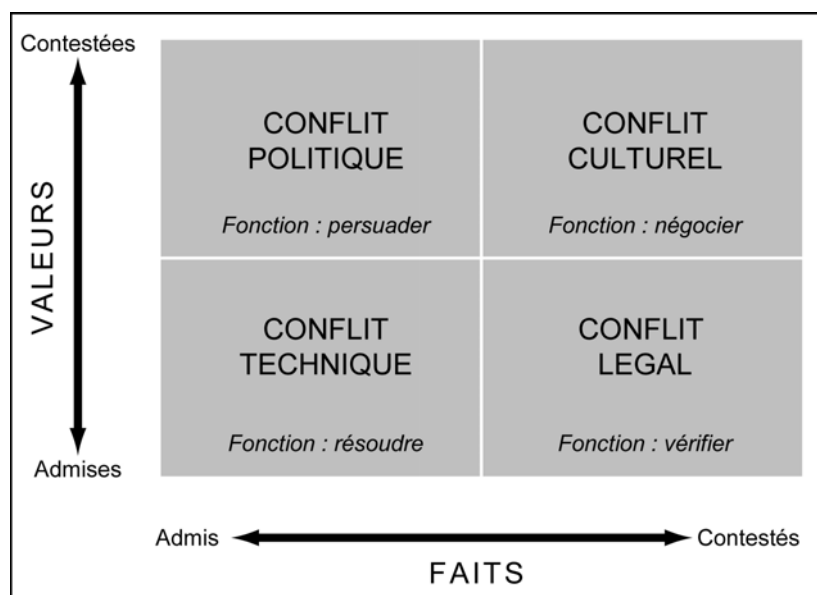


Figure 4-1. Les types de conflits. D'après (Berry 1995) (Thériault 1995)

Par exemple, dans le cas où les acteurs sont en accord sur les faits et les valeurs, le problème est technique (Berry dit même "*computationnel*", calculable) et relève d'un SIG. Si les acteurs s'entendent sur les valeurs, mais pas sur les faits, il faut vérifier ceux-ci grâce au SIG. Le conflit est

d'ordre politique quand il y a accord sur les faits et pas sur les valeurs. Le SIG est alors utilisé pour simuler différentes actions politiques et évaluer les résultats. Un SIG devient inutile en cas de désaccord des acteurs à la fois sur les faits et sur les valeurs. Il s'agit d'un conflit culturel, qui doit se régler « par la négociation ou par la force » (Thériault 1995). Ce modèle est donc censé permettre de repérer *ex ante* si la situation est favorable à l'utilisation d'outils géomatiques dans un projet participatif. Si on se trouve dans le cas d'un conflit autour des faits, il faudra plus de données et plus de science pour le résoudre et dans le cas d'un conflit de valeur, plus de médiation et plus de politique. Bien qu'il puisse dans certains cas être explicatif (Burkardt, Lamb et al. 1998), ce modèle est considéré comme trop simplificateur (Jankowski et Nyerges 2001).

En fait, cette distinction entre les faits et les valeurs, introduite originellement par H. Simon juste après la guerre, a été remise en cause par la plupart des sociologues ou politologues. Tout jugement est sur les faits est en effet pétri implicitement de valeur et tout jugement de valeur s'appuie sur une sélection de faits favorables (voir la critique que fait Sfez de la théorie de Simon (Sfez 1992). (Renn, Webler et al. 1995), cités par (Jankowski et Nyerges 2001) ont proposé une autre typologie des problèmes plus utilisables dans une logique participative. Elle est fondée à la fois sur le niveau de complexité et le degré d'intensité conflictuel du problème. Ce degré sera croissant à chacun des stades suivants : 1) il existe des différences entre acteurs au niveau de la connaissance ou de l'expertise du problème. 2) il existe des différences dans l'expérience concrète ou le niveau de confiance des acteurs dans les institutions ou le processus participatif. 3) Il existe des différences entre les visions du monde ou les valeurs des acteurs. Cette typologie est sans doute plus directement opératoire, car elle s'appuie sur des différences plus facilement évaluables. Sa mise en œuvre pour décrypter les deux expériences présentées ici aurait nécessité une enquête plus fine auprès des acteurs.

Ces deux expériences pratiques d'Ateliers participatifs illustrent bien comment les principes de la planification participative peuvent s'appliquer concrètement dans un projet de territoire. On perçoit plus concrètement les contraintes et difficultés susceptibles de se poser lors de la mise en œuvre d'une dynamique cognitive collective de ce type. La connaissance s'y construit et s'y renouvelle au travers d'échanges, d'interactions et de controverses qui articulent « de proche en proche des connaissances locales et des fragments de raisonnement (...). Cette connaissance n'est à la fois ni dans la tête des individus (ni dans sa totalité ni par fragments additionnables), ni dans un système de connaissance qui les dépasse. Au contraire, elle tient au collectif lui-même, à son organisation et aux interactions qui s'y produisent » (Vinck 2000). Modifier les formes d'échanges entre les acteurs, c'est donc aussi modifier la connaissance produite. Cette dimension explique l'accent mis par les chercheurs sur la question des objets matériels qui servent de support à ces dynamiques cognitives collectives, et en particulier les représentations spatiales (Lardon, Maurel et al. 2001). C'est toute la question de ce que les sociologues des sciences appellent les objets intermédiaires, entités physiques fixes ou circulantes, qui lient les acteurs entre eux (Vinck 1999). Pour ces sociologues, ces objets sont « des supports, des vecteurs des matérialisations d'information ou de formes de pensée, mais ils sont aussi des médiateurs, des interactions cognitives entre les acteurs » (Vinck 2000). Mais la planification participative postule aussi un effet inverse : on attend que le changement dans la connaissance produite transforme en retour le collectif et les relations entre acteurs.

La question de la production des objets intermédiaires que sont les représentations spatiales nous paraît aussi importante que celle de leur usage. Une partie des représentations spatiales utilisées dans ces Ateliers, pour l'essentiel dans l'Atelier d'Eymoutiers, ont bien sûr été tirées d'un SIG, avec les techniques présentées dans le Parcours 2. On pourra trouver dans le Volume 2 de ce travail quelques éléments d'analyse à chaud des contraintes et des effets particuliers liés à l'utilisation d'outils géomatiques dans l'Atelier d'Eymoutiers. Mais, il ne s'agit pas simplement de savoir si, et

comment, des outils géomatiques pourraient mieux faire fonctionner un Atelier, en intensifiant par exemple l'usage des représentations spatiales. Il s'agit de comprendre comment le système d'information de l'Atelier peut s'articuler avec les systèmes d'information territoriaux existants et avec le Forum territorial dans lequel il fonctionne. C'est pourquoi nous analysons maintenant dans sa globalité l'utilisation des méthodes et outils géomatiques pour une planification participative territoriale.

3. Géomatique et planification participative

Comme on l'a vu dans les deux sections précédentes, le contexte de la planification territoriale est marqué au niveau local par plusieurs phénomènes. Les acteurs sont à la fois enracinés et délocalisés. Ils ont un lien fort au territoire, à propos duquel ils peuvent se mobiliser mais ont une perception de celui-ci qui est de plus en plus fragmentaire et marquée par les réseaux sociaux et professionnels dans lesquels ils évoluent. Ils valorisent les lieux sous forme de liens affectifs et identitaires, tout en déployant des logiques très rationnelles et calculatrices de localisation à différentes échelles spatiales, qui relativisent les lieux par rapport à de simples positions spatiales ou à des fonctionnements en réseaux. La planification territoriale a donc une double mission dans ce contexte. Elle doit être capable d'exprimer les perceptions des acteurs de manière à les comprendre et à les reconnaître. Mais elle doit aussi pouvoir replacer l'ensemble de ces perceptions dans un cadre neutre et plus général qui caractériserait le territoire commun. Elle doit pouvoir décrire à la fois les logiques spatiales sur lesquelles s'appliquent des stratégies de localisation réfléchies et des valeurs, spécificités, héritages, images qui traduisent les attachements aux lieux.

Par ailleurs, la planification territoriale est confrontée aux thèmes nouveaux de l'environnement, du risque et du patrimoine qui nécessitent des types d'information et de traitement adaptés. Elle se déploie dans un contexte où la fonction de l'expertise change et où les décisions s'élaborent en intégrant de manière variée les parties prenantes aux décisions. Enfin le territoire référence de cette planification se complexifie, éclate en de multiples facettes dans le même temps qu'il devient un lieu privilégié de résolution des problèmes. Un enjeu stratégique est de parvenir à informer un système territorial qui se produit dans le même temps qu'il fait débat.

Quand Ascher (2001, *op.cit.* p.81-82) liste les exigences de l'information nécessaire à une planification renouvelée, il l'organise autour de deux pôles. Les lieux d'une part : « il faut trouver des moyens pour qualifier et quantifier les caractéristiques souhaitables d'un lieu, son environnement, son ambiance, son accessibilité, sa desserte en équipement collectif et en services urbains » ; les acteurs, d'autre part : « Il faut des connaissances et des outils pour intégrer les logiques des acteurs, pour évaluer leurs propositions, pour juger de leur conformité au regard des objectifs et de leur efficacité pour la collectivité, pour identifier et mesurer leurs effets plausibles ». Il en conclut donc que les professionnels de l'urbanisme et de la planification territoriale seront conduits à développer dans leurs propres pratiques les Technologies de l'Information et de la Communication et cite comme exemples les bases de données urbaines, les modèles de simulation et de visualisation 3D qui « ouvrent en effet des possibilités considérables qui rétroagissent sur les projets eux-mêmes » (p. 84).

Les SIG sont au cœur de ces trois technologies. Par ailleurs, comme on l'a vu dans le parcours précédent, ils deviennent progressivement l'infrastructure technologique des systèmes d'information pour la gestion des territoires. Pourtant, leur image dans ce domaine reste celle d'outils lourds, plus adaptés à l'inventaire et au suivi qu'à des analyses fines et qualitatives de caractérisation des lieux. Quant à leurs capacités analytiques, elles sont le plus souvent associées à des approches quantitatives, systématiques et abstraites d'analyse spatiale. L'adaptation des SIG au contexte de la planification territoriale participative nécessite donc l'invention et l'adaptation des méthodes de conception. Cependant, il faut noter que les nouvelles technologies sont déjà là. Elles

ont déjà commencé à restructurer les métiers et les pratiques. Les données à référence spatiale sont stockées dans des bases de données numériques, Internet est un outil quotidien de diffusion d'information. Les systèmes de localisation personnelle se diffusent. Les technologies numériques de l'information permettent de faire des choses difficilement imaginables précédemment. Ces outils vont transformer la manière dont s'organise la planification territoriale participative.

Avant de passer en revue les questions de méthodes et de techniques, nous revenons sur les conséquences de l'émergence de la thématique environnementale sur la gestion de l'information nécessaire à la pratique de la planification territoriale.

3.1. Les effets de la dimension environnementale

La planification du territoire classique raisonnait essentiellement en terme de socio-économie, de foncier, d'occupation du sol et d'infrastructures. Notre hypothèse est que l'intégration de thèmes environnementaux dans la planification territoriale ne conduit pas simplement à ajouter un chapitre nouveau aux documents de planification. Elle conduit à déplacer les enjeux et oblige à repenser la manière dont la planification territoriale devient une planification environnementale du territoire, confrontée à la spatialisation de phénomènes complexes et d'ordre différents, qui doit être dynamique, et élaborée de manière concertée (Joliveau et Barge 1997), (Joliveau et Etlicher 1998).

Le point le plus évident est la nécessité d'intégration des états et des fonctionnements des écosystèmes. La prise en compte des questions environnementales nécessite une collecte de données nouvelles sur l'eau, l'air, les sols, les milieux naturels, les nuisances (bruit, pollution, déchets), le risque... Ces inventaires doivent être spatialisés pour mettre en relation les processus naturels avec les dispositifs techniques et les pratiques humaines qui interfèrent avec eux. Il faut également être capable de retracer les dynamiques de ces processus en les replaçant dans le temps. Il faut enfin disposer de modèles de fonctionnement permettant de comprendre et de simuler les évolutions futures. Il faut enfin disposer d'outils pour intégrer les écosystèmes dans les objectifs et les valeurs des sociétés locales et planifier les actions à mener.

Par leur nature, les objets environnementaux nécessitent pour être définis, compris et gérés de mobiliser des connaissances, une réflexion et un langage de type scientifique ; beaucoup plus, en tout cas que la planification territoriale classique, qui faisait essentiellement appel aux sciences économiques et sociales, dont les objets sont plus proches des savoirs intuitifs ou concrets de la société, même s'ils se veulent construits en rupture avec ceux-ci. Les opérations de mesure, collecte, analyse, simulation, jugement sur les objets environnementaux doivent répondre aux critères scientifiques de fiabilité, pertinence... des sciences naturalistes. Mais elles doivent aussi être conçues en fonction du processus de planification auquel elles sont destinées. L'élaboration doit donc être conjointe. Par ailleurs la nature scientifique de la construction de ces objets pose la question de la participation dans d'autres termes.

Il n'est bien entendu pas possible de se lancer dans une analyse systématique des défis que doit relever la planification environnementale. Nous avons préféré aborder la question dans une perspective de construction d'un système d'information, et sélectionner des exemples précis, qui vont nous servir d'appui pour décrire quelques enjeux importants, que nous reprendrons dans l'analyse des méthodologies géomatiques proprement dites.

Inventorier les milieux naturels

La planification territoriale doit maintenant disposer d'information spatialisée et fiable sur les milieux biotiques et abiotiques, ce qui pose plusieurs problèmes. D'abord la notion de milieu naturel regroupe des composantes en interaction complexe qui relèvent d'approches ou de disciplines très variées (écologie, biologie, pédologie, ...). Chacune de ces disciplines a sa ou ses

propres méthodes d'approche, où l'espace, pas plus que la réalisation d'inventaire systématique, ne tient nécessairement un rôle central.

Il peut arriver qu'il existe des inventaires écologiques disponibles localement. Dans ce cas, il est nécessaire de travailler avec l'auteur scientifique pour transcrire les entités déterminées avec un objectif scientifique en unités exploitables pour la gestion. La transcription de la carte dans un SIG peut d'ailleurs faciliter cette opération (Michelin, Joliveau et al. 1995) (Vol 2. DOC 7). Mais la plupart du temps, l'inventaire se fait à la demande du gestionnaire en liaison avec des experts scientifiques. Le colloque que nous avons contribué à organiser avec J. Claudin et J. Bernard-Brunet sur la cartographie pour la gestion des milieux en 1995 avait montré le fort potentiel des SIG dans l'élaboration d'un inventaire spatialisé utilisable dans une gestion du territoire (Claudin, Bernard-Brunet et al. 1995) (Vol. 2 DOC 6). On pouvait distinguer deux démarches qui donnaient chacune aux SIG une place méthodologique opposée : par spatialisation d'un modèle descriptif ou typologique d'une part et par segmentation d'un espace fondée sur une recherche de discontinuités spatiales, d'autre part.

Le premier type est bien représenté par la construction du Cadre Écologique de Référence (C.E.R.) du Québec (Gerardin, Ducruc et al. 1995), (Ducruc 1994). Elle procède par partition successive descendante d'un territoire, en délimitant hiérarchiquement des unités puis des sous-unités. Une variable ou une combinaison de variables écologiques est privilégiée à chaque niveau hiérarchique pour son pouvoir descriptif ou ségréatif : géologie, physiographie, hydrographie, végétation, occupation du sol, formation superficielle, sol, pédologie, pente. Les SIG sont dans ce cas essentiellement utilisés pour stocker les limites finales des unités avec leurs attributs hiérarchiques, ce qui permettra, en les réagrégant éventuellement de les combiner avec des données liées aux activités humaines. Le Cadre Écologique de Référence reflète les conditions naturelles permanentes du milieu, la « base écologique » définie de manière scientifique qui permet d'appréhender les potentialités du territoire (Gerardin 1996).

La démarche du Parc National du Mercantour est différente (Claudin 1995). La première étape est une phase d'expression des besoins, qui permet au gestionnaire et au scientifique d'élaborer de manière conjointe à la fois les besoins de la gestion et l'état des connaissances scientifiques sur les processus naturels du territoire. Cela aboutit à la construction de plusieurs modèles de référence (processus biophysiques, processus écologiques, usages) qui permettent d'élaborer d'une part la liste des facteurs écologiques à prendre en compte sous forme de thèmes cartographiques et d'autre part les objectifs de gestion/connaissance dans lesquels ils s'insèrent. Chaque facteur est ensuite cartographié selon sa propre logique et avec sa typologie spécifique par les équipes qui en ont élaboré les modèles. L'échelle de saisie est fixée de manière explicite ainsi que les conditions de changement d'échelle, de regroupement d'objets et des attributs associés. A chaque facteur correspond une couche thématique du SIG. Les interrogations de gestion et les documents d'aide à la décision sont réalisés par combinaison thématique classique.

Dans ces deux démarches, scientifiques naturalistes et gestionnaires interagissent nécessairement pour prendre en compte les besoins en information du territoire. Dans la première, cette interaction arrive en fin de processus, une fois la structuration hiérarchique des données écologiques réalisée de manière indépendante. Cela présuppose une démarche descendante d'inspiration globale mais cela permet de comparer différents territoires. Dans la seconde, l'interaction science/gestion est au départ de l'inventaire, qui est une construction ad hoc adaptée spécifiquement aux caractéristiques du territoire et à ses besoins de gestion.

Prendre en compte les héritages

De plus en plus de problèmes de nature environnementale conduisent à prendre en compte la dimension historique des processus qui les produisent. La spatialisation de l'approche que permet

les SIG est alors importante. Nous prendrons deux exemples. L'histoire a légué au planificateur contemporain un héritage dont il se serait bien passé, celui des anciens sites industriels utilisés souvent par des activités successives durant des dizaines d'années et que les évolutions du tissu urbain ont contribué à déclasser. Ces sites ont rarement été neutralisés à leur fermeture et la pollution de leurs sols pose de plus en plus régulièrement des problèmes de santé publique. Elle complique ou renchérit les coûts d'aménagement et aboutit à ralentir ou à interdire des aménagements prévus. F. Ogé a proposé et mis en œuvre une méthodologie d'inventaire des sites potentiellement pollués (Ogé 1995), fondée sur un pré-inventaire aussi exhaustif que possible des sources documentaires les plus variées, au moyen d'une analyse de géohistoire industrielle. L'inventaire qui s'ensuit nécessite plusieurs mois de dépouillement des archives pour un département. Les premiers résultats ont été donnés sous forme de listing de sites classés par commune, par type d'activité et par entreprise. Une base de données cartographique interactive est maintenant gérée au niveau national par le Bureau de la Recherche Géographique et Minière (BRGM) avec pour finalité de « conserver la mémoire de ces sites pour fournir des informations utiles à la planification urbanistique et à la protection de la santé publique et de l'environnement » (BRGM 2004). La mise en place à caractère expérimental d'un SIG au Petit-Quévilly, près de Rouen illustre une utilisation plus riche de cet inventaire (Delahaye, Folligne et al. 1998). D'abord, elle peut permettre une évaluation du risque par croisement des sites potentiellement pollués avec l'occupation actuelle du sol. Cette opération nécessite cependant une certaine prudence étant donné le caractère potentiel de la pollution. Mais surtout des requêtes croisant chronologie et typologie permettent de lancer une approche historique "scientifique" du développement industriel de la commune, qui peut en retour embrayer sur d'autres questions patrimoniales.

Un autre exemple d'approche historique est le travail d'analyse de vulnérabilisation lié au système fluvial à Lyon (Combe 2002). Une reconstruction rétrospective et spatialisée de l'urbanisation, des aménagements en lit mineur et en lit majeur, et de l'aléa inondation (extension, crues, dommages) permet de comprendre l'état actuel de la perception et de la gestion du risque. On constate en effet d'une part une perte de mémoire progressive du risque dans la zone centrale de Lyon, protégée par un système très ancien de digues contre les crues, dont la fonction première a été recouverte par certaines utilisations (routes, quais, promenades) et fragilisée par d'autres (trémies, égouts...). Par ailleurs, ce système de protection a reporté les flux débordants en amont, en particulier en rive droite du Rhône, qui ont touché des zones historiquement préservées, au grand mécontentement des populations et des édiles. Là encore, la création d'un SIG historique permet non seulement un diagnostic de la vulnérabilité potentielle du système de digues mais surtout une analyse spatiale de ce phénomène de vulnérabilisation (Bravard 2002).

La place de la modélisation

Le thème des inondations nous fournit un autre exemple de traitement spatial de données environnementales à usage de planification territoriale, dans le domaine du risque. La *Méthode Inondabilité* a été mise au point par le CEMAGREF dans une perspective de modélisation quantifiée du risque inondation dans ses deux composantes, Aléa et Vulnérabilité, et sous forme cartographique (Agences de l'Eau 1998). L'objectif affirmé de cette méthode est la mise en place d'une négociation réelle du risque entre les différents acteurs du territoire. La méthode s'appuie sur la règle de ralentissement dynamique, qui consiste à concevoir des aménagements qui puissent ralentir au maximum l'eau dans les moments critiques en la stockant pendant les pics de crue dans les espaces les moins vulnérables plutôt que d'accélérer son passage au moyens de digues et d'enrochements dans les zones les plus vulnérables. Elle conduit donc à poser le problème de l'inondation à l'échelle du bassin versant et à s'appuyer sur la variété des occupations du sol et donc des niveaux de vulnérabilité qu'on y trouve. La quantification et la spatialisation du risque sont deux conditions nécessaires de la négociation. Pour pouvoir échanger des « points de risque »

entre les différents secteurs du territoire, il faut disposer d'une « monnaie » commune dans laquelle on quantifie l'aléa et la vulnérabilité au moyen d'une valeur en tout lieu. L'Aléa doit être quantifié avec un paramètre unique. Une mesure du type hauteur/durée/fréquence (x cm d'eau pendant y jours tous les z ans) n'est pas utilisable. Un modèle mathématique permet de transformer ce triplet en un paramètre synthétique, la période minimale de retour d'une crue inondante en années appelée (TAL), qui peut être calculée par le modèle sur des maillages plus ou moins précis en fonction des besoins et des données. La mesure de la Vulnérabilité est aussi exprimée d'abord sous forme des 3 paramètres hauteur/durée/fréquence de la crue acceptable et définis pour chaque type d'occupation du sol. Le modèle transforme ensuite ce triplet en une « période de retour équivalente à l'objectif de protection (TOP) » qui correspond au risque maximal accepté. La valeur estimant l'Aléa et la valeur estimant la Vulnérabilité sont alors exprimées dans la même unité, la période de retour. Les deux cartes d'aléa et vulnérabilité sont donc directement comparables par différence. La carte de synthèse présente trois couleurs : les zones non inondées, les zones surprotégées (TOP > TAL) et les zones sous-protégées (TAL > TOP). Une fois la situation décrite, le modèle permet de simuler différents partis d'aménagement jouant sur l'Aléa (endiguement, barrage) aussi bien que sur la Vulnérabilité (modification de l'usage des sols). Les résultats des scénarios sont traduits par les mêmes types de carte. Selon les auteurs, pourvu que les acteurs se soient mis d'accord dès le départ sur les règles du jeu, « les secteurs détenteurs d'une certaine sur-protection seront en mesure de la "monnayer" (au sens propre comme au sens figuré), auprès des secteurs en défaut de protection puisque l'on sera en mesure de quantifier l'efficacité des efforts des uns et des autres, ou des uns au profit des autres. On dispose là des vraies bases d'une solidarité à l'échelle du bassin versant dont tous les acteurs devraient pouvoir profiter » (*op. cit.* p. 41). On s'arrêtera là pour l'exposé du principe, qui illustre bien comment le couplage modèle de simulation et cartographie se présente comme une solution pour un marchandage spatial du risque à l'échelle du territoire, objet tout à fait inédit pour le planificateur. Si le modèle hydraulique est l'élément moteur de la méthode, il faut noter qu'une amélioration de celle-ci porte justement sur la nécessité de disposer d'outils de cartographie automatique moderne permettant une mise à jour régulière des données en entrée et une plus grande facilité de communication des cartes finales.

Gérer les milieux à partir des usages

Longtemps, les milieux naturels n'étaient pris en compte dans les démarches de planification que dans la mesure où leur dégradation pouvait menacer certains usages des acteurs. Ils prennent au contraire un caractère central en planification environnementale. Cependant, comme l'écrit Mermet (1992), la gestion de l'environnement s'appuie très rarement sur une maîtrise des milieux naturels ou des écosystèmes et donc sur une confrontation directe d'un acteur avec des forces naturelles. Chaque acteur spécialisé agit en effet pour faire évoluer l'état d'un milieu dans un certain sens, et fait par là preuve d'une gestion *intentionnelle*. Mais les évolutions réelles résultent de la gestion *effective* du milieu, c'est-à-dire de l'ensemble des actions humaines qui l'affectent. Toute gestion de l'environnement est donc indirecte. Seule une évolution des comportements et modes d'action, et donc des usages des différents acteurs, peut engendrer une modification du système. La planification environnementale est confrontée d'emblée à la prise en compte des usages si elle veut pouvoir influencer sur les milieux naturels.

Il est significatif de constater qu'en ingénierie environnementale, certains auteurs sont aussi conduits à préconiser une entrée par les usages. (Hugrel et Thomazeau 2000) sont ainsi à la recherche d'une méthode d'élaboration d'un diagnostic environnemental utilisable dans le cadre de projets très divers : implantation d'une infrastructure industrielle ou de transport, restauration d'un canal, dysfonctionnement d'un système naturel. Ils font le constat que les démarches classiques de diagnostic qui procèdent par un découpage *a priori* en fonction de domaines techniques (déchets, aménagement, transports, ...) ou de milieux environnementaux (air, eau, espaces naturels, ...) ne

sont plus adaptées. Elles ne prennent pas en compte les interactions entre les différents systèmes, négligent les problèmes liés aux significations familières des acteurs et rendent en fin de compte plus difficiles les arbitrages à réaliser. Ils proposent donc d'organiser le diagnostic autour des usages dont le découpage s'appuie sur des catégories concrètes et familières aux individus et aux acteurs, et qui conduit à focaliser l'analyse sur les interactions entre les différents systèmes techniques et les différents milieux : « L'environnement apparaît alors à la fois comme cadre et ressource des activités mais aussi comme une façon particulière de relier ces activités entre elles » *op. cit.* p. 65. L'usage est toujours défini par la nature de l'activité à laquelle il répond, une localisation plus ou moins complexe, en un seul point ou en plusieurs, aéré ou linéaire, ... et un moment (l'usage peut être continu ou momentané par exemple). Un usage met toujours en relation trois pôles : les usagers eux-mêmes, les systèmes techniques qui rendent possible l'usage, et les écosystèmes avec lesquels il entre en interaction de type ressource et/ou impact. Une analyse des usages met donc en relation ces trois dimensions, qui ont chacune leur propre logique de cohérence : sociale, technique et naturelle. Le *cadre d'usage*¹ s'organise autour de l'usager, de ses besoins, de sa perception, des relations de l'usage avec d'autres usages d'un même usager et des relations entre usagers d'un même usage. Le *cadre de fonctionnement* est structuré par les systèmes et réseaux techniques nécessaires à l'usage. A un cadre de fonctionnement correspond souvent un métier, une filière ou un cadre administratif spécifique. Enfin la dimension *milieu naturel* prend en compte les interdépendances entre écosystèmes à l'intérieur d'une unité elle-même systémique : bassin versant hydrographique, hydrosystème, région écologique, etc.. Une démarche de diagnostic environnemental passe par un inventaire des usages et de leur régulation, un inventaire des dysfonctionnements vécus, un inventaire des potentialités inexploitées pour faire des préconisations répondant aux objectifs, *Ibid.* p. 75. La méthode peut combiner groupes de travail, enquêtes auprès de personnes ressources ou directement auprès de la population. Nous avons pour notre part utilisé à Eymoutiers une enquête auprès d'experts pour inventorier les différents usages présents dans le canton et leur interférence avec le paysage. Nous avons donc listé les différents usages (agriculture, chasse, sylviculture, pêche, kayak, moto, résidence, routes, énergie ...) et cherché à comprendre leur dynamique, les contraintes juridiques, organisationnelles et réglementaires auxquels ils étaient soumis, leurs facteurs de localisation dans l'espace, les milieux naturels concernés, les conflits entre usages² ... La démarche s'est avérée très riche en information et a permis de collecter des informations précises sur les cadres d'usage, de fonctionnement et des clés utiles de localisation préférentielle des usages (Michelin, Joliveau et al. 2002) (Vol. 2 DOC 15).

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) instauré par la Loi sur l'Eau est le premier outil de planification en France dont la méthodologie visait explicitement à relier usages et milieux naturels, avec pour objectif de concilier entre eux les différents usages tout en cherchant à assurer la compatibilité de chaque usage avec la conservation des équilibres naturels (Barge et Joliveau 1996) (Vol. 2 DOC 9). La méthodologie du SAGE propose l'élaboration d'un état des lieux où chaque milieu et chaque usage sont décrits puis intégrés dans un diagnostic global recherchant « une vision objective globale du périmètre qui tienne compte des besoins entre les usages, des liaisons entre les milieux et des interrelations "usages - milieux" » (Ministère de l'Environnement, Agences de l'Eau et al. 1992). Les acteurs doivent être intégrés dès l'état des lieux et une étude doit faire émerger les enjeux de chacun, à travers la valeur qu'il accorde à un usage ou à un milieu. Ces informations doivent ensuite permettre une analyse des processus de décision ainsi qu'une approche des relations des acteurs entre eux (conflits ou convergences). Enfin, un croisement cartographique

¹ Même si nous nous en inspirons, nous ne reprenons pas exactement ni les concepts ni la terminologie de Hugrel et Thomazeau. Nous gardons en particulier les notions de cadre d'usage et de cadre de fonctionnement.

² L'enquête a été menée par L. Magnin (Magnin 1999)

des données relatives aux milieux et aux usages avec celles collectées par les études sur les acteurs doit permettre d'éclairer la situation actuelle puis d'évaluer les conséquences sur le système des stratégies de chacun, grâce à la production de scénarios.

Dans ce type de démarche, la carte devient le support d'une négociation sur le maintien ou les changements d'usage et leur répartition dans l'espace intégrant à la fois des objectifs de conservation de ressource et de préservation des milieux et les contraintes des usages anthropiques. Il est donc nécessaire de disposer de méthodes permettant de confronter spatialement les usages et les milieux. Un premier corpus théorique de méthodes s'est constitué dès les années soixante aux Etats-Unis en utilisant les modèles de potentialité (cf. Parcours 2). Il s'agit des approches de Landscape Suitability Analysis, dont les travaux les plus connus en France sont ceux de I. Mac Hargh à la fin des années soixante. Ces méthodes ont été importées en France par l'intermédiaire de M. Falque (Mc Hargh 1980) et appliquées sous le terme de Planification Écologique (Tarlet 1985). Le principe est de chercher des zones d'aptitudes à une fonction (supporter une autoroute, une zone industrielle, une usine de déchets ...) par superposition de critères de contraintes ou d'aptitude. Une analyse globale du problème permet de lister et cartographier les différentes composantes du milieu à prendre en compte. On détermine ensuite une classification qui associe à chaque composante un degré d'aptitude ou de résistance à un usage donné. La superposition par calque, ou plus tard la combinaison arithmétique des valeurs d'aptitude numériques permet de déterminer les zones aptes ou inaptées à certains usages. La méthode originale, dite Landscape Suitability Analysis, a eu un grand succès international avant de faire l'objet de nombreuses critiques. On lui a reproché la non pertinence mathématique d'une addition de classification par rang, l'hypothèse erronée que toutes les composantes écologiques ont la même importance, une simplification des complexités à la fois des écosystèmes et des usages par une combinaison verticale et le caractère fastidieux des travaux à réaliser (André 1999). En France la planification écologique a été en définitive peu employée. L'apparition des SIG a cependant rendu rapidement caduque la critique la plus faible, celle qui portait sur le caractère incommode de la méthode. L'utilisation d'un SIG accélère en effet les superpositions et permet un usage exploratoire de la méthode et la production de scénarios¹. Leur diffusion a eu comme conséquence une diffusion très rapide des pratiques de superposition de carte et de raisonnement par potentialité, mais en dehors du cadre conceptuel et méthodologique d'ensemble, même critiquable, que constituait la Planification Écologique. La reconstruction d'un nouveau cadre conceptuel adapté à la fois aux outils actuels et à la progression de la connaissance écologique depuis les années 70 aurait un intérêt pour guider les pratiques de planification. Ndubisi (2002) signale qu'aux États-Unis, s'est développée une deuxième approche de Landscape Suitability Analysis, qui intègre des critères économiques et socio-culturels dans l'analyse de l'aptitude des milieux aux usages. Son panorama des différentes méthodes montre cependant que même outre Atlantique où "l'Ecological Planning" est structuré en discipline universitaire et dispose de spécialistes et d'associations professionnelles, le corpus méthodologique reste extrêmement divers et peu intégré. Cohabitent ainsi de nombreuses méthodes spécifiques, que l'on peut plus ou moins facilement raccrocher à de grandes approches scientifiques (Landscape Values and Perception, Applied Human Ecology, Landscape Suitability Analysis, Applied Landscape Ecology, Applied Ecosystem Ecology)

¹ L'invention des SIG est indissolublement liée à la planification écologique : le premier système raster du Harvard Graphic Laboratory a été appliqué, sinon, conçu dans la perspective d'application des vues de MacHargh (Steinitz 1993) (Chrisman 1988)

Ecologie urbaine, le retour ?

Les approches précédentes répondent à l'objectif théorique de recherche d'un langage commun permettant de combiner dans l'espace des objectifs sociaux, économiques et écologiques. Elles correspondent cependant à des bricolages spécifiques construits au cas par cas et qui se fondent sur une évaluation toujours discutable scientifiquement de la capacité d'un système naturel à absorber des pressions de nature anthropique ou indirectement liées à des activités anthropiques. La question sous-jacente est la recherche d'une unité permettant d'évaluer des phénomènes d'ordre différent. Les tentatives de la science économique pour prendre en compte sous forme d'unités monétaires les dimensions environnementales, paysagères, patrimoniales et sécuritaires des actions n'ont pas abouti. L'évaluation des biens environnementaux est problématique, qu'il s'agisse des méthodes de calcul elles-mêmes, consentement à payer pour évaluer la valeur des services rendus par l'environnement ou analyse contingente pour évaluer les valeurs de non-usage, ou du problème épineux du taux d'actualisation (Abdelmalki et Mundler 1997). Le débat reste ouvert entre les économistes. Certains pensent que logique de la nature et logique économique sont incompatibles. D'autres tentent de proposer une approche économique des problèmes écologiques, éventuellement en se limitant à certains problèmes particuliers. Il y a peu d'applications concrètes utilisables dans le domaine de la planification territoriale. Cette recherche de langage commun passe alors par des unités de compte non monétaires. L'empreinte écologique, qui correspond à la surface terrestre nécessaire pour produire les ressources nécessaires à un individu, une ville ou un pays est une tentative frustrée et discutable, mais pédagogiquement efficace, de trouver une mesure synthétique de la pression sur l'écosystème global. La Méthode Inondabilité utilise aussi une unité commune exprimable dans une unité objective. La période minimale de retour d'une crue inondante doit servir de monnaie d'échange du risque entre différentes parties du territoire. Équipés de cette mesure commune les acteurs sont supposés pouvoir composer et négocier entre leurs intérêts. Outre le fait que la mise en œuvre de cette négociation peut s'avérer plus problématique que ne le laisse supposer la méthode, elle ne peut s'appliquer qu'à un type de problème, celui du risque inondation.

La prise en compte de ces nouveaux objets ouvre de très nombreux problèmes scientifiques, méthodologiques et politiques, dont témoigne le retour en force de l'écologie urbaine, que ce soit comme utopie (Micoud 2001) ou comme discipline (Soubeyran 2001) Alors que les écologues privilégiaient jusqu'alors pour leurs analyses des écosystèmes non perturbés par l'homme, on voit se développer, en particulier depuis l'Amérique du Nord, une volonté d'élaborer de nouveaux concepts et modèles permettant de rendre compte d'écosystèmes urbains et même au-delà de considérer la ville comme un écosystème en elle-même. Ce projet qui vise à penser la société comme un écosystème humain, partie intégrante d'un écosystème global (Machlis, Force et al. 1997), reprend le vieux projet théorique, en partie concurrent de la géographie, de constitution d'une écologie humaine (Angelier 2002), (Lamy 2001). Sa nouveauté est qu'il s'agit moins de la constitution d'un savoir global sur les relations entre nature et société, que de la construction d'un cadre conceptuel visant à organiser les démarches pratiques de gestion d'écosystèmes régionalisés. Ce type de cadre conceptuel est ainsi utilisé pour construire des indicateurs permettant de suivre les ressources de l'écosystème en question : ressources naturelles (énergie, sol, eau, air, matériaux, nutriments), ressources socio-économiques (information, population, travail, capital) et ressources culturelles (organisation, croyance et mythes) (Force, Machlis et al. 1995). Mais, il sert aussi maintenant à organiser la collecte et la gestion de l'information spatialisée sur un territoire, envisagé alors comme un écosystème. C'est le cas par exemple de la Baltimore Ecosystem Study (BES), site du réseau des LTER (Long-Term Ecological Research Network) américains. Cet observatoire scientifique permanent se donne pour objectif d'analyser la zone métropolitaine de Baltimore comme un système écologique et de rassembler des chercheurs en sciences naturelles et sociales pour collecter de nouvelles données et synthétiser l'information sur les systèmes écologiques et techniques (*engineered*) (Baltimore Ecosystem Study 2004). C'est ce cadre

conceptuel qui est utilisé pour organiser et diffuser les données collectées. Un modèle plus dynamique et spatialisable pour rendre compte d'un écosystème urbain est celui de Grimm, Grove et al. (2000). L'utilisation du sol devient le facteur central du modèle conceptuel, qui permet d'intégrer système social et système écologique dans un environnement urbain, mais aussi d'autres facteurs, comme les perceptions, attitudes et représentations des acteurs (Joliveau, Bravard et al. 2003). Ces questions traversent aussi les milieux scientifiques naturalistes français. La notion d'anthroposystème est ainsi proposée comme base conceptuelle commune pour structurer l'activité des Zones Ateliers françaises (équivalents des LTER). Les chercheurs en sciences sociales peuvent évidemment rester dubitatifs sur ces nouvelles conceptions englobant dans le même système nature et société. Le fait qu'elles répondent aux besoins d'intégrer des phénomènes de nature différente et proposent des principes d'organisation et de communication de l'information font qu'on peut parier sur leur succès pratique auprès des planificateurs et des techniciens. Les géographes, dont la discipline a souvent prétendu, sans toujours réussir, à aborder conjointement phénomène sociaux et naturels ne peuvent certainement pas rester muets dans les débats qui s'annoncent.

L'information environnementale pour la participation

Le fonctionnement du territoire s'appuie sur des systèmes techniques et sociaux toujours plus complexes, dont le cadre de fonctionnement comme on l'a vu plus haut est habituellement transparent pour les habitants et les utilisateurs : transports, approvisionnement en eau, en énergie, en biens divers, éducation, santé, sécurité... Ce fonctionnement ne devient apparent que lorsque les cadres d'usage quotidien de ces systèmes sont bouleversés, ce qui peut arriver pour des raisons variables : dysfonctionnement ou pannes, innovation, changement de politique, de normes, de techniques, d'objectifs. Chacun des systèmes, envisagé *per se*, bénéficie d'une connaissance technique plus ou moins satisfaisante, quoique liée le plus souvent à sa maintenance et à son suivi. Comme on l'a vu dans le parcours précédent, cette information sectorielle est et sera de plus en plus gérée pour sa dimension spatiale au moyen des SIG. Mais les effets d'interrelations entre les systèmes, les impacts d'un cadre de fonctionnement sur un autre ne sont pas bien connus. Cette incertitude de l'expertise s'explique par plusieurs raisons. C'est dû d'abord, bien sûr, à la spécialisation des experts qui les rend aptes à rendre compte d'un système donné mais pas de plusieurs conjointement. La complexité croissante des connexions entre les systèmes joue aussi un rôle. Mais la raison principale est que l'interface entre les différents systèmes se fait à travers le milieu biotique (air, eau, sol, êtres vivants) : effets des transports sur la santé par la pollution aérienne, pollution des nappes par la production agricole ou industrielle, rôle des réseaux souterrains dans les inondations en milieu urbain, effets des pratiques agricoles sur la faune sauvage ... Les problématiques d'environnement sont venues au centre de la planification territoriale. Or la connaissance des processus liés à ces milieux et à leur interface avec les systèmes techniques et sociaux reste très limitée.

Mais le problème de fond, comme on l'a dit est que les connexions entre ces systèmes se font aussi bien par les cadres d'usage que par les cadres de fonctionnement et qu'elles débouchent sur des univers de connaissance, de pratique, de valeur très différents, qu'il n'est pas possible de hiérarchiser et avec lesquels il faut composer : la survie des agriculteurs et la qualité de l'eau dans les nappes par exemple. (Adant, Mougenot et al. 1999). Ces situations éclatent souvent en conflits non cadrés, qui sont souvent perçus par les planificateurs et gestionnaires des systèmes comme du temps perdu. Or la controverse permet un triple inventaire : celui des acteurs, des problèmes et des solutions. Elle permet d'éprouver les projets, d'envisager d'autres solutions techniques, de revoir les objectifs. Une fois le pic conflictuel passé, le conflit n'est pas éteint, mais il se déplace : « La controverse permet de concevoir et d'éprouver des projets et des solutions qui intègrent une pluralité du point de vue, de demandes et d'attentes (Callon, Lascoumes et al. 2001). Cette prise en compte, qui passe par des négociations et des compromis successifs enclenche un processus

d'apprentissage collectif », *op. cit.* p. 56. Quand il s'agit de combiner connaissances scientifiques et profanes, locales et générales, intuitives et rationnelles, d'arbitrer entre des intérêts locaux et globaux, actuels et futurs, humains et non humains, la participation finit donc toujours pas s'imposer (dans le sens logique comme politique du verbe). Il ne s'agit pas d'établir un modèle unique, d'établir une hiérarchie entre ces connaissances et ces intérêts, mais de les laisser s'exposer et s'explicitier, d'examiner toutes les connexions possibles, d'explorer toutes les convergences et divergences (Adant et al. *op.cit* p. 149). Les différends que sous-tendent les procédures participatives ne sont pas d'ordre seulement cognitif. Ils ne sont pas liés à des représentations différentes de la situation, et ne peuvent pas se régler par un simple apport d'information de l'extérieur, même si ce dernier est nécessaire. La controverse devrait cependant apparaître pour le planificateur comme une occasion de pointer les lacunes de l'information dont il dispose sur son territoire.

Par ailleurs, ce qui se joue dans la participation est de l'ordre de la confiance, pour reprendre la thématique de A. Giddens. Les conflits révèlent une forte défiance de groupes ou d'individus envers, tout à la fois, les cadres de fonctionnement des systèmes techniques et sociaux et les organismes qui en ont la charge (dont font d'ailleurs partie les institutions de planification). Cette défiance s'explique souvent par le sentiment qu'ont les parties prenantes de n'être pas considérées comme des agents compétents dans l'analyse d'un problème, alors que celui-ci est incertain comme le reconnaissent les experts et les décideurs. Une des solutions pour recréer la confiance est de proposer « d'autres points de passage entre des acteurs et des systèmes différents » (Adant et al. *op.cit* p. 150). Or ces points de passage peuvent être des procédures de type cognitif, liées à l'élaboration ou la mise en ordre d'information. Adant et al. donnent l'exemple de l'élaboration d'une carte écologique à partir de savoirs scientifiques et de savoirs locaux qui fonctionne comme une série de passages entre un projet de réseau écologique régional et des intérêts locaux économiques et sociaux. Ce type d'opération est indispensable dans une approche participative pour renforcer les engagements et créer de la confiance. Elle n'est bien entendu pas suffisante. Elle doit se placer dans l'élaboration de projets concrets relayés par les institutions, qui puissent combiner ces ordres de connaissance et articuler les intérêts différents (dans l'exemple de Adant et al., le projet de récréation d'un espace semi-naturel communal).

Le niveau d'exigence qui porte sur l'information environnementale d'une planification territoriale participative apparaît donc comme particulièrement élevé. Cette information doit être à la fois générale et sectorielle, analytique et synthétique, technique et culturelle, pertinente et communicable, structurée et facilement mobilisable, actualisée mais historicisée. D'un côté, un courant de recherche lié à une écologie urbaine renouvelée s'attelle à mettre en place, sur des bases scientifiques, un cadre conceptuel et des dispositifs techniques visant à organiser des systèmes d'information environnementaux permettant de planifier "écologiquement" le territoire. De l'autre côté, on voit bien que la controverse et l'incertitude sont non seulement dans la nature même de la planification environnementale, mais sont paradoxalement un bon outil pour étendre, développer, et valider ces systèmes d'information environnementaux. C'est en effet par la confrontation, y compris conflictuelle, avec d'autres besoins que ceux de la gestion technique ou technocratique que l'information environnementale pourra devenir utile et pertinente pour la planification territoriale. Ce n'est que si elle est mobilisable par d'autres acteurs que les experts scientifiques et sectoriels qu'elle pourra être efficacement utilisée. La question d'une conception participative de ces systèmes d'information environnementaux est donc centrale. Sans être une quelconque garantie de réussite, les outils géomatiques qui se diffusent rapidement pour gérer dans l'espace ces objets environnementaux, sont un moyen puissant de leur intégration dans les pratiques de la planification territoriale.

3.2. Outils et méthodes géomatiques pour faciliter la participation

Deux phénomènes parallèles sont à prendre en compte. D'une part, les outils géomatiques sont de plus en plus souvent convoqués à toutes les étapes d'une démarche de planification environnementale et participative du territoire. D'autre part, la nécessité d'une approche participative et collaborative s'impose maintenant à toutes les étapes de réalisation d'un projet SIG. Après avoir abordé la question des outils, nous proposons une analyse systématique des questions méthodologiques qui se posent en suivant les différents niveaux de traitement de l'information présentés dans la Figure 1-9 de notre premier parcours : production des données, construction de l'information, élaboration des connaissances et communication des résultats.

Les outils

SIG et aide à la décision

L'analyse des SIG pour la planification s'intègre dans le cadre des systèmes informatiques d'aide à la décision, domaine vaste et foisonnant. Pour se repérer dans cet univers, une référence déjà ancienne et souvent citée (Golay et Riedo 2001), (Chételat 2004), est un guide précieux : (Zachary 1988). Pour Zachary, les systèmes interactifs d'aide à la décision ont pour but d'améliorer la prise de décision d'un utilisateur en étendant ses capacités cognitives. Ils vont en particulier suppléer les cinq grandes déficiences qui caractérisent un sujet humain dans le traitement de l'information : une mémoire de travail limitée, une certaine lenteur dans les opérations cognitives, une difficulté à retrouver l'information mémorisée (avec une tendance à privilégier l'information acquise le plus récemment), un manque de capacité à réaliser mentalement les opérations numériques et — ce qui est important pour ce qui nous occupe — des difficultés à raisonner dans l'espace et dans le temps. Zachary distingue six grandes fonctions d'aide à la décision : la simulation de processus, la modélisation des choix, la gestion de l'information, l'automatisation ou la semi-automatisation de l'analyse et du raisonnement, l'appui à la représentation, et la consolidation du jugement¹.

En tant que systèmes informatiques, les SIG sont évidemment adaptés aux fonctions de gestion de l'information. Ils suppléent la mémoire du "décideur"² par leurs capacités de stockage, d'interrogation, et de manipulation des données (fusion, agrégation, désagrégation etc.). Ils prennent en charge aussi les tâches de représentation de cette information, en particulier dans leur dimension spatiale. Pour les autres fonctions d'aide à la décision, outre la fourniture des données et du cadre spatial, les logiciels SIG assument au minimum les tâches élémentaires. Pour disposer de fonctions complètes, on doit souvent leur connecter des outils génériques ou ad hoc complémentaires. La simulation de processus nécessite l'adjonction d'outils de modélisation adaptés au phénomène en question (modélisation dynamique, automates cellulaires, systèmes multi-agents ...). La modélisation des choix s'appuie sur une connexion au logiciel SIG d'outils d'analyse multicritère, adaptés à la résolution de problèmes spatiaux. L'automatisation de l'analyse et du raisonnement se traduit évidemment par les fonctions d'analyse spatiale, dont les plus simples sont présentes dans les logiciels SIG et les autres construites spécifiquement ou greffées à partir d'outils externes. Dans le Parcours 2, nous avons eu besoin d'utiliser un logiciel spécialisé d'analyse de données. Enfin, les fonctions de consolidation du jugement se réfèrent à un ensemble large de techniques d'estimation et de contrôle de la décision (analyse exploratoire, statistique bayésiennes, estimation d'erreur, analyse de sensibilité...). Les logiciels SIG commencent à offrir

¹ Nous combinons ici une traduction personnelle des 5 termes de Zachary et celle de F. Golay et M. Riedo (*op. cit.*) pour la dernière fonction.

² Nous utilisons le terme classique et abstrait de "décideur" employé couramment en Aide à la décision, sans préjuger de la nature, ni même de l'existence de celui-ci.

ce type de fonctions. La description du rôle des SIG dans les fonctions d'aide à la décision de Zachary dépend donc de la conception du SIG que l'on adopte et du périmètre fonctionnel que l'on prend comme référence pour le définir (voir Parcours 1).

Un système informatique d'aide à la décision est la plupart du temps élaboré pour s'appliquer à un problème de décision précis traduit dans un cahier des charges. Celui-ci synthétise une analyse des besoins du décideur et une étude précise des opérations mentales qu'il effectue pour résoudre son problème. En ce sens, les SIG sont moins des systèmes informatiques d'aide à la décision *stricto sensu* que des boîtes à outils pour construire des applications d'aide aux décisions à nature spatiale. Ils prennent complètement en charge deux aspects des opérations : l'information du problème et sa représentation spatiale et plus ou moins partiellement les autres. Mais ces deux domaines sont très importants. La nature de l'information disponible détermine les simulations, les choix, les analyses, les raisonnements. Par ailleurs la fonction de représentation est cruciale selon Zachary, car c'est par elle que peut s'intégrer en un tout les différentes fonctions du système. Un utilisateur confronté à une représentation des processus différente de la représentation des analyses, différente elle-même de la représentation des choix, etc. ne pourrait prendre aucune décision. Un SIG place le problème dans un cadre spatial cohérent du point de vue de l'information et de la représentation.

Ceci dit, le contexte complexe dans lequel nous nous plaçons rend la problématique d'un système d'aide à la décision intégré peu réaliste. La planification du territoire est une activité multiforme, heuristique et itérative, organisée de plus en plus souvent comme on l'a vu plus haut selon une logique de projets, et constituée de tâches non répétitives. Il est donc difficile d'envisager de développer un système automatisé global. Certains systèmes d'aide à la décision se déploient pourtant en planification territoriale sous forme d'applications génériques répondant à des situations de décision spécifiques, adaptables plus ou moins facilement par le planificateur à son cas local : simulation de trafic, simulation de croissance urbaine, calculs d'indicateurs standardisés, maquette interactive 3D... Cela est rendu possible par la standardisation des données et des représentations spatiales qu'offrent les SIG.

Dans la plupart des cas toutefois, les opérations liées à la planification sont exécutées par des opérateurs humains combinant divers outils plus ou moins facilement interfacés. Notre expérience personnelle d'appui à la planification territoriale participative du canton d'Eymoutiers au moyen d'outils SIG nous laisse à penser qu'une intégration de l'ensemble des tâches dans un système d'aide à la décision n'est pas possible. Elle n'est pas non plus souhaitable. Comme le remarquent F. Golay et M. Riedo, (*op. cit.*), l'objectif raisonnable n'est pas d'automatiser toutes les tâches. Il faut déléguer à l'ordinateur au maximum les tâches mal maîtrisées par l'esprit humain et laisser aux experts et aux participants le soin d'exprimer leur savoir-faire et leur capacité.

Les SIG collaboratifs

Se placer dans une perspective participative multiplie les "décideurs" et nécessite une prise en charge de leurs interactions. Jankowski et Nyerges (2001) proposent un cadre conceptuel leur permettant de rendre compte du processus complexe de l'utilisation des technologies de l'information géographique dans une décision spatiale de nature collaborative, intégrant aussi bien les situations de participation publique que de décision collaborative¹. Nous avons exposé plus haut leur conceptualisation d'une stratégie de décision en trois "macro-phases" composées de 4 "micro-activités". Cette approche, dès qu'on se focalise sur les techniques et outils utilisables et qu'on la déleste de son appareillage méthodologique et épistémologique, par ailleurs intéressant, se

¹ Comme on l'a vu plus haut, nous avons choisi de réserver l'adjectif participatif aux cas de participation publique, définie comme un cas particulier de procédure collaborative. Nous appellerons donc SIG collaboratifs ce que Jankowski et Nyerges appellent Participatory PGIS.

rapproche beaucoup de la typologie de Zachary (Zachary 1988). On y retrouve les besoins de gestion de l'information, d'aide à la représentation, de modèles de processus, de choix et de contrôle du jugement.

La dimension collaborative conduit à pouvoir disposer aussi de techniques d'organisation de la dynamique de groupe et de techniques d'aide au travail collaboratif. Des solutions informatiques sont d'ailleurs apparues pour aider à effectuer ce travail en commun, qu'on regroupe sous le terme de Groupware (en français *Collectique*). Des logiciels viennent alors assister les tâches du travail de groupe : communication interne, partage de documentation, partage d'agenda, rédaction coopérative ou même raisonnement collectif pour faire naître et organiser des idées ou des solutions à un problème. Une partie de ces outils (messagerie, agenda partagé, document partagé,...) s'est banalisée à travers les outils classiques disponibles en intra ou Internet. Mais des outils apparaissent qui s'attachent à des tâches de niveau plus élevé comme l'assistance à la construction collective d'un problème et au choix de solutions. C'est le cas du logiciel développé par la société Concept Systems (Concept system Inc 2004). La méthode du "Concept Mapping" est un processus collectif d'expression, de classement, d'organisation des avis qui combine des techniques de classement et de représentation graphique (Trochim). On voit apparaître aussi des logiciels permettant l'organisation de votes électroniques dans de multiples contextes (Entr'ouvert 2002). Ils peuvent être couplés à des techniques de visualisation et d'analyse qui permettent de construire en commun un problème (e-motive 2004). Les méthodes de l'Analyse Structurale conçues pour soutenir une démarche de prospective structurée et cohérente ont aussi donné lieu au développement d'outils informatiques permettant d'identifier les questions clés du futur, d'analyser les jeux d'acteurs, d'explorer le champ de ce qui est possible et de repérer les scénarios les plus probables (Godet 1997) (LIPSOR 2004). Pour une application de ces méthodes à une approche territoriale, on peut consulter (Funel 2002). Nous avons aussi tenté avec D. Lauriac une application de ces outils à la gestion paysagère (Lauriac 1997). La question qui se pose est la place qui revient aux outils géomatiques dans ces « collecticiels » ou logiciels de travail collectif quand la nature de la décision à prendre en commun est spatiale.

Nous sommes dans ce cas dans un contexte où les participants à un processus de décision sont dotés de ressources informatiques propres et reliés entre eux par un réseau. Jankowski et Nyerges distinguent quatre formes de réunions selon que le lieu et le moment sont distincts ou communs. Dans une "réunion" qui mobilise des moyens informatiques, les participants peuvent en effet se retrouver dans un même lieu au même moment, dans un même lieu à des moments différents, dans des lieux différents au même moment ou dans des lieux différents à des moments différents. L'organisation du processus de décision ne sera évidemment pas la même dans tous ces cas, ni la dynamique de réflexion collective créée. Les supports matériels sont aussi variables selon la forme utilisée. Si tous les participants sont ensemble au même endroit, il faut disposer d'une salle de décision (decision room), spécialement équipée en postes informatiques mis en réseau avec des système de vidéo-projection sur grand écran. Si les participants sont dans des endroits différents, leur réunion passe par un espace virtuel commun auxquels ils ont accès à travers leur écran d'ordinateur. (Jankowski et Nyerges) distinguent 3 niveaux de complexité de méthodes et d'outils pour des SIG collaboratifs.

Le premier niveau peut s'envisager comme un support à la manipulation d'information géographique. Il combine trois techniques : la gestion d'information, l'aide à la représentation visuelle et les techniques d'aide au travail collaboratif, tournées essentiellement vers l'émergence et la structuration d'idées. La gestion de l'information relève essentiellement de l'accès à une base de données correspondant au problème posé au moyen de requêtes attributaires et de visualisation cartographique. On peut aussi employer des outils plus avancés permettant une structuration participative de la base de données, au moyen de méthodes de modélisation génériques. L'aide à la

représentation intègre la liaison aux cartes d'objets multimédias (photos, films, graphiques) et de représentations sous forme de réalité virtuelle afin d'augmenter la connaissance des participants. L'aide au travail collaboratif intègre de multiples techniques : vote électronique, tableau blanc électronique, logiciels d'aide à la génération et au classement d'idées... *Le second niveau* d'un SIG collaboratif est un système d'aide à l'analyse pour la décision. Il prend en charge l'aide au choix d'options de décision à partir de calculs de modèles d'aptitude (*suitability*), de simulation de processus, et d'aide au choix à l'aide de méthodes multicritères intégrées avec des outils d'aide au travail collaboratif de type logiciels de brainstorming. *Le troisième niveau* intègre le niveau de consolidation du jugement, avec des types de techniques et d'outils permettant de choisir entre les modèles ou d'explorer en profondeur les données. Aux exemples de (Zachary 1988), les auteurs ajoutent les techniques liées à la logique floue et au Data Mining.

Pour (Jankowski et Nyerges), le premier niveau est fondamental pour faciliter les interactions entre les participants et exprimer la dimension collaborative du processus. Le deuxième niveau se caractérise par de nouvelles compétences, essentiellement dans le domaine de l'analyse et de la modélisation des phénomènes. Mais surtout l'intégration de tous les participants et la continuité des opérations deviennent indispensables à la réussite du processus. Le troisième niveau renforce encore la nécessité de cette intégration et de cette continuité. Les auteurs remarquent qu'il existe déjà dans le commerce des solutions logicielles prenant en charge plus moins complètement les tâches du premier niveau, qui sont les plus générales. En revanche, comme on l'avait remarqué dans le Parcours 1, plus la réflexion avance, plus elle s'adapte à un lieu et à un contexte donné et plus les outils et leurs interconnexions deviennent spécifiques, donc coûteux. Les auteurs pensent que seuls des outils pouvant servir à plusieurs problèmes différents pourront répondre aux contraintes coûts-bénéfices. On peut se demander s'il n'existe pas aussi des débouchés vers des outils très spécialisés sur un problème particulier mais très répandu (l'élaboration d'un schéma de déplacement par exemple) pour lesquels ils proposeraient une solution collaborative intégrée mais paramétrable. La mise au point d'outils (et des méthodes d'emploi) des deuxième et troisième niveaux restent encore du domaine de la recherche.

La production des données

Longtemps maillon faible des projets SIG, la production de données géographiques numériques a été facilitée comme on l'a vu dans le Parcours précédent par le travail intense d'observation et de collecte réalisés dans tous les domaines. Il existe donc de plus en plus souvent des données déjà organisées et structurées qui peuvent techniquement être intégrées dans un SIG. Un problème concret d'ordre général est l'accès à ces données. Même si elles ont été acquises sur fond public, elles restent souvent payantes et chères. Par ailleurs, le manque de coordination entre les acteurs nuit à la cohérence de données produites avec des objectifs hétérogènes. Les acteurs sont souvent conduits à refuser l'accès à leurs données pour des raisons de concurrence, phénomène qui s'accroît avec l'ouverture actuelle au marché de services publics (eau, électricité, téléphone), de confidentialité ou de sécurité. C'est le cas aussi quand il existe des conflits ouverts, comme entre les transporteurs routiers et les groupes écologistes (Golay et Riedo 2001). Enfin, même si des efforts ont été faits dans le domaine de l'air et de l'eau, les systèmes d'observation et d'inventaire environnementaux nécessaires pour soutenir une approche de planification territoriale restent encore rares au niveau local. De plus, les données disponibles collectées par des organismes publics concernent essentiellement les problématiques techniques liées aux cadres de fonctionnement des systèmes et peu aux cadres d'usage. Caquard (2000) a ainsi montré que les nombreux paramètres habituellement communiqués dans la plupart des pays sur la qualité des cours d'eau (phosphore, physico-chimie, hydrobiologie...) ne répondent pas aux attentes des acteurs locaux qui sont beaucoup plus intéressés par des informations relatives aux causes des pollutions, à leurs

conséquences et aux moyens de les réduire qu'à de simples constats. C'est moins la masse des données rassemblée qui compte que leur pertinence par rapport aux usages des utilisateurs.

Il est de plus en plus évident que la constitution des bases de données géographiques doit se faire avec la participation la plus large des acteurs, pour les mobiliser d'abord, et pour valider aussi la qualité des données en les confrontant au maximum de regards différents. Cela peut faciliter la discussion et la compréhension la plus large et la plus en amont possible des biais ou des lacunes que peuvent comporter les données et c'est indispensable pour générer une confiance collective dans les informations puis les connaissances qui sont produites ensuite. A partir de l'expérience de la communauté rurale de Ross Bethio dans la Vallée du Sénégal, qu'ils ont accompagnée d'Aquino, Seck et al (2002) défendent même la faisabilité d'une opération de constitution de SIG complètement pilotée par les acteurs et fondée justement sur une reconstitution collective de ces cadres d'usage.

Il est souvent nécessaire d'organiser l'observation même des phénomènes de manière participative. L'observation de l'environnement est certes un domaine technique et scientifique complexe. Son monitoring met en œuvre des savoirs spécifiques et des appareillages complexes, et l'on peut donc se demander ce qu'apporterait l'intégration d'acteurs profanes dans la définition des protocoles de suivi ou de collecte. L'inventaire spatialisé des milieux naturels est un exemple intéressant. Il a souvent été envisagé de manière collaborative mais entre spécialistes et scientifiques uniquement. Or l'exemple français de l'inventaire ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique) puis des procédures Natura 2000 illustre de manière saisissante l'inefficacité d'approches uniquement scientifiques, objectivistes et confidentielles de délimitation et de gestion d'espaces naturels dans le monde rural. Les tentatives de délimiter des zones à vocation naturelles sans impliquer les élus et les populations locales, ni à propos des limites ni à propos des objectifs de gestion, ont en fait contribué à précipiter le blocage et à exacerber les conflits (Joliveau et Barge 1997) (Vol. 2 DOC 11). Cela s'explique par le statut ambigu des ZNIEFF, au départ outils de connaissance écologique multi-espèces nées dans les années 70-80 des besoins des naturalistes, et devenues au fil du temps un outil de protection non réglementaire mais bénéficiant d'une jurisprudence plutôt favorable dans les contentieux à propos des projets d'aménagement. La reprise de périmètres ZNIEFF dans le cadre des procédures plus contraignantes de Natura 2000 a contribué, entre autres causes, à la forte réaction négative des milieux ruraux à cette procédure. En effet, la distinction entre préservation et gestion d'un espace naturel ne tient guère. Comme le dit Barouh (1987), on ne peut pas *ne pas gérer* les milieux naturels. Une absence de gestion consciente a des conséquences directes sur un milieu. Délimiter un espace naturel pour le protéger, c'est décider implicitement de le gérer. Gérer un espace conduit *a contrario* à déterminer les espèces et les habitats qu'il faut préserver, et donc à hiérarchiser les niveaux de protection en fonction des objectifs. Il existe en matière de délimitation d'espace naturel une dialectique à trouver entre les limites et les objectifs, le descriptif scientifique des milieux et l'expression des objectifs de gestion. Lors de la modernisation des inventaires ZNIEFF, l'utilisation d'outils SIG a montré qu'ils facilitaient à la fois la précision des enjeux écologiques et la discussion avec les partenaires (Arqué 2001).

Une des difficultés propres à l'environnement est aussi le caractère sensible des données. Dans le cadre des ZNIEFF, les naturalistes se sont opposés à la publicité de la localisation des données précises sur les espèces rares et fragiles, dont la divulgation risquerait de les mettre en danger par une affluence de visiteurs ou des actions volontairement néfastes. Dans le processus de modernisation des ZNIEFF en Rhône-Alpes, les habitats font bien l'objet d'une description spatiale précise dans le SIG au moment de la concertation entre spécialistes des milieux naturels de différents organismes. Mais seul le contour de la zone ZNIEFF est finalement rendu public ainsi qu'une caractérisation au moyen d'une liste d'habitats présents. Cela réduit donc l'intérêt de

l'inventaire ZNIEFF, qui ne comporte que des entités aux contours très généraux correspondant à la présence d'une contrainte, sans localisation précise de cette dernière.

L'inventaire des sols pollués dont nous avons parlé plus haut pose de manière exemplaire un problème du même type. Le chercheur qui est à l'origine de cet inventaire, F. Ogé, préconisait de chercher l'exhaustivité, en gardant une définition très large du caractère "potentiel" de la pollution qui pourrait effectivement être constatée. Il s'appuyait pour cela sur l'idée que la notion de sol pollué, qui n'était pas légalement définie en France, serait amenée à évoluer dans le futur en fonction d'évolutions scientifiques (mesure de la nocivité, connaissance de la diffusion, ...) ou politiques (sensibilité au risque). Il lui paraissait plus facile de reclasser ultérieurement les sites inoffensifs que de procéder à nouveau au dépouillement des archives. Or cette logique a été mal acceptée par les acteurs socio-économiques et politiques, qui ont argué du risque d'effolement inutile des habitants et d'une perte de valeur des terrains qui suivrait la publication de ce type d'information (Ogé 1995). Le premier axe d'action fixé par la loi du 17 janvier 2001 sur les installations classées a porté sur la « recherche systématique et organisée des sites concernés, permettant une définition concertée des priorités d'intervention et la réalisation d'un inventaire historique régional (IHR) des sites industriels et activités de service, en activité ou non, pouvant avoir occasionné une pollution des sols » (Préambule général de BASIAS (BRGM 2004)). Une base de données des anciens sites industriels et d'activités de service (BASIAS) a été constituée et finalement publiée sur le Web avec pour objectif d'aider « dans les limites des informations récoltées forcément non exhaustives, les notaires et les détenteurs des sites, actuels ou futurs, pour toutes transactions immobilières ». Il est précisé ensuite que l'inscription d'un site dans la base, ne « préjuge pas d'une éventuelle pollution à son endroit » *Ibid.*. Le nombre de sites présent dans la base est d'ailleurs beaucoup plus réduit que ceux du pré-inventaire réalisé par les chercheurs. BASIAS répertorie par exemple 651 sites dans le département de la Loire alors que selon F. Ogé le pré-inventaire dépassait 5000 fiches. F. Ogé est entré en conflit à l'époque dans la région Rhône-Alpes avec les représentants du MEDEF (Mouvement des Entreprises de France) et de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) à propos des critères de sélection qui étaient à ses yeux bien trop laxistes et fondés, au moins pour partie, sur des bases politiques (F. Ogé, communication personnelle). On sait que rien n'est plus construit qu'une donnée. L'inventaire et la collecte des données, loin d'être des tâches techniques et subalternes, répondent souvent (toujours ?) à des enjeux sociaux et politiques, aux conséquences parfois très importantes.

On voit aussi émerger des pratiques participatives qui croisent objectifs scientifiques et éducatifs, sensibilisation à l'environnement et engagement. Un exemple significatif est le projet pédagogique, scientifique et militant américain qui fait participer les étudiants et lycéens à l'observation et à l'analyse des migrations annuelles de différentes espèces animales, en particulier du papillon Monarque. Le site Web fournit des informations scientifiques sur la vie animale, explique les techniques d'observation et permet de transmettre des observations afin de suivre les migrations en direct au moyen de techniques de cartographie Web en ligne. Le site permet aussi de cartographier les projets des différentes écoles, invitées à replanter des arbres dans les zones artificialisées pour faciliter les migrations (Journey North 2004). Il est vraisemblable que d'autres dispositifs hybrides de collecte d'information, associant éducation, recherche et protection de la nature se développent au niveau local dans les années à venir. On voit d'ailleurs apparaître des inventaires participatifs de milieux naturels dans le secteur associatif, comme le montre l'inventaire participatif des mares du Val de Drôme (Ramières 2003). Enfin, nous ne reviendrons pas dans le détail sur les inventaires à dire d'acteurs déjà évoqués dans le Parcours 2. C'est une méthode maintenant bien affirmée, utilisable dans les projets de territoire ruraux pour collecter des informations sur les pratiques agricoles ou les caractéristiques agronomiques du territoire (Thinon 2003), (Bonin, Caron et al.). Il ne s'agit pas simplement d'une opération collective de production de connaissance, mais d'un

moment de construction d'un projet, qui change les conceptions a priori des participants. Une limite de ces inventaires cartographiques à dire d'acteur est qu'ils sont pour l'instant portés essentiellement par des équipes de recherche, alors que leur diffusion nécessite évidemment qu'elles soient prises en charge dans le cadre d'une expertise professionnelle. Les questions de temps et de coût qui viendraient alors au premier plan risquent de les disqualifier.

Du point de vue des méthodes et techniques informatiques, une approche de production collaborative de données génère des contraintes particulières. Pour Jankowski et Nyerges (2001), une gestion distribuée des bases de données des différents partenaires est indispensable, ce qui est facilité par une structuration des données à référence spatiale au moyen de Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD), mode en forte expansion mais encore moins usité que le stockage par système de couches propriétaires, plus simple à mettre en oeuvre. La conception collaborative des bases de données va aussi rendre indispensable l'utilisation de méthodes génériques de conception et de modélisation de données. La méthode Unified Modeling Language (UML) est en train de s'imposer au niveau international, y compris par son implémentation directement dans les logiciels SIG comme ArcGis d'ESRI. La modélisation Hypergraph Based Data Structure (HBDS) inspirée des travaux de F. Bouillé, originellement orientée vers des applications de recherche, peut aussi s'avérer très utile pour construire une modélisation qui prend en compte les perceptions différentes de l'environnement et du territoire qu'ont les acteurs (Saint-Gérand 1998). Cette méthode a en effet l'avantage de s'appuyer sur une approche intellectuelle « descendante » qui va de la représentation abstraite du phénomène ou du problème à une représentation concrète. Contrairement aux méthodes de type Merise, qui partent d'un état organisationnel et de l'observation de flux de données existant dont on abstrait une représentation conceptuelle, la méthode HBDS part d'une description globale des phénomènes tels que les perçoit le chercheur ou l'utilisateur. Une analyse systémique permet de construire une structure des données et des traitements informatiques adaptée. Elle permet donc de prendre en compte les modèles des différents acteurs tout en partant de leur description des objets spatiaux qu'ils utilisent.

La construction de l'information

Dans notre schéma du Parcours 1, les informations¹ sont produites à partir des données par des traitements divers : combinaison et calcul de données dérivées, généralisation, agrégation/désagrégation. Toutes ces opérations d'analyse et de synthèse des données se font en fonction d'une double contrainte. Il faut produire une information apte à répondre au problème posé et adaptée à ceux qui doivent proposer des solutions à ce problème. Les traitements produisant de l'information peuvent être très simples ou plus complexes. Produire de l'information à partir des données peut se comprendre comme la construction d'un ensemble *d'indicateurs d'analyse* ad hoc susceptible d'aider à formuler le problème et de réfléchir à des solutions possibles. Ces indicateurs d'analyse peuvent être mesurés sur une échelle cardinale, ordinale ou nominale, ils peuvent être simples ou composites, mono ou pluridimensionnels, statiques ou dynamiques. Ils sont produits au moyen de modèles d'analyse plus ou moins sophistiqués. Dans le cadre qui nous intéresse, ils doivent évidemment être spatialisés.

Les indicateurs d'analyse

Il existe toute une littérature sur la production d'indicateurs. On envisage habituellement sous ce terme un indicateur *de pilotage*, c'est à dire un clignotant, une donnée synthétique, normalisée, produite de manière standardisée pour évaluer si une situation s'éloigne d'un étalon donné ou la

¹ Nous appellerons indifféremment information(s) au singulier ou au pluriel cette phase de structuration de l'information entre les données et les connaissances.

comparer avec une autre situation de référence. Les indicateurs d'analyse sont moins souvent abordés bien qu'ils soient employés dans tous les domaines. Contrairement aux indicateurs de pilotage, ils ne sont pas standardisés : l'information doit au contraire être construite spécifiquement, pour aider à l'expression du problème pour les acteurs précis en charge de sa résolution. On pourrait utiliser pour décrire les indicateurs d'analyse la liste de critères que Comolet (1995) propose pour décrire les indicateurs de pilotage : ceux-ci doivent être synthétiques, lisibles, transparents, pertinents, dynamiques et prédictifs, calculables à un coût raisonnable, établis sur une base scientifique, fiables et sensibles. Les indicateurs d'analyse partagent seulement certaines de ces contraintes.

Les indicateurs d'analyse sont des informations produites à partir des données pour formuler un problème. Ils ne sont pas forcément synthétiques comme le sont les indicateurs de pilotage : la formulation du problème peut nécessiter au contraire la construction d'indicateurs très spécialisés. Ils ne sont pas forcément sensibles ni produits dans une logique de veille ou d'alerte. Leur caractère dynamique, c'est-à-dire la prise en compte temporelle dans une dimension rétrospective et prospective, est souhaitable mais peut dépendre du problème. En revanche, un indicateur d'analyse doit être lisible par les utilisateurs finaux. Il doit être aisément compréhensible et non susceptible de multiples interprétations. Il doit être pertinent, c'est-à-dire adapté à la description des objets ou des phénomènes dans le contexte du problème posé. Cette pertinence s'appuie en partie sur une conformité à des hypothèses ou des résultats scientifiques, mais dans de nombreux cas, en particulier en environnement, les connaissances scientifiques sont souvent insuffisantes ou trop générales pour fonder à elles seules la pertinence de l'information. La faisabilité de l'indicateur d'analyse est bien évidemment à prendre en compte. Les données doivent être disponibles ou mobilisables dans le cadre budgétaire et l'échéancier de la démarche. Enfin l'exigence de fiabilité de l'indicateur d'analyse renvoie à la pertinence du calcul et à la qualité des données qui ont servi à le produire.

Le dernier critère de qualité d'un indicateur d'analyse, la transparence, nécessite une discussion plus serrée dans un contexte participatif. Selon A. Comolet., la transparence nécessite que le mode d'élaboration soit clairement explicité et qu'aucune étape ne soit masquée. Dans les travaux classiques de planification territoriale, il arrive souvent que ce critère de transparence ne soit pas respecté. Les traitements de données, la production de documents, les choix de variables se font dans des comités d'experts, sont compilés sous forme de rapport d'étude ou de notes synthétiques à destination des "décideurs" et éventuellement repris et transformés en fonction des réactions de ces derniers. La multiplicité des intervenants, le caractère souvent non formalisé des discussions fait que le processus qui conduit des données à l'information bénéficie rarement d'une réelle traçabilité. L'impact favorable que la plupart des auteurs reconnaissent à l'utilisation des SIG est justement qu'ils facilitent l'explicitation des différentes étapes, l'organisation des traitements et la formalisation des démarches d'analyse. C'est aussi ce qui explique la lourdeur qu'on leur reproche souvent. Il est tout à fait possible de formaliser un processus sans l'informatiser, mais il est impossible d'informatiser un processus sans le formaliser d'abord. Les outils géomatiques impliquent une explicitation des traitements et une meilleure traçabilité des choix et des options dans la manière de combiner et transformer les données pour en extraire de l'information. Ils semblent donc constituer un facteur indéniable de transparence dans la construction d'indicateurs. Dans un contexte participatif, la transparence de l'élaboration des indicateurs d'analyse est bien entendu nécessaire, mais elle doit s'envisager à deux niveaux. Au minimum, il faut que les indicateurs d'analyse mis à la disposition des acteurs ou les partenaires soient transparents, que tous les choix ou options soient clairement explicités, qu'il n'y ait aucune boîte noire. Mais à un second niveau, on peut attendre de l'élaboration de l'information qu'elle soit elle-même participative et collaborative. Or si les partenaires participent à l'élaboration des indicateurs d'analyse, il faut que la procédure de construction participative soit elle-même explicite. Cela

demande donc une organisation du travail participatif très formalisée, qui peut s'appuyer sur le corpus de méthodes et d'outils permettant de structurer une réflexion collective de manière collaborative, que nous avons exposé plus haut.

Les indicateurs peuvent être plus ou moins simples ou complexes, concrets ou abstraits en fonction de la nature des phénomènes qu'ils doivent représenter et des propriétés des objets auxquels ils se rattachent. Selon que le phénomène est matériel ou immatériel, statique ou mobile, stable ou évolutif (à quel pas de temps ?), permanent ou récurrent (quel temps de retour ?), élémentaire ou composé, visible ou invisible, ... l'utilisation ou la construction participatives de l'indicateur sera plus ou moins facile. Un indicateur décrivant un phénomène naturel, concret et visible telle que la composition dominante en essence d'une zone forestière sera accessible à un public profane. Il n'en ira pas forcément de même pour un indicateur décrivant un phénomène naturel, concret et invisible comme l'hydromorphie d'un sol. Un phénomène matériel, visible mais saisonnier comme une crue devra être rendu par un indicateur complexe, abstrait et probabiliste du type du temps de retour de la Méthode Inondabilité. Ce phénomène concrètement observable qu'est une migration domicile/travail nécessite la production d'un indicateur abstrait et composite. L'unité géographique de mesure de l'indicateur est aussi bien entendu primordiale. Il arrive très couramment que la structuration spatiale d'un phénomène soit apparente à un niveau de désagrégation et ne le soit plus à un niveau supérieur. Il en va ainsi par exemple des indices de ségrégation, évoqués plus haut dans ce parcours. On peut noter aussi que la disponibilité de données dans un SIG peut dans certains cas constituer un frein à la recherche de données plus précises. Il peut arriver que l'on se satisfasse d'un niveau d'agrégation pas complètement adapté au phénomène étudié, par commodité, parce que ces données sont disponibles alors que les autres sont à collecter.

La complexité des indicateurs spatialisés

Une part des difficultés liée à cette production d'indicateurs s'explique aussi par la nature spatiale des données et des analyses utilisées pour produire l'information. Le caractère technique des opérations de transformation des données des SIG et les compétences spécifiques que nécessite leur emploi entrent du point de vue de la transparence en contradiction avec le potentiel d'explicitation qu'ils apportent. Pour illustrer le caractère souvent complexe des opérations d'analyse spatiale, on prendra l'exemple de mesure de l'accessibilité, qui nécessite des modèles d'analyse complexes. Plusieurs types de fonctions de distance sont disponibles dans les SIG (à vol d'oiseau, suivant une topologie de réseau complexe ou en fonction de contraintes de déplacement dans un espace continu). Il existe aussi des outils spécialisés de calcul et de modélisation des déplacements. Quand il faut combiner différents modes de transports (automobile sur la route puis marche à pied le long des sentiers par exemple), un calcul de distance-coût au moyen de grilles de friction stockées en mode raster constitue une solution de traitement relativement simple et performante (Schneider et Robbins 1995). Elle nécessite la discussion, le choix et le calibrage de la vitesse moyenne de déplacement en fonction de la nature de la voie ou de la nature du terrain. L'explication à un public profane des modèles d'analyse qui président à l'élaboration de ce type d'indicateur, ainsi que la validation de celui-ci par les partenaires n'est pas toujours facile, comme nous l'avons constaté à Viscomtat et Eymoutiers ou dans le travail sur les zones urbaines effectué à Padoue et Saint-Etienne en appui à la thèse de Zuliani (2002). Or l'appropriation du modèle d'analyse qui est à la source de l'indicateur est indispensable. Un exemple par l'absurde est le peu de succès de la modélisation simple de l'impact paysager lié à l'agrandissement régulier des exploitations agricoles que nous avons réalisé dans le canton d'Eymoutiers (voir Parcours 2). Comme nous le rappelons dans (Joliveau et Michelin 2001) (Vol. 2 DOC 13 p. 264), les résultats ont été accueillis par un silence poli de la part des acteurs locaux, contrairement aux planificateurs externes qui furent visiblement très intéressés. Nous en avons conclu que le caractère abstrait et globalisant de l'analyse avait dérouté les premiers et séduit les seconds. A la réflexion, il nous semble que c'est

plus un manque de participation au choix des indicateurs qui est la cause de l'indifférence des premiers. Pour rendre compte de l'impact paysager dû à l'agrandissement régulier de la taille des exploitations par reprise des exploitations en cessation d'activité, le groupe de travail avait choisi comme indicateur d'analyse l'armature agricole et un indice de fragilité paysagère. L'armature agricole simplifiait outrageusement la structure des exploitations. En effet, on considérait que le territoire de l'exploitation correspondait à la zone ouverte la plus proche du siège d'exploitation. Il est bien évident dans la réalité que les parcelles réellement exploitées peuvent se trouver très éloignées des sièges et les territoires des différentes exploitations fortement imbriqués. Mais comme l'on entendait réfléchir de manière globale au niveau d'un ou plusieurs cantons et dans une logique prospective, il était inutile (et pratiquement impossible) de décrire précisément une répartition de parcelles agricoles qui change en permanence. Le principe adopté reprenait une idée simple exprimée par les acteurs : lors des mutations, les exploitants avaient une nette tendance à rassembler les parcelles autour du siège d'exploitation. L'indice de fragilité paysagère se fondait lui sur une spatialisation de types de terroirs, correspondant à des modes de mise en valeur agricole différenciés. L'impact paysager combinait une distance au siège d'exploitation le plus proche, la taille moyenne des exploitations voisines et le type de terroir. Si la simulation de cet impact paysager n'a eu localement aucun écho, c'est vraisemblablement parce que les indicateurs choisis, armature et fragilité paysagère, n'avaient pas été discutés en tant que tels préalablement avec les acteurs.

Un deuxième niveau de difficulté est la variabilité des niveaux d'organisation des phénomènes et de perception des différents acteurs d'un territoire. Cela se traduit par la nécessité de produire une information pertinente à une échelle donnée en combinant et transformant des données de résolution ou de précision très variables. Cela ne pose pas de problème technique insurmontable et les questions conceptuelles peuvent être résolues, mais cela ne facilite pas l'association de non spécialistes des SIG dans l'élaboration des modèles d'analyse. Une méthode souvent utilisée est la production de tous les indicateurs sur un découpage unique d'entités. Dans le SIG du bassin de la Loire présenté en début du Parcours 1, nous proposons la production d'indicateurs selon un maillage de 10x10 km. Dans d'autres cas, on prendra des objets plus proches des habitudes de perception des acteurs : communes ou parcelles foncières en fonction de l'échelle. Mais dans les problématiques environnementales, choisir une représentation du problème selon un découpage par canton ou un découpage par bassin-versant n'est pas anodin. On favorise une représentation du problème, socio-économico-politique dans le premier cas, hydrologique ou écologique dans le second¹. Il est donc souvent plus intéressant de proposer plusieurs représentations. Cette réduction de toutes les informations à un seul découpage spatial, si elle facilite la compréhension des acteurs, reste toutefois très insatisfaisante. En effet, un découpage correspondant à une logique donnée est le plus souvent mal adapté à une autre logique. Si le problème met en jeu simplement des couches monothématiques, les méthodes passent par intersection puis réunion d'entités spatiales, en fonction de modèles de combinaison adaptés. Cela pose des problèmes plus complexes, si certaines données sont des relevés statistiques collectés par dénombrement, qu'il est possible d'affecter en fonction de certains critères (utilisation du sol par exemple). Dans tous les cas, il s'agit d'un travail complexe, difficile à mener avec des utilisateurs néophytes des SIG.

Une production d'indicateurs réservée aux experts ?

Cette complexité explique que dans les quelques approches participatives observables, tout comme dans notre expérience à Eymoutiers, la production des indicateurs relève des experts. Dans le

¹ Dans le bassin de la Loire la troisième représentation que nous avons proposée, le maillage arbitraire 10x10 km, ni naturaliste ni socio-politique, avait peut-être pour conséquence de déplaire à la fois aux uns et aux autres.

processus participatif mené par une équipe d'universitaires dans le quartier de Saint-Jean à Genève (Nembrini et Joerin 2003), les habitants ont été invités à répondre à un questionnaire sur leurs préoccupations à propos de leur quartier. Celles-ci ont été regroupées en enjeux par un groupe d'habitants assisté par les experts. Ces derniers ont ensuite calculé des indicateurs spatialisés au moyen d'un SIG, en utilisant des analyses passablement complexes (fonctions floues de proximité, agrégations multicritères ...) (Joerin, Nembrini et al. à paraître) puis ont appelé les habitants à réagir aux cartes présentant ces indicateurs. Les auteurs remarquent que la discussion des indicateurs avec les habitants a permis à la fois d'instaurer une participation très en amont dans le diagnostic du quartier, d'alimenter le dialogue entre les différents acteurs et d'aider à construire un référentiel commun. Ils observent cependant un certain nombre de biais. D'abord il est parfois difficile de trouver dans la base de données des indicateurs pertinents permettant d'exprimer correctement un enjeu, ce qui peut avoir pour effet d'affaiblir le poids de cet enjeu dans la perception collective. Ensuite le choix de l'indicateur par l'expert peut influencer sur l'opinion des habitants. Selon que les données de criminalité sont en valeur absolue ou relative (mais quelle référence choisir alors : le nombre d'habitants ? La surface du quartier ? Le nombre de personnes fréquentant le quartier ?), les avis sur le degré de priorité de l'enjeu criminalité peuvent s'inverser. Il apparaît que les données issues du SIG ont tendance à prendre aux yeux des acteurs un caractère d'objectivité très discutable, vu la pertinence de certains indicateurs. Par ailleurs, comment prendre en compte les différences entre la représentation que donne la carte d'un phénomène fourni par l'expert et la perception qu'en avaient a priori les habitants ? L'exemple du prix des logements du quartier Saint-Jean est intéressant à cet égard. Certains habitants considéraient que l'indicateur sur la proportion de bas loyers sous-estimait le prix des logements dans leur quartier. Deux explications sont possibles et d'ailleurs avancées par les auteurs ; un biais de perception doublé d'un effet de valeur : le quartier a une image de quartier populaire et les habitants craignent une gentrification dont les traces ne se trouvent pas dans les statistiques ; un artefact de données : les loyers moyens sont encore faibles, mais le prix des logements réellement disponibles augmentent. Dans ce cas, la gentrification est bien en route, et les habitants la perçoivent avant l'appareil statistique. Pour faire progresser la réflexion, il faut aller à la recherche de nouvelles données ou mobiliser un nouveau type d'expertise (notaires ou agents immobiliers). Un point important est celui la référence de l'indicateur. En admettant que les logements soient chers partout à Genève, cela relativise-t-il l'inquiétude spécifique de Saint-Jean, même (ou surtout ?) si celui-ci n'est pas le quartier le plus cher ? On en revient à la question de l'articulation entre les échelles de planification.

On pourrait en conclure que la production des indicateurs est nécessairement du domaine des experts, qui sont les seuls à disposer des compétences liées aux analyses spécifiques que nécessitent les traitements de données et encore plus les analyses spatiales. Mais la question de la transparence des indicateurs à ce premier niveau n'est pas simple. Nous avons pu constater dans les Ateliers auxquels nous avons participé que les connaissances du territoire qu'ont les habitants sont souvent concrètes et fines mais très parcellaires. Ils attendent justement des experts et du SIG une représentation systématique et exhaustive d'un espace qu'ils ne connaissent qu'en partie. Mais quelle est alors leur légitimité pour mettre en cause les résultats produits avec des moyens aussi sophistiqués ? Cela nous amène à la question de la transparence de deuxième niveau. Même si les indicateurs sont proposés par les experts, la procédure devrait permettre de bien comprendre pourquoi un indicateur est refusé, accepté ou modifié, ainsi que la nature de la modification souhaitée. La phase d'interaction entre l'expert proposant ses indicateurs et le public facilite très certainement le démarrage du processus participatif. Elle devrait être suivie par une phase d'évaluation et de sélection des indicateurs retenus pour déterminer les enjeux du problème. On peut par ailleurs se demander si les indicateurs doivent être construits d'emblée par les experts sous forme de combinaison élaborée de données. N'est-il pas possible d'essayer de construire les indicateurs de manière plus interactive avec le groupe d'habitants en intégrant les perceptions

qu'ont les habitants des phénomènes, les données et les modèles d'analyse susceptibles de les traduire ?

Trois exemples de solution participative

La recherche de méthodologies de production d'indicateurs d'analyse à partir des bases de données géographiques se généralise. Sans avoir procédé à une exploration systématique de la question, nous pouvons présenter 3 démarches différentes qui sont autant de pistes possibles.

La première solution passe par la constitution d'un système d'information spécifique constitué d'indicateurs et offrant une vision synthétique et structurée d'un territoire d'étude, sous une forme compréhensible et accessible. C'est la voie qu'envisageait en 2000 le Ministère des Ressources Naturelles (MRN) du Québec pour gérer l'information sur le territoire public du Québec, qui représente 92 % de la superficie et 30 % de l'économie du Québec (Joliveau, Molines et al. 2000). La gestion de l'affectation du territoire aux différents usages (droits d'exploitation forestière, droits de chasse et de pêche, droits fonciers pour la villégiature, revendications des populations autochtones, concessions minières et hydroélectriques) et le suivi de ces diverses activités (gestion foncière, lois, servitudes) conduisaient à devoir régler de multiples conflits potentiels et à coordonner l'intervention de nombreux organismes. Le système d'indicateurs, appelé profil territorial, devait offrir des données travaillées, préparées et synthétisées à partir de bases de données sectorielles et précises par des spécialistes de chacun des domaines, de manière à rendre l'information accessible à tous les acteurs. Le système était censé permettre par exemple à un forestier de comprendre et évaluer les enjeux liés au tourisme et à la récréation. Chaque service ministériel ou organisme producteur fournissait son expertise dans le choix des critères et des indicateurs et de ses unités de référence ou d'agrégation. Les profils territoriaux devaient être diffusés de la manière la plus large possible, grâce à Internet. Le profil territorial offrait des indicateurs quantifiés (par exemple : la part des plans d'eau occupés, la densité d'occupation des plans d'eau, la densité d'occupation du territoire) et des critères évalués sur une base ordinale (de *peu important* à *très important*). Ils pouvaient être formalisés sous forme de cartes, de diagrammes, de tableaux de synthèse ... L'objectif premier du profil territorial était la conciliation d'expertises entre les spécialistes de différents secteurs et de différents ministères. Un deuxième objectif sous-jacent était l'emboîtement d'objectifs envisagés à des niveaux différents : régional, inter-régional, provincial. Si les indicateurs et l'échelle des critères étaient établis à l'échelon régional, le choix de ceux-ci était fait à un niveau plus haut. Il y avait donc volonté de garder une cohérence d'ensemble, tout en laissant les échelons les plus proches du terrain étalonner l'outil, qui avait une vocation d'évaluation locale. Un troisième objectif était d'aider les différentes parties prenantes à faire converger leur perception du territoire lors des tables de concertation et à leur fournir des grilles de lecture communes pour fonder une démarche territoriale partagée. Le profil territorial constituait en effet une expertise officielle, synthétique et simplifiée, qui faisait le point sur une perception sectorielle d'un problème. Présenté au début de la concertation, il devait selon ses promoteurs *mettre à niveau* les participants, c'est à dire leur donner un niveau d'information homogène. Il devait aussi amener les différents acteurs concernés par un objet à se poser la question : avons-nous la même perception des problèmes du territoire ? Comment se pose-t-on la question dans un autre domaine que celui que je connais ? Les auteurs attendaient du système qu'il conduise les parties prenantes à ne plus négocier des faits, mais des choix ou des valeurs. Dans les discussions sur les vocations des zones, ou leur affectation à tel ou tel usage, les disputes ne devraient plus porter sur des différences d'information ou de perception de la réalité mais sur des divergences réelles d'objectif ou de stratégie ou des points qui nécessitent une visite sur le terrain ou une expertise technique poussée. Cette approche présupposait donc que les indicateurs objectifs des experts se substitueraient aux perceptions des habitants ou des usagers. Cependant, pour les auteurs, la négociation du profil territorial n'était pas exclue par le système. Mais quelle forme peut prendre

une telle négociation a priori de l'expertise du territoire ? Ne débouche-t-elle pas sur une dispute complexe, que la simplicité du profil territorial essayait justement d'éviter ? Par ailleurs, la multiplicité des unités de références des différents domaines pouvait largement compliquer l'analyse de l'ensemble des cartes, et relativiser l'intérêt premier du profil territorial, la simplicité avec laquelle il rendait compte d'une expertise. Il ne semble pas que ce système de diagnostic participatif du territoire fondé sur des indicateurs produits au moyen d'une expertise sectorielle, ait dépassé le stade de l'expérimentation.

La deuxième démarche est celle que propose le logiciel de support à une planification territoriale participative nommé *Index*. Celui-ci intègre un module spécifique *Plan Builder*, qui permet la production d'indicateurs pour évaluer de manière interactive différents scénarios. Les indicateurs varient en fonction de l'échelle de l'aménagement. Le logiciel prend en charge des fonctions d'analyse spatiale permettant de calculer les indicateurs, et de représentation cartographique pour les visualiser. L'outil ne supprime pas la complexité du calcul des indicateurs spatialisés, mais l'interactivité permet de les calculer avec les participants et donc de discuter des hypothèses et des paramètres choisis, à partir des cartes obtenues. L'expert pilote le logiciel mais les profanes sont intégrés à la fabrication des indicateurs. Ils ne réagissent plus à des cartes, ils participent à leur production. Les traitements du logiciel sont bien sûr limités à un domaine spécialisé, celui de la conception urbaine et des déplacements multimodaux et à une base de données préétablie (Criterion Planners 2004). Comme nous l'écrivions dans le premier chapitre, plus on avance dans le processus de transformation de l'information, plus les besoins et les solutions deviennent spécifiques.

La troisième démarche vise à l'élaboration d'un outil logiciel permettant une production systématique d'indicateurs spatialisés directement par des non-spécialistes de l'information géographique. Il s'agit du tableau de bord géographique proposé par l'Atelier Technique des Espaces Naturels (ATEN) à l'attention des Parcs Nationaux français (Mouton 1997), (Beisson, Claudin et al. 2002). Ce tableau de bord s'appuie sur la fourniture d'un cadre spatial de référence, permettant d'intégrer des informations spatialement hétérogènes. Les unités de ce cadre de référence sont construites pour traduire le fonctionnement écologique du territoire et doivent être déterminées en fonction de la nature de celui-ci. Tous les paramètres descriptifs du territoire (pente, exposition, altitude, occupation du sol, exploitations agricoles, usages) sont intégrés sous forme de % de la catégorie dans l'unité pour les données surfaciques ou de présence/absence pour les données ponctuelles. L'interrogation se fait sous forme de requête dans cette base de données statistiques. Le système demande donc une structuration statistique préalable des données géographiques par unités de référence qui répond à un besoin spécifique de prise en compte de fonctionnement écologique sur un territoire. Même s'il s'agit d'un outil de type expert, construit par des spécialistes, il vise à faciliter la production d'indicateurs par des gestionnaires ou des profanes, sous la forme d'un outil logiciel interfacé avec un logiciel de gestion de base de données géographiques. Son adaptation à d'autres thématiques est peu envisageable, à cause du caractère intégrateur de certaines variables écologiques qui est à la base du système.

L'élaboration de connaissances

Dans l'étape suivante, l'information est traitée pour élaborer collectivement une connaissance du problème en question. Comme définie dans le Parcours 1, la notion de connaissance suppose une capacité à modéliser, au moins en partie, le problème et sa dynamique et à simuler des évolutions ou des comportements. Un premier type de traitement répond au besoin d'avoir une maîtrise au moins relative des phénomènes et des processus qui peuvent influencer sur le problème. Il faut alors être capable de modéliser ces phénomènes, de simuler des évolutions ou des scénarios et de comparer les résultats obtenus à ce qu'on pensait intuitivement. Nous sommes dans le domaine de

la modélisation/simulation et de son utilisation dans une démarche participative. Un deuxième type de traitement porte sur l'évaluation des préoccupations et des préférences, la formalisation et la confrontation d'avis différents ou contradictoires. Ceux-ci peuvent concerner les enjeux ou les priorités du problème qui sont apparus lors de la phase de construction de l'information ou bien les choix à faire et les solutions à privilégier parmi celles qui sont proposées ou qui ont fait l'objet d'une simulation. Ce domaine relève de modèles d'évaluation, généralement appuyés sur des méthodes d'analyse multicritère. Mais celles-ci doivent être employées elles aussi dans un cadre qui associe les parties prenantes ou les personnes ayant des avis et des intérêts divergents sur une question.

La simulation des phénomènes

Les modèles utilisés en planification territoriale sont de natures très diverses et il est bien entendu inconcevable d'en donner même un simple aperçu. Il peut s'agir selon le problème en question de modèles mathématiques, de modèles conceptuels ou de modèles graphiques. Ainsi, pour organiser la participation au diagnostic du territoire, des chercheurs de l'INRA autour de Sylvie Lardon expérimentent l'utilisation de modèles graphiques inspirés des chorèmes de R. Brunet (Lardon, Piveteau et al. 2004) (Lardon 2003). Leur mise en œuvre dans un contexte géomatique reste encore peu usitée et nous ferons simplement référence un peu plus loin aux travaux dans ce domaine de Bonin et Le Page (2000)). Nous focaliserons plutôt notre attention sur les modèles de simulation de phénomène spatiaux implémentés dans des outils informatiques.

La simulation informatique est une activité regroupant des thématiciens spécialistes d'un domaine donné et des informaticiens. La coopération qui s'établit entre les thématiciens et les informaticiens à l'occasion de la construction d'un modèle est difficile car ils ne parlent pas le même langage, surtout quand le problème et les outils sont complexes comme c'est le cas en planification territoriale et environnementale. Il y a donc un fossé conceptuel à franchir (Drogoul, Vanbergue et al. 2002). La collaboration ne peut se faire que de manière itérative et il est souvent utile d'intégrer une tierce partie, le modélisateur chargé de l'interface entre le thématicien et l'informaticien. Le thématicien est alors en charge de la définition du modèle du domaine, qui correspond à ses connaissances et ses hypothèses d'expert, tandis que l'informaticien construit un modèle "computationnel" qu'il implémente au moyen d'un langage particulier. Le modélisateur propose lui un modèle conceptuel permettant de passer de l'un à l'autre (Vanbergue et Drogoul 2002). Le modèle une fois constitué, calibré et validé peut être utilisé par le thématicien pour simuler les conséquences d'un choix ou d'une décision. Selon la convivialité de l'outil informatique, ces simulations peuvent être réalisées par l'informaticien, le thématicien ou par des utilisateurs connaissant les paramètres nécessaires qui lui sont donnés. Le modèle est une boîte noire pour les utilisateurs. Il produit des résultats à partir de données, en fonction d'hypothèses de fonctionnement qui ont pu être expliquées de manière simplifiée ou analogique. Notons que pour le thématicien lui-même, le modèle computationnel est une boîte noire. Il n'a souvent pas les compétences pour comprendre l'adaptation que subit le modèle de son domaine lors de son encodage dans un programme informatique. Cela est encore plus vrai pour des profanes qui n'ont pas une vue d'ensemble du domaine. Ils sont donc traditionnellement exclus du travail de modélisation, surtout quand la spatialisation du modèle vient complexifier le problème et les outils. Pourtant ces outils de simulation sont de plus en plus souvent utilisés dans des procédures de planification avec des acteurs. Dans la plupart des cas ces derniers se contentent d'utiliser les modèles de simulation. Plus récemment sont apparues des expériences où l'élaboration même du modèle se fait avec les acteurs.

Utilisation participative de modèles de simulation

La simulation informatique est utilisée en recherche ou en aide à la décision depuis très longtemps et dans tous les domaines, économie, urbanisme ou écologie... Des milliers de modèles

informatiques en tous genres ont été développés dans les laboratoires et beaucoup sont téléchargeables sur Internet. Dans le cadre du groupe de recherche Libergéo, il existe par exemple un inventaire des modèles spatiaux (Groupe modélisation 2004). Un phénomène récent nous semble avoir des conséquences potentielles dans le domaine de la planification territoriale participative. Il s'agit de l'apparition d'outils de simulation informatiques "clés en main", disposant d'une interface utilisateur simple, attrayante ou même ludique et dont la simplicité d'usage les rend utilisables par des non-spécialistes. Internet a rendu leur diffusion facile et ils sont même de plus en plus souvent exécutables en ligne. Ils peuvent donc être utilisés par des individus isolés, ou dans des contextes collectifs variés : éducation, formation, pratique militante. Malgré une base commune et de fortes parentés, on peut distinguer trois grands types d'outils : les baromètres personnels, les générateurs de scénarios et les simulateurs de jeux de rôles (Fauchoux, Hue et al. 2001).

Le baromètre personnel est un modèle de simulation intégré qui permet à un individu de tester l'impact, le plus souvent spatial ou environnemental, de son comportement de consommation alimentaire, de consommation d'eau ou de ses pratiques de transports. On peut donner comme exemple le calculateur des changements climatiques, logiciel interactif accessible sur le Web et conçu pour sensibiliser le grand public aux émissions de gaz à effet de serre dues à leurs activités quotidiennes et à leurs choix de mode de vie (CCC 2004). En déclarant des renseignements de base (nombre de personnes au foyer, région, équipement en véhicule) et des choix de modes de vie, l'utilisateur peut estimer ses émissions de CO₂, les comparer à la moyenne de sa région et tester différents scénarios de réduction. Le site fournit ensuite des suggestions et des conseils pour réduire les émissions. Ces baromètres personnels concernent souvent des problématiques environnementales et restent pour l'instant peu spatialisés. Ils fonctionnent par comparaison à des moyennes régionales ou nationales de calculs d'émission de déchets ou de consommation de ressources, ou au moyen d'indicateurs globalisants comme l'empreinte écologique (WWF Suisse 2004) (Earth Day Network 2004). Mais il est tout à fait envisageable que des systèmes plus localisés ou spatialisés apparaissent.

Les générateurs de scénarios permettent d'explorer différents scénarios d'une situation sur la base de modèles de simulation dynamique. L'exemple que nous présentons est le générateur de scénarios de Développement durable au niveau régional LB-QUEST. Il a été développé pour le bassin inférieur de la Rivière Fraser en Colombie britannique, près de Vancouver par le centre de recherche SDRI (Sustainable Development Research Initiative 2000)¹. L'utilisateur est d'abord invité à définir ses valeurs personnelles. On l'invite à définir pour le futur un pronostic sur la capacité d'absorption de l'environnement régional, la rapidité de développement technologique prévisible et la capacité de la société à adapter ses comportements. Il exprime ensuite une orientation politique entre un développement plutôt piloté par le marché, plutôt contrôlé par l'État ou bien tiré par la société civile. L'utilisateur choisit ensuite un ensemble d'indicateurs correspondant aux thèmes prioritaires sur lesquels il va déterminer son évaluation des scénarios. Il définit des objectifs démographiques, économiques et le niveau d'urbanisation qu'il souhaite pour la région. Enfin, il élabore sa politique en choisissant les mesures précises qu'il compte prendre dans différents domaines : transports, habitat, agriculture, etc.. Il peut alors lancer le modèle qui simule pour son scénario un ensemble d'indicateurs démographiques, sociaux, économiques, budgétaires, écologiques, ... qu'il visualise sous forme de graphiques et de cartes. Il obtient aussi une vue synoptique des conséquences de sa politique pour ses indicateurs prioritaires. Il est invité à choisir une autre combinaison de politiques pour la décennie suivante. Il peut sauver son scénario et changer les paramètres. Sa très grande facilité d'utilisation, la manière dont on choisit aisément

¹ Le modèle a longtemps été accessible en ligne. En septembre 2004, il semble que seule la version téléchargeable soit disponible.

parmi un grand nombre de paramètres et une visualisation des résultats très soignés, intégrant des simulations cartographiques en font un outil à la fois riche en contenu et convivial. Comme le disent ses auteurs, l'objectif de la simulation n'est pas de prédire la situation du bassin de la Fraser en 2030 mais d'amener l'utilisateur à essayer de comprendre au moyen des scénarios quelle peut être l'influence de ses choix (Envision Sustainable Development Research Initiative 1999). Il devient par exemple très apparent au fur et à mesure de l'exécution de scénarios que les résultats sont moins sensibles aux paramètres décrivant les orientations de politique générale qu'aux paramètres techniques des politiques sectorielles. L'utilisateur peut être ainsi conduit à réfléchir sur la dimension pragmatique ou non de l'action. Mais la comparaison des scénarios peut faire naître de nombreuses autres questions plus spécifiques. L'exercice peut être collectif en discutant a posteriori les scénarios obtenus individuellement ou en les élaborant collectivement. Dans tous les cas, un générateur de scénarios constitue plus un outil de questionnement que d'élaboration de réponses au problème posé.

Les simulateurs de jeu de rôle sont une transcription informatique des jeux de plateau utilisés depuis très longtemps dans les instituts de formation pour créer des situations dynamiques et actives d'apprentissage. Piveteau (1995) a montré tout l'intérêt des jeux de rôles pour la négociation en aménagement du territoire. Il existe maintenant de nombreuses initiatives de recherche pour développer l'usage des jeux de rôles en gestion environnementale ou territoriale, comme l'ont montré les différents Ateliers du colloque de Florac sur la gestion paysagère (2002a). L'organisation de jeux de rôle reste un exercice complexe et les outils informatiques sont souvent mis en œuvre dans le cadre de groupes se réunissant en face à face ; nous y revenons plus loin à propos de la simulation multi-agents. Toutefois, on voit apparaître des outils informatiques autonomes permettant de supporter ces jeux de rôles. M. Etienne propose par exemple un outil de simulation développé au moyen d'Excel qui supporte un jeu de rôle à deux acteurs. Un berger et un forestier négocient l'aménagement sylvopastoral d'un massif forestier sensible aux incendies (Etienne 2001). Sur un terrain d'action fictif représenté par une grille de 100 cellules, le système simule les comportements d'agents non humains comme la forêt, et les conséquences des décisions prises par le berger et le forestier.

Un projet de recherche européen propose un prototype intégrant tous ces outils sur le thème de la dégradation des ressources naturelles par les activités agricoles (Virtualis 2004). Le prototype est très ambitieux car il intègre une interface sous forme d'une maquette virtuelle 3D d'un village fictif "Kerviviane" dont le cas sert de référence à l'ensemble des activités (Virtualis 2002). Il est possible de se promener dans le village et d'interroger différents habitants afin de comprendre leurs préoccupations. Le Baromètre Personnel sert à simuler un profil d'agriculteur ou de consommateur et à mesurer les conséquences de son comportement de production ou de consommation. Le générateur de scénarios permet de simuler les coûts et les impacts environnementaux liés à la perception du futur de l'utilisateur et aux changements des pratiques agricoles proposés. Le jeu de rôle prend la forme d'une « matrice de délibération », grâce à laquelle chaque catégorie d'acteur juge les scénarios en fonction de chaque enjeu. Le système dispose aussi d'une bibliothèque virtuelle où se trouve une documentation concernant la problématique de la dégradation de l'eau par l'agriculture. Même si le prototype se révèle encore techniquement instable, il illustre bien le type d'outil de simulation informatique qui sera disponible dans un futur proche pour l'organisation de la participation. On voit bien l'intérêt que ces outils peuvent avoir pour animer la réflexion des acteurs, que ce soit à distance dans le cadre de l'information large d'un forum à travers des démarches de consultation individuelles ou de la réflexion d'un Atelier participatif qu'il se tienne en présentiel ou à distance.

On perçoit aussi les limites de ces outils. Le premier reproche qu'on peut leur adresser est leur effet boîte noire. Dans la plupart des Baromètres Personnels disponibles sur le Web, les hypothèses qui

sous-tendent les calculs (sans parler des équations qui les produisent) ne sont jamais explicitées. Une utilisation participative de ce type d'outil nécessite une explicitation des principes et des hypothèses du modèle. Ils apparaissent, en second lieu, peu territoriaux. Les baromètres personnels ne concernent pas un territoire spécifique et les jeux de rôles s'appuient sur des territoires fictifs. Ce jugement est cependant à nuancer. C'est l'intérêt même du baromètre personnel que d'être un outil universel, qui permet justement de comparer des comportements et des situations. Mais il est possible de paramétrer les caractéristiques de l'utilisateur et en particulier son type d'habitat (urbain, rural, taille de la ville, type de région, ...). De la même manière, la solution du territoire fictif facilite la diffusion d'un générateur de scénarios. Mais on peut envisager que ces territoires fictifs soient paramétrables afin qu'on puisse les rapprocher d'une situation concrète. En effet, l'élaboration d'un modèle de simulation d'un espace spécifique du type du simulateur de scénarios du bassin de la Fraser est un très gros travail de collecte de données, d'élaboration et de validation du modèle, de production des résultats de la cartographie. Or, si l'objectif premier est d'amener des acteurs à construire collectivement une représentation commune d'un problème, il ne semble pas toujours nécessaire de disposer d'une modélisation précise du territoire lui-même. C'est une question qui vient vraisemblablement dans un deuxième temps, quand les acteurs veulent passer à une réflexion concrète sur leur espace. En revanche, la réflexion que peuvent avoir ces utilisateurs sur leur territoire à partir du modèle d'un territoire fictif peut être employée très utilement par le thématique ou le modélisateur engagés dans la construction d'une modélisation de ce territoire spécifique. On peut sans trop risquer de se tromper faire l'hypothèse que ces différents outils de simulation informatiques, baromètres personnels, générateurs de scénarios et simulateurs de jeux de rôle, vont se diffuser dans des versions plus ou moins adaptables à différentes situations. Le travail de l'Université de Colombie Britannique pour la réalisation du modèle LB-QUEST a déjà conduit à l'élaboration d'une boîte à outils générique permettant de construire un gestionnaire de scénarios adaptés à différentes situations et contextes d'utilisation (Envision Sustainability Tools 2003). Des outils génériques sont maintenant disponibles qui permettent de générer le programme informatique d'un modèle dynamique à partir d'une conception graphique interactive. Le programme obtenu est directement utilisable sur Internet (Isee systems 2004). Des environnements logiciels apparaissent pour coupler ces modèles dynamiques avec des modèles spatiaux (Maxwell, Villa et al.).

Tous ces outils, joints à la multiplication des recherches sur la modélisation de différents phénomènes interférant avec la planification territoriale, font que les outils de simulation informatiques utilisables dans un contexte participatif vont se multiplier. Ils apparaissent pour l'instant encore peu spatialisés et déconnectés des outils géomatiques, mais cela peut changer. La diffusion des outils de cartographie sur le Web et le développement des modèles spatialisés vont en tout cas dans ce sens. Par ailleurs, les capacités d'analyse des SIG seront mobilisées pour renseigner les paramètres spatiaux des modèles quand ils devront être adaptés à des territoires spécifiques. Une réflexion préalable sur les contraintes liées à ce type d'emploi émergent de la modélisation devra être conduite en amont par le thématique et le modélisateur et en aval par celui qui la met en œuvre dans un cadre participatif.

Élaboration participative de modèles de simulation

La question de la participation des utilisateurs à l'élaboration même de modèles spatialisés a été transformée avec les approches de simulation multi-agent (Vanbergue 2003). Celles-ci s'appuient sur un découpage du système à étudier en entités plus ou moins complexes, qui sont modélisées sous forme d'agents auxquels sont attribués un ensemble de comportements. Les entités que représentent ces agents peuvent être de nature très diverse : acteurs sociaux, entreprises, troupeaux, systèmes techniques ... Il peut aussi s'agir d'entités spatiales comme des villes ou des biotopes. L'espace n'est plus alors considéré comme un support inerte, il devient un élément dynamique du

modèle. La polysémie du terme agent est souvent génératrice de confusion, même entre spécialistes. Selon Drogoul, Vanbergue et al., l'unicité sémantique du mot agent cache en fait de très grandes différences conceptuelles, selon qu'il est employé par le thématique (agents réels), le modélisateur (agents conceptuels) ou l'informatique (agents computationnels). Ces derniers relèvent en informatique d'une approche dite Systèmes Multi-Agent (SMA), technique de modélisation de type intelligence artificielle distribuée, qui s'appuie sur des "agents" informatiques simples, petits programmes ou systèmes autonomes doués d'un comportement socialement organisé et de capacités de raisonnement et d'échange d'information (Coquillard et Hill 1997). Les méthodes de simulation multi-agent participent comme les SMA de ce paradigme général multi-agent. Mais selon Vanbergue (*op.cit* p. 41), la simulation multi-agent n'utilise pas plus intensément les agents computationnels issus des SMA que d'autres techniques informatiques comme les automates cellulaires ou la microsimulation¹. Même si la plupart des auteurs sont d'accord pour dire que les systèmes multi-agents constituent une solution d'avenir pour la simulation orientée agent, la question centrale est celle de la multi-modélisation, c'est-à-dire du couplage de plusieurs modèles, fonctionnant éventuellement à des niveaux d'organisation différents. Un problème territorial même simple nécessite en effet la mise en relation de différents types de modèles informatiques simulant plusieurs domaines thématiques ou disciplinaires. Dans sa méthodologie appliquée à Bogota, Vanbergue met ainsi en synergie un modèle de microsimulation démographique sur les migrations et un modèle de dynamique des logements par automates cellulaires (Vanbergue, *op. cit*). Un environnement de modélisation comme Cormas de l'équipe du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. (CIRAD) couple, quant à lui, système multi-agent et automates cellulaires.

Une approche de simulation orientée agent, même associant itérativement thématique, informatique et modélisateur, n'est pas synonyme d'intégration des acteurs dans la construction des modèles. Le comportement des acteurs sociaux réels peut être modélisé dans le système comme le comportement d'autres agents non humains ou d'entités spatiales à partir de connaissances obtenues par observation, calcul statistique ou hypothèse théorique. C'est traditionnellement le thématique qui garantit le réalisme des données et des comportements des différents agents simulés par le système. C'est lui aussi qui interprète les résultats de la simulation, les comportements des agents ou l'émergence de propriétés inattendues. Une simulation orientée agent facilite cependant l'association des acteurs sociaux, puisque leur comportement est directement modélisé. On peut donc interroger les acteurs réels sur leurs comportements. Leur intégration directe devient même nécessaire quand le modèle de simulation est utilisé pour comprendre les comportements des agents/acteurs ou pour changer ces comportements. Cela peut correspondre à une demande du thématique qui se sert de la participation d'acteurs réels à la simulation pour améliorer son modèle. Cela peut venir aussi d'un ou plusieurs acteurs qui souhaitent grâce au modèle améliorer leur propre connaissance d'un problème. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une collaboration souvent débutée à l'initiative des chercheurs pour améliorer le modèle de simulation et qui mobilise ensuite les acteurs en leur offrant d'apprendre à cette occasion quelque chose de nouveau à propos d'un problème qui les concerne ou de mieux comprendre les comportements des autres acteurs. Nous restons encore largement dans ce domaine au niveau des expérimentations et des projets de recherche.

¹ Les modèles de microsimulation travaillent avec des entités à un niveau de granularité très fin ayant des comportements simples. Ils sont souvent utilisés en démographie ou en économie au niveau des individus, des ménages ou des firmes (Vanbergue, *op. cit.*). Les automates cellulaires sont fondés sur un découpage d'un système spatial en cellules, dont le comportement suit certaines règles en fonction de leur voisinage.

Une équipe de référence française dans le domaine de la simulation multi-agent est celle du programme Green du CIRAD (Weber 1995), (Cormas 2004). Elle a mis en œuvre depuis plusieurs années une modélisation à base de systèmes multi-agents pour rendre compte des processus de décision et des interactions entre différents acteurs confrontés à la gestion de ressources à usages multiples. Les applications ont concerné plusieurs thématiques comme la gestion des accrus forestiers en France (Etienne et Le Page 2002), la gestion d'un périmètre irrigué en Afrique (Barreteau et Bousquet 2001) ou la gestion des relations entre agriculture et élevage dans une communauté rurale au Sénégal (d'Aquino, Le Page et al. 2002; d'Aquino, Le Page et al. 2003). Les contextes ont aussi varié : opérations de formation, support à une réflexion collective, etc... Une originalité de la méthode est que la participation des acteurs au modèle se fait au moyen de jeux de rôles. SMA et jeux de rôle ont en effet des principes proches : agent/joueur, règles de comportement/ règles du jeu, pas de temps/tour de jeu, etc... Les acteurs peuvent jouer leur propre rôle ou le rôle d'un autre acteur. Il n'est pas possible d'envisager tous les dispositifs possibles. Si le modèle de simulation existe déjà, il est simplifié pour servir de support au jeu de plateau. Une fois les parties réalisées, les joueurs peuvent comparer leur expérience avec les simulations informatiques (Barreteau 2003). Il est possible aussi d'utiliser le jeu de rôle pour comprendre les règles des acteurs et construire à partir de cela le système de simulation que les acteurs utilisent dans un deuxième temps pour réaliser des simulations (d'Aquino, Le Page et al. 2002). Enfin, le système de simulation peut être mobilisé pendant le jeu lui-même, comme l'illustre l'application déjà citée d'Etienne (2003). Le choix d'un dispositif dépend des objectifs ou du contexte. Le jeu de rôle sur ordinateur demande des ressources informatiques spéciales, plus aisées à rassembler dans un centre de recherche européen que dans un village africain où un tableau de papier, des figurines et un tableau noir sont des supports plus réalistes.

Les expériences de simulation participative sont encore récentes et restent très marquées par le contexte de recherche dans lequel elles sont menées. On peut cependant repérer des conséquences fortes dans le domaine de la modélisation comme dans celui de la planification et de la décision territoriale. La dimension participative devient une méthode spécifique de construction de modèles de simulation multi-agents. A partir de l'observation de la réalité (terrain, système d'acteurs), un modèle de simulation orienté agent est construit. Des simulations sont organisées sous forme de jeu de rôle avec des acteurs réels. L'observation conduit à poser de nouvelles questions à la réalité et à transformer le modèle, ce qui enclenche un nouveau cycle de modélisation (Barreteau, Bousquet et al. 2001). Pour Guyot (2004) la simulation multi-agent participative est une évolution des méthodes de simulation classiques, dans laquelle l'interface entre thématicien et informaticien se trouve renouvelée.

La simulation multi-agent ouvre des perspectives théoriques intéressantes dans le domaine de la planification environnementale. L'équipe du CIRAD définit ainsi trois manières d'aborder l'interaction entre des acteurs et des ressources naturelles (Cormas 2004). La première est *la coordination par l'environnement*. Les agents agissent sur la ressource en fonction de règles ou décisions et, ce faisant, ils transforment cette ressource pour les autres agents. L'analyse du problème revient à chercher un système d'action par les agents qui permettent une gestion satisfaisante de la ressource pour tous. La deuxième approche modélise *les relations entre les acteurs* à propos des ressources. On modélise en quelque sorte le système d'acteurs, les alliances et les conflits qui le traversent. Le troisième mode de modélisation est celui que l'équipe appelle *les référents communs*. Il passe par la recherche d'objets "médiateurs" dont la « représentation est à la fois individuelle et partagée (et) qui tendent à la fois à créer le groupe social et à être l'expression de son existence » (Cormas, *op. cit.*). Il peut s'agir d'institutions, de mémoire collective, de mythes, de lieux ou biens symboliques. La simulation multi-agents est bien adaptée à la modélisation de ces différentes « formes de coordination observables sur le terrain », pour reprendre la définition de l'équipe du CIRAD. Cette simulation des formes de coordination semble une réponse de principe

intéressante aux exigences théoriques de la planification participative telles que nous les avons fait émerger dans la deuxième section ce parcours.

Les premiers comptes-rendus des expérimentateurs sont très positifs quant à leur mise en œuvre dans la planification ou la gestion du territoire,. L'objectif de la simulation multi-agent participative selon d'Aquino, Le Page et al. (2002) est moins le résultat des simulations elles-mêmes que l'observation des processus qui conduisent à ces résultats et des interactions entre agents (humains) ou non humains, observables directement par les acteurs. La double simplification de la réalité, liée à la modélisation multi-agent d'une part et au jeu de rôle d'autre part, n'est donc pas un handicap dans une logique de planification territoriale. Il ne s'agit pas de prédire une situation, ni de localiser précisément une solution. Il s'agit pour les acteurs de progresser dans la construction collective d'une problématique commune et d'un cadre de solution. La simulation informatique permet alors de « tester et de finaliser les représentations, puis de mieux cerner l'utilité de certains phénomènes pour déclencher ou infléchir certaines dynamiques » (d'Aquino, 2003, *op. cit.* p. 322). La simulation informatique participative contribue donc à un apprentissage des comportements des agents (autres acteurs, entités spatiales, agents non humains), et à leur compréhension dynamique dans la recherche de solutions. Au niveau théorique, la simulation participative multi-agent répond bien aux contraintes de la société réflexive, dont nous parlions dans la première partie de ce parcours, et qui demande à ce que la réflexion intègre dans le problème les représentations que se font les acteurs du problème mais aussi celles des autres acteurs. Nous restons cependant un peu plus prudents que d'Aquino sur l'appropriation de ces outils par les acteurs locaux. D'abord, il nous semble indispensable de nous interroger sur l'influence du contexte de recherche dans « la réussite » des expériences de simulation multi-agent participative. Par ailleurs, les expériences décrites manquent souvent d'un protocole d'observation extérieur à l'équipe d'animation elle-même. Ce n'est pas un problème quand l'objectif principal est informatique (améliorer le modèle multi-agent) et que l'apprentissage et la réflexion collective ne sont que des sous-produits de la démarche. C'est plus gênant quand la simulation n'est qu'un moyen d'améliorer une action de planification. Une analyse détaillée et distanciée du déroulement de l'opération devient alors nécessaire.

Comment interagissent SIG et outils de simulation multi-agents dans les projets territoriaux ? Les SIG se situent très nettement du côté du territoire, de l'information objective, précise, opérationnelle et technique. Les SMA introduisent le système territorial, « l'acteur, sa mobilité, ses mobiles et sa temporalité » (d'Aquino 2003 *op. cit.* p. 316). Dans la recherche de Bonin et Le Page (2000) sur le massif du Tanargue, le SIG est essentiellement un support d'analyse d'un système spatial. Il donne des informations mesurables et quantifiables sur le territoire et permet de localiser les vocations de l'espace proposées par les acteurs. Une représentation chorématique permet de représenter l'organisation spatiale de la zone sous forme d'un modèle graphique très simplifié. Celui-ci est utilisé pour faire exprimer aux acteurs leurs connaissances générales à propos des entités chorématiques. L'ensemble de cette information nourrit ensuite la modélisation puis la simulation SMA. La précision géographique de la simulation semble donc moins importante que sa richesse en contenu. Elle permet aux acteurs de comprendre les phénomènes dans leur ensemble, sous la forme des typologies spatialisées dont nous parlions à propos des représentations spatiales des Ateliers participatifs et non du territoire concret. Ainsi dans l'expérience sur élevage et agriculture au Sénégal, l'espace du delta du fleuve Sénégal est simplifié par rasterisation SIG et les scénarios de la simulation multi-agent se font avec comme support le territoire représenté par le SIG (d'Aquino, Le Page et al. 2003). Selon les auteurs, un facteur de réussite est justement que la réalité locale soit présente de manière continue en arrière-fond de la simulation, à travers la simplification de la grille du SMA et l'utilisation ponctuelle du SIG.

Au terme de cette analyse de l'utilisation de la simulation dans la participation à la planification territoriale, deux constats apparaissent clairement. Qu'il s'agisse de l'utilisation ou de l'élaboration participative de modèles, les objectifs mis en avant pour la simulation sont plus procéduraux que substantiels. On attend plus de l'exercice de simulation participative une stimulation de la dynamique d'acteurs que la production de résultats spatialisés effectifs. Le SIG apparaît alors de manière inattendue comme *un témoin de réalité* en faveur de la simulation. En fait, tout se passe comme si la simulation dans un contexte participatif devait se libérer d'un trop grand réalisme spatial, tout en gardant un cadre territorial suffisamment explicite pour que les acteurs puissent analyser les résultats de la simulation. On peut se demander toutefois si ce caractère n'est pas spécifique du moment où émerge la simulation participative. Une fois l'effet de nouveauté passé et le caractère ludique émoussé, les acteurs ne vont-ils pas se montrer plus exigeants et demander une continuité plus forte entre le territoire modélisé dans le SIG, la première simplification du SMA et la seconde du jeu de rôle éventuel ? Dans ce cas, des questions de précision et de validation éludées aujourd'hui de la simulation participative seront amenées à se poser. Le statut de la simulation multi-agent dans la planification territoriale n'a peut-être pas vocation à demeurer aussi procédural que les premières applications semblent le faire apparaître.

Du point de vue des techniques informatiques, on constate que les différents outils de simulation importent les données du SIG pour les traiter, ce qui est classique dans le domaine de la modélisation, mais disposent de leur propre interface de visualisation, ce qui l'est moins. Or la multiplication des types de visualisation est préjudiciable dans un projet de planification territoriale participative. Comme on l'a vu plus haut avec (Zachary 1988), l'intégration des fonctions de visualisation des différents outils d'aide à la décision est une condition de leur emploi et les SIG apparaissent comme les outils intégrateurs de la planification territoriale. La visualisation de résultats de la simulation participative dans un SIG conduit à les intégrer comme une nouvelle couche thématique de celui-ci et donc contribue à la nécessité de continuité de l'information spatiale que nous venons d'évoquer.

L'évaluation des préférences et des choix

Parallèlement à la connaissance des phénomènes et processus qui influent sur le territoire, une démarche participative nécessite une connaissance des préoccupations et des préférences des acteurs, des priorités qu'ils accordent à certains problèmes par rapport à d'autres et des raisons qui leur font préférer certaines solutions. Depuis les années 70, l'aide multicritère à la décision s'est constituée comme une discipline à part entière pour répondre à ces questions de préférence et de choix en se substituant à des approches fondées sur l'optimisation d'un critère unique très souvent financier. La nécessité de prendre en compte plusieurs critères a contribué à faire émerger la part de subjectivité qu'exige toute décision. Un problème multicritère ne pourra en effet être résolu qu'en introduisant dans le modèle les préférences du décideur. Longtemps réservées au monde industriel les méthodes d'analyse multicritère ont progressivement été mises en œuvre dans des problématiques d'aménagement territorial ou de gestion environnementale (Joliveau, Molines et al. 2000). Elles y ont trouvé un type d'application dans la décision collaborative quand un groupe d'individus aux jugements de valeurs multiples remplace un décideur unique. Utilisées dans quelques projets d'aménagement à la fin des années 70 (de Montgolfier et Berthier 1978) puis à propos de questions environnementales (Jacquet-Lagrèze et Siskos 1983), ces méthodes sont longtemps restées un peu en retrait en planification territoriale. Elles connaissent depuis quelques années un nouvel engouement qui s'explique essentiellement par leur évolution intrinsèque. Elles offrent maintenant une panoplie plus étendue de techniques plus nuancées. De plus, les outils d'application actuels ont pris la forme de logiciels interactifs sur micro-ordinateur, dont l'utilisation conviviale et les résultats graphiques contribuent à la diffusion de ces méthodes.

Une analyse multi-critère ne vise pas à prendre la décision, mais à l'éclairer. Il s'agit donc d'une démarche permettant de construire de manière explicite le choix des options à considérer, les critères qui permettent de les évaluer, les pondération de critères correspondant à divers systèmes de préférence et le modèle de préférence globale qui va servir à combiner les critères pour évaluer les options et produire des recommandations. Sans nous lancer dans un exposé technique, il faut noter que les résultats d'une analyse multicritère peuvent être très variables en fonction des objectifs et de la méthode employée. Les résultats attendus peuvent être *un choix* sélectionnant les meilleures actions, *un tri* affectant les actions dans des catégories prédéfinies, *un rangement* classant les actions par ordre de préférence ou *une description* systématique et formalisée de ces actions (Roy et Bouyssou 1993) cités par (Molines 2003). Par ailleurs, il existe de nombreuses techniques qu'on rassemble un peu rapidement dans deux familles : les méthodes européennes qui fonctionnent par agrégation partielle des critères et supportent des incomparabilités ou des indifférences entre les options à comparer ; les méthodes américaines dites d'agrégation complète fondées sur une évaluation de la performance globale d'une option au moyen d'une fonction d'utilité qui se décompose en autant d'utilités partielles qu'il y a de critères (Molines 2003). L'action qui a la plus forte utilité est donc considérée comme la meilleure.

De par sa terminologie (actions, alternatives, scénarios, solutions...), l'analyse multicritère est souvent perçue comme un ensemble méthodologique qui se positionne plutôt sur le versant aval d'une démarche de planification, la recherche de solutions (phase *Choix* de Simon) que sur le versant amont de la construction du problème (phase *Renseignement*). En fait rien n'oblige en théorie à confiner l'analyse multicritère à l'évaluation de solutions. On peut tout à fait envisager de l'utiliser en début d'un projet pour classer les différents problèmes ou enjeux d'un territoire en fonction de critères spécifiques. En revanche, une démarche d'aide à la décision multicritère est une démarche intégrée et cohérente qui va de la recherche des acteurs à l'expression de recommandations en suivant un certain nombre d'étapes obligatoires et méthodologiquement cadrées.

Bien que récente, l'association des SIG et de l'Analyse multicritère (AMC) est de plus en plus courante. Les applications menées dans un contexte de recherche se multiplient dans différents domaines : le traitement des déchets (Joerin 1998), la gestion de l'eau (Martin, St-Onge et al. 1999), la gestion intégrée du territoire (Côté, Poulin et al. 2002), la planification des infrastructures de transport (Côté et Waaub 2000), (Molines 2003), la localisation de l'habitat (Joerin, Thériault et al. 2001) pour ne citer que certains exemples. Les problématiques qui conduisent à combiner SIG et AMC sont évidemment liées à des questions de recherche de site ou d'allocation d'espace. Il s'agit de localiser des équipements, des infrastructures, ponctuelles, ou linéaires dans le cadre d'un projet ou d'un schéma de transport. On peut aussi de manière plus globale tenter de répartir différentes activités dans l'espace dans le cadre d'un schéma directeur. Les critères d'ordre spatial, technique ou environnemental sont alors stockés dans le SIG.

Le principal problème auquel on se heurte dans ce contexte est le fait que chaque localisation dans l'espace est considérée en AMC comme une option potentielle, à laquelle sont associés tous les critères. Une analyse multicritère nécessite alors d'étudier un nombre très important d'options, plusieurs centaines de milliers si la localisation se fait par le truchement des cellules d'une grille raster. Seules les méthodes d'agrégation complète sont pour l'instant adaptées à ce type d'analyse. Ce sont donc les seules à être implémentées dans des logiciels SIG comme Idrisi par exemple (Eastman, Kyem et al. 1993). Si l'on veut disposer des fonctions des méthodes d'agrégation partielle, il faut procéder à des classifications successives pour restreindre le nombre de zones favorables (Joerin 1998). Le travail de (Molines 2003) illustre l'intérêt d'une utilisation conjointe des méthodes AMC d'agrégation complète et d'agrégation partielle, les premières pour déterminer spatialement à l'aide d'un SIG plusieurs variantes de fuseaux autoroutiers et les secondes pour

comparer chacun de ces fuseaux en fonction de différents critères. Une autre application classique de l'association SIG et AMC est l'évaluation de scénarios de développement ou d'aménagement. Le SIG sert alors à produire les critères spatiaux des scénarios qui sont combinés avec d'autres critères non spatiaux dans une procédure d'AMC.

Les méthodes multicritères ne sont pas par elles-mêmes participatives. Elles peuvent même être utilisées dans un contexte complètement technocratique. Leur emploi dans un contexte participatif crée des contraintes méthodologiques nouvelles. Les acteurs doivent être associés à l'ensemble de la démarche : depuis la formulation du problème jusqu'aux recommandations. Une démarche de ce type demande donc une bonne organisation, un gros travail d'animation et d'explication auprès des acteurs. Elle doit être conduite par des spécialistes de l'animation de groupes et des démarches multicritères. Comme le signale Chevallier (1999) dans son guide pour une démarche participative multicritère, la phase centrale de structuration est cruciale. Elle doit permettre de formuler les axes de préoccupation des participants, d'élaborer différents scénarios de gestion environnementale ou territoriale tout en construisant les critères de référence qui vont permettre l'évaluation des scénarios. Il s'agit d'une méthode de construction de consensus. L'objectif est d'obtenir une recommandation globale et la démarche est reprise itérativement tant qu'il reste des points de discord.

Ce qui caractérise l'adoption d'une démarche multicritère dans une logique territoriale c'est que les acteurs sont la plupart du temps trop nombreux pour participer personnellement. Ils doivent donc être représentés. Le premier type de démarche envisageable est un travail en cabinet dans lequel l'analyse multicritère s'appuie pour disposer des points de vue des acteurs sur des enquêtes ou des avis d'experts. C'est bien entendu le degré zéro de la participation, mais cela se pratiquera vraisemblablement. D'abord car les compétences que nécessite le couplage SIG et AMC sont encore peu répandues dans le monde professionnel de la planification environnementale et territoriale. Il peut donc être utile de s'entraîner à jouer en interne la mise en œuvre de ces démarches. Ensuite, car cela peut être pour le promoteur d'un projet territorial une manière de simuler le type de réaction que son projet peut susciter avant de le rendre public. La deuxième démarche, réellement participative celle-ci, est mise en œuvre dans une enceinte où sont présents les représentants de toutes les parties intéressées. C'est le modèle des tables de concertation du Québec ou des groupes de travail comme celui proposé par Oberti (2004) pour l'analyse de la localisation d'un parc éolien en Corse. Les représentants expriment le point de vue de l'organisme qui les mandate. Il s'agit toujours de produire des recommandations mais le caractère officiel de la démarche a une valeur, au moins symbolique, d'engagement. Le rendu de la démarche doit comporter les recommandations, mais aussi tous les éléments permettant de comprendre l'avancée de la réflexion. Une troisième solution est d'étendre plus largement la participation en ligne au moyen d'Internet. Cela permettrait à toutes les personnes qui le souhaitent de s'exprimer individuellement tout au long de la démarche, après avoir éventuellement opté pour l'acteur dont elles entendent exprimer. Cela demande à la fois des développements techniques pour organiser la consultation et les échanges d'information par le Web, et méthodologiques pour structurer la participation à distance (Wotto et Waaub 2003). Plusieurs tests ont été conduits en ce sens dans un contexte géomatique. On citera en particulier les travaux de Carver à l'Université de Leeds (Evans, Kingston et al.) (Carver, Evans et al. 1998).

En conclusion, l'aide à la décision multicritère facilite l'intégration de points de vue multiples, permet d'explicitier le choix des options et des critères et de construire un modèle de préférence global, dans un cadre où chaque participant exprime ses vues. Elle permet de faire émerger parmi toutes les options envisagées celles qui correspondent le mieux aux attentes définies de manière collective. Comme les outils de simulation, l'aide à la décision multicritère a autant pour objectif d'aider à clarifier les positions des acteurs et à formaliser des convergences ou des coalitions entre

eux que d'élaborer une solution définitive. C'est cependant une approche fortement structurée et formalisée qu'il peut être difficile d'articuler avec d'autres approches.

La communication de l'information

Les fonctions de communication ne sont pas employées simplement pour la présentation des résultats de la connaissance. Elles interviennent à tout moment pour communiquer un état des données ou un état de l'information, selon des formes et avec des objectifs différents. Nous ne prétendons pas ici aborder, ni même poser le problème global de la communication participative de phénomènes à caractère spatial. Nous avons sélectionné trois questions clé qui nous semblent se poser dans les projets géomatiques participatifs : la place de la carte dans la participation, l'impact de la mutation vers la cartographie multimédia et les effets de la généralisation des visualisations 3D. Dans les trois cas, il s'agit davantage d'un questionnement que d'une argumentation complètement articulée.

La place de la carte dans les démarches participatives

La carte doit susciter la méfiance. L. Cambrézy

Il semble assez naturel que la carte soit au centre des démarches territoriales participatives. Mais quels types de cartes utilise-t-on réellement dans ces expériences pour communiquer les données, les informations et les connaissances et avec quels objectifs ? Nos expériences ainsi que les exemples tirés de la bibliographie que nous avons déjà cités nous permettent de poser le problème d'une manière générale. Les cartes utilisées dans le delta du Sénégal sont des cartes d'inventaire puis de zonage d'affectation et de réglementation, réalisées en collaboration avec les populations locales au moyen d'un SIG (d'Aquino, Seck et al. 2002), (d'Aquino, Le Page et al. 2002) (d'Aquino 2003). Les états des lieux ont pour objectif la localisation des objets matériels et observables considérés comme nécessaires par les populations pour décider sur leur territoire : dispensaires, moulins, marchés, marigots, puits, cultures irriguées, zones humides avec calendriers d'inondation ... Il s'agit de cartes détaillées, présentant des « faits avérés ». Bien qu'elles aient été collectées par les populations elles-mêmes, leur réalisation a fait l'objet de débats très animés et de corrections importantes lors de leur présentation. La carte des « éléments de décision » est du même type. Elle acte une « officialisation » de certains des éléments des états des lieux (certains points d'eau et pistes à bétail) et délimite un zonage prescrivant l'allocation respective de l'agriculture et de l'élevage, ainsi que leur recouvrement. Une seule carte de potentialités a été réalisée à partir de traitements de télédétection. Elle porte sur les potentialités d'utilisation des zones humides. Les auteurs se déclarent très réticents vis-à-vis de ce type de carte qui leur apparaît initié par les techniciens et les experts et peu demandé en fait par les acteurs locaux.

L'expérience s'est traduite d'après les auteurs par un apprentissage rapide de la cartographie, traditionnelle ou informatique, de la part d'acteurs ayant pour la majorité un faible niveau d'instruction. Leur maîtrise du système d'information s'illustrerait ainsi par la prudence dont ils ont fait preuve dans l'utilisation de la cartographie, en la limitant à l'appui à des choix globaux et en refusant de l'utiliser pour les « vraies » localisations et les « vrais » aménagements, qui nécessitent des études de terrain. D'Aquino, Seck et al. opposent la cartographie participative au moyen d'un SIG à la cartographie à dire d'acteurs très utilisée pour l'animation et la planification des projets dans les pays du Sud. La cartographie à dire d'acteurs procède selon eux par extraction des représentations et des savoirs locaux sous forme de cartes rudimentaires ou de schémas simplifiés et serait pour cette raison plus utile à l'intervenant extérieur qu'aux acteurs locaux. Les capacités analytiques et la gestion de données multi thématiques des SIG permettraient au contraire une cartographie précise et complexe bien adaptée à une réflexion opérationnelle sur la gestion du territoire. Ce serait le seul type de cartographie susceptible de donner aux acteurs locaux une

maîtrise du développement. Bien que les auteurs nous disent peu de chose sur la manière dont s'organise concrètement le travail collectif, on entrevoit que la carte dans cette expérience représente la réalité, mais pas simplement au sens graphique du terme. Comme on l'a dit plus haut, la carte du SIG vient témoigner qu'il existe une réalité et qu'elle est prise en compte dans le processus de planification. Les acteurs ne sont pas dupes de cette représentation : ils savent que les objets n'y sont pas exactement à leur place. Mais intervenir sur la carte c'est "avérer" des faits et acter des décisions. En même temps la carte est la réalisation sur papier et sur écran de cette autre réalité abstraite qu'est ce territoire commun qui se construit dans la négociation. Cette carte n'est donc jamais figée, c'est un processus, une carte *in progress*.

Sans vouloir généraliser à partir d'une expérience qui peut s'avérer après tout n'être qu'un cas particulier et à propos de laquelle on aimerait disposer d'une analyse de ces "acteurs locaux", des relations qui les attachent et des buts individuels ou collectifs qu'ils poursuivent à travers cet exercice de planification spatialisée, il est intéressant de noter que cette méthodologie va à contre-courant de la plupart des (quelques) expériences de planification participative menées en Europe. Celles-ci explorent plutôt les cartes à dire d'acteur, les capacités analytiques des SIG, la modélisation de phénomène ou les représentations graphiques complexes et synthétisantes inspirées de la chorématique. Elles ont tendance parallèlement à délaisser l'utilisation coopérative des fonctionnalités cartographiques de base des SIG : édition, correction, mise à jour, choix de légende et impression de cartes simples d'inventaire. Dans le cas où elles s'appuient sur la co-élaboration de cartes, c'est plus dans l'objectif de produire une carte de synthèse des enjeux (Chastel et Fallet 2001) que d'élaborer conjointement une cartographie d'état des lieux négociée au moyen d'un SIG. Caquard (2001b) avait remarqué aussi à propos de la gestion de l'eau que les acteurs locaux sont moins intéressés par des informations de synthèse que par un descriptif analytique du problème fondé sur des informations utiles et récentes. Par ailleurs, notre expérience dans la gestion paysagère participative nous fait penser que les analyses plus abstraites que l'on produit avec le SIG désarçonnent souvent des partenaires habitués à envisager les problèmes de manière pragmatique. Mais elles offrent aussi un caractère systématique, général et global qui, passée la première réticence, peut intéresser les acteurs. A Eymoutiers, ceux-ci ont demandé à l'équipe de fournir des analyses systématiques et complémentaires pour avancer. C'est de la confrontation de ces deux approches : les savoirs locaux, concrets et pragmatiques mais difficilement généralisables des acteurs de terrain d'une part et les traitements spatiaux systématiques et abstraits d'autre part que peut naître une meilleure compréhension des phénomènes transformant le territoire.

Est-il possible d'envisager en France ou en Europe une élaboration participative de ce descriptif de base? On nous dira que l'information numérique disponible dans les systèmes d'information territoriaux est à la fois plus complète et plus précise que celles du delta du Sénégal, et qu'elle ne peut se prêter au même exercice de négociation. Il nous semble pourtant qu'un travail de construction collaborative d'une cartographie d'inventaire des informations nécessaires à la planification du territoire, par sélection dans les données de base existantes, puis collecte de la part des techniciens ou des acteurs de données complémentaires, peut s'avérer une piste intéressante. Comme on l'a dit, les données présentes dans les systèmes d'information territoriaux décrivent essentiellement les cadres de fonctionnement des différents systèmes, et la participation est nécessaire pour aider à construire les cadres d'usage nécessaires à la planification.

Cette expérience illustre aussi la nature de l'information nécessaire pour planifier. Les cartes du delta du Sénégal, même si elles semblent a priori factuelles, présentent les indicateurs d'analyse que souhaitent les acteurs pour répondre au problème posé. Si la potentialité participative de ces cartes de localisation semble démontrée, qu'en est-il des cartes produites au moyen d'analyse statistique ou spatiale? Dans l'expérience du quartier Saint-Jean de Genève exposée plus haut, Joerin, Nembrini et al. (à paraître) nous disent que la carte des indicateurs plus ou moins complexes

produites par les experts nécessite dans la plupart des cas une explication de leur part. Nous avons nous aussi personnellement souvent vérifié qu'une carte, même une simple carte monothématique, est un objet abstrait et complexe difficile à lire pour nombre de personnes. Ce n'est pas une question de niveau culturel ou de capacité d'abstraction. L'expérience longue et diversifiée de Chappuis et Golbéry (1997) dans la production de cartes pour des techniciens ou des élus, en France ou en Inde, les amènent à deux constats. D'abord les utilisateurs connaissent une même difficulté générale à « voir » une carte. Même si elle est très simple et ne montre qu'un seul indicateur en symboles proportionnels, elle ne parle pas directement aux élus et techniciens des services qui ne savent pas ce qu'ils peuvent en tirer. Ce constat fragilise le principe de base de la communication graphique, qui postule qu'une image construite pour respecter les règles de la perception visuelle naturelle est universellement et instantanément reconnue. Pour Chappuis et Golbéry c'est une conséquence de l'apprentissage scolaire de l'abstraction et de la logique mathématique qui occulte complètement la logique naturelle de la vision. C'est donc une contrainte forte dans l'utilisation des cartes. Il faut réfuter l'idée souvent admise *a priori* que le langage cartographique est transparent. Toutefois, comme le disent Chappuis et Golbéry, la difficulté est assez vite levée dès qu'on « explique ce que l'on peut voir ». Les élus et techniciens « entrent très vite dans les cartes, d'autant plus vite qu'elles montrent des données qui les touchent de près » *Ibid.* D'un point de vue participatif, cela pose un problème. Si des élus, des techniciens ou des habitants s'approprient facilement une carte présentant un phénomène qui les concerne, il peut en aller tout autrement quand on veut amener tous les participants à s'intéresser collectivement à des phénomènes nouveaux ou aux problèmes des autres participants. Si une carte vaut parfois mieux qu'un long discours, non seulement, comme le remarque Cambrézy (1995), elle ne peut pas se substituer à tout discours, mais en plus elle ne va jamais seule, elle doit toujours être accompagnée d'un commentaire. La carte qui parle seule, la carte pure à lire n'existe pas. Dans les exposés scientifiques des actions de participation, l'analyse des représentations spatiales mobilisées ne peut se limiter à un exposé des différentes cartes utilisées. La carte en tant que représentation spatiale est indissociable du discours de son producteur. Cela ouvre d'abord une nouvelle opportunité de manipulation, même inconsciente, mais surtout cela complique son utilisation comme support d'une participation. Doit-on en conclure avec Caquard (2003) que la cartographie est inadaptée à la concertation publique ?

Pourtant, les cartographes sont tous d'accord pour reconnaître qu'une fois levé le problème de la compréhension, les cartes deviennent un objet extrêmement performant pour la compréhension des phénomènes. Et pour cet objectif, les cartes présentant des indicateurs élaborés, mêmes simples, peuvent s'avérer plus performantes, car elles peuvent mettre en évidence ou en relation des phénomènes qu'une simple lecture d'indicateurs élémentaires ne permet pas de percevoir. C'est d'ailleurs, selon Chappuis et Golbéry, la raison pour laquelle les décideurs politiques les considèrent aussi dangereuses. Leur traduction graphique révèle les phénomènes cachés, les résultats en contradiction avec les politiques générales affichées, les dynamiques pressenties et que l'on préfère ne pas voir. Les phénomènes sont rendus si évidents par la carte qu'elle peut contribuer à faire s'exprimer violemment des conflits sous-jacents. Dans l'autre sens, il peut arriver qu'une carte permette de désamorcer des conflits entre acteurs, en montrant qu'ils n'ont pas de base objective sur le territoire en question. Dans les deux cas elle a une dimension politique intrinsèque, indépendante de la question, fondamentale elle aussi, de l'accès à l'information. On sait depuis au moins Harley (1995) que la cartographie est autant une forme de savoir que de pouvoir. Pour Wood (1992), les cartes sont même « des armes, des ordres de marche, des commandements, des injonctions, des décrets » (cité par Caquard (2001b)). Mais Harley va plus loin. Au contraire des autres modes d'expression, remarque-t-il, la carte est un langage de pouvoir et non de contestation. Il n'a jamais existé de cartographie populaire, alternative ou subversive ; la carte a toujours été du

côté des groupes dominants et la technologie informatique n'a même fait selon lui que renforcer cette concentration du pouvoir des médias.

La carte est donc un outil puissant de dévoilement, mais dont la maîtrise nécessite une expertise qui n'est pas également partagée entre les différents acteurs et qui est susceptible de créer par son emploi des effets de pouvoir¹, ce qui est un problème dans un objectif participatif. Il nous semble que s'offrent trois grandes pistes de solutions. La première est une vulgarisation de l'usage de la carte et une meilleure formation cartographique du citoyen. La seconde est de former les médiateurs de la participation à la cartographie et les cartographes à la conception participative des cartes. La troisième est de renouveler la carte elle-même. La cartographie s'est en effet longtemps efforcée de démontrer son exactitude, sa neutralité et son objectivité plutôt que d'insister sur ses incertitudes, ses *a priori*, et sa subjectivité. Pour Caquard (2001b), le remarquable travail de Bertin est allé dans ce sens en universalisant le langage cartographique. Le principe était de travailler à la mise au point d'un bon mode de production d'une carte mais sans aborder la question de son bon usage, en admettant implicitement qu'une bonne construction cartographique était la garantie d'une utilisation correcte de la carte. Les SIG ont ensuite pris le relais en donnant une nouvelle connotation scientifique aux cartes produites liée aux connotations de modernité et de précision qui sont associées à l'ordinateur, alors que les manipulations aux deux sens du terme sont d'autant plus faciles avec l'outil informatique. Or la carte est toujours lue en fonction d'une connaissance préexistante du territoire représenté si elle existe. Trivialement, on sait bien que l'habitant ou l' élu entre dans la carte par son territoire (sa parcelle, son quartier, sa commune, son canton) avant de le comparer avec les voisins qu'il connaît un peu et, éventuellement de les replacer dans la structure d'ensemble. Cette lecture égocentrée et comparative fait que, même si la carte est sémiologiquement sans ambiguïté, elle produit des modes de lectures multiples en fonction des intérêts et des situations divergentes. C'est pourquoi Caquard pense que « la carte doit être repensée dans sa forme, dans sa fonction et dans son statut ; (1) dans sa forme pour devenir plus pédagogique, plus attractive, plus explicite ; (2) dans sa fonction pour ne plus être le dernier maillon de la chaîne informationnelle, mais un outil donnant une véritable ouverture sur l'information ; (3) dans son statut pour se défaire de son caractère objectif, et assumer pleinement sa subjectivité » (Caquard 2001a p. 261). Or chacune de ses pistes, formation cartographique du citoyen, formation du médiateur cartographe et refonte de la carte, croise celle des technologies de l'information.

... et sa mutation interactive et multimédia

Je hais le mouvement qui déplace les lignes. Baudelaire

Nous ne détaillerons pas le travail important des cartographes et des géographes pour diffuser un savoir-faire et un savoir-lire des cartes. Nous voulons simplement insister sur le fait que ces actions doivent nécessairement s'appuyer sur l'utilisation des outils informatiques contemporains. En effet, leur diffusion rapide fait que l'accès aux cartes, en particulier pour les jeunes générations, a lieu de plus en plus par le truchement de systèmes multimédias : télévision, Internet, CD-ROM. Il suffit de constater la multiplication des outils de cartographie interactive sur Internet ou même l'évolution des outils de localisation graphiques comme mappy ou viamichelin pour mesurer l'importance de ces technologies dans la transformation des représentations actuelles de l'espace. C'est pourquoi nous nous sommes personnellement investis dans un projet de recherche-action

¹ C'est d'ailleurs ce qui nous gêne dans les différents articles de d'Aquino. On a l'impression que le processus y est transparent et qu'il n'y a aucun biais de compétences entre les acteurs quant à la capacité de lier l'espace réel et l'artéfact cartographique. Par ailleurs on s'étonne un tout petit peu aussi du processus endogène qui conduit à faire naître une demande de simulation informatique au moyen de systèmes multi-agents dans le contexte rural sénégalais.

ayant vocation à développer dans les lycées l'utilisation d'outils SIG simples de consultation et d'analyse cartographique (Joliveau, Carlot et al. 2001).

Malgré les réserves de principes de d'Aquino, Seck et al. (2002), les cartes à dire d'acteurs vont tenir un rôle important en planification participative et des outils géomatiques adaptés vont être utilisés dans leur élaboration. On ne pourra plus longtemps, comme dans l'expérience stéphanoise rapportée plus haut, faire dessiner aux acteurs sur un calque vide des informations qui seront consultables en ligne sur le Net. La participation s'organisera à partir des données informatiques et nécessitera à la fois des outils simples à manipuler et des savoir-faire spécifiques d'animation. Cela ne veut pas dire que tout le travail se fera à l'aide d'une interface souris-écran. Le document papier a des atouts qui lui sont propres, ne serait-ce que la taille des documents et la capacité de percevoir d'un coup d'œil et simultanément les éléments de détail et les structures d'ensemble d'une carte. Mai on voit apparaître des appareillages hybrides. L'utilisation conjointe d'un tableau blanc électronique comme périphérique d'entrée et d'un vidéoprojecteur comme périphérique de sortie permet ainsi de dessiner électroniquement en réunion sur une carte projetée et de réintégrer facilement le résultat dans un SIG. Il est donc possible de raisonner spatialement de manière collective. C'est la maîtrise de la combinaison de ces différentes techniques dans une méthodologie cohérente d'organisation de la participation que l'on attendra d'un médiateur cartographique.

Enfin, plusieurs auteurs pensent que la refonte de la carte est indissociable de l'usage des technologies informatiques. Pour que la carte puisse supporter plusieurs points de vue différents du territoire en fonction d'utilisateurs qui ont des grilles de cognition, des objectifs d'utilisation et des enjeux spécifiques, il faut la rendre dynamique, multimédia et interactive. Dynamique signifie que l'on peut utiliser comme variable visuelle les différentes formes de mouvement grâce à l'image animée informatique, multimédia qu'il est possible de combiner dans la carte du texte, des sons et des images et interactive que l'utilisateur peut produire sa propre carte, à partir d'un ensemble de données fourni. La bibliographie scientifique sur la cartographie multimédia, dynamique et interactive est très fournie et nous renvoyons à Caquard, *op. cit.* pour un aperçu. Les grands arguments en faveur de ce nouveau type de carte multimédia sont nombreux. Elle est plus attractive. Elle a un plus grand pouvoir de communication car elle permet d'améliorer la compréhension du message cartographique ; l'interactivité donne un plus grand contrôle du processus à l'utilisateur, donc une meilleure participation ; elle est plus démocratique car la diffusion sur Internet étant plus aisée, la carte est plus facilement accessible. Contre ce type de carte, on trouve les idées suivantes : la conception de cartes dynamiques est en fait un processus long, complexe et coûteux, qui doit bien être payé par quelqu'un ; l'attrait se paye du risque de tromper volontairement ou involontairement le lecteur ; le fort pouvoir d'attraction visuelle des éléments dynamiques ou multimédias peut orienter et manipuler le lecteur et les biais ne sont pas bien connus contrairement à ceux de la cartographie traditionnelle ; la nécessité de consulter les cartes sur Internet exclut certains types de personnes en fonction de l'âge, du niveau culturel et du niveau économique ; l'effort nécessité par le fait de devoir construire sa propre carte peut nuire à la mobilisation ... Il est sûr que tous ces arguments ne s'appliquent pas indifféremment à tous les types de cartes. Si l'on peut envisager une carte à la fois dynamique, multimédia et interactive, dans la réalité on trouve plutôt des cartes répondant seulement à un ou deux critères à la fois. Par exemple, s'il est vrai qu'une carte dynamique est longue à produire, elle est relativement aisée à consulter, contrairement à une carte interactive qui demande un "travail" de la part de l'utilisateur. Par ailleurs, le coût lié à la construction interactive de cartes à partir d'un SIG est peu élevé, si l'on dispose déjà des données dans un SIG. De toute manière, la cartographie interactive est en marche, comme on l'a déjà dit. La cartographie dynamique et multimédia reste encore plus du domaine de la recherche. Les tests semblent montrer que l'apport du dynamisme et du multimédia sur la facilité de lecture et l'efficacité de la compréhension est relatif, et réservé à des cas particuliers. En revanche la dimension attrayante des cartes dynamiques et multimédias est indéniable. Elle peut

avoir le mérite d'intéresser à la planification et de faire participer des individus qui auraient passé leur chemin sans le caractère ludique que prend l'accès à l'information. Terminons par une idée qui va à l'encontre des idées reçues sur le niveau d'éducation nécessaire pour maîtriser ce type de cartographie informatique. D'Aquino, Le Page et al. (2002) font justement remarquer que la cartographie et la simulation au moyen d'images informatiques peuvent être plus proches qu'une cartographie papier des représentations habituelles d'un paysan analphabète du Sénégal qui a maintenant de plus en plus souvent accès à la télévision

Voir le monde comme il paraît ou l'impact des visualisations réalistes

Seeing is believing with 3D ! GéoEurope

La question de la visualisation 3D et, à terme des techniques de réalité virtuelle, est venue ces dernières années au premier plan. En effet les solutions techniques que nous avons abordées dans le Parcours 2 sortent des laboratoires. Communes, conseils généraux, régions ou services s'offrent des maquettes numériques, éventuellement accessibles par Internet, pour promouvoir leur territoire ou pour présenter aux habitants concernés l'état futur d'un projet d'urbanisme. Ces maquettes réalistes dans lesquelles on peut naviguer de manière interactive sont supposées créer un rapport plus direct, plus familier, plus concret au territoire que les cartes traditionnelles. On attend d'elles qu'elles constituent un support partagé de visualisation, d'exploration et de réflexion dans les projets d'aménagement ou d'urbanisme ou la planification territoriale (Joliveau 1994) (Vol. 2 DOC 4), (Joliveau et Michelin 1998) (Vol. 2 DOC 11), (Joliveau, Dupuis et al. 1998). Le succès que remportent ces maquettes virtuelles et ces représentations numériques auprès du grand public et des élus ne se dément pas. Des institutions habituellement très sourcilleuses de leurs dépenses dans le domaine de la collecte de données géographiques dépensent soudain de gros budgets pour ce type de produits sans bien réfléchir ni à qui les utilisera ni à quels objectifs précis ils répondent. Nous touchons là à une segmentation des métiers de la planification. Alors que la cartographie est du côté des outils techniques, les maquettes virtuelles relèvent des outils de communication (Chardonnel, Feyt et al. 2003), qui obéissent à des logiques politiques et budgétaires différentes. Ce succès public est aussi grand que la méfiance des intellectuels, des universitaires et des chercheurs en sciences sociales, nombreux à être agacés par la logique de séduction qu'ils prêtent à ces produits.

Vodoz (2001), dans un texte déjà cité lors du parcours précédent, offre une bonne synthèse des critiques que l'on entend souvent à propos des représentations numériques tridimensionnelles du territoire. L'argument général est emprunté aux pourfendeurs de la glorification irraisonnée des nouvelles technologies (Breton 2000). Les nouvelles visualisations informatiques créeraient un risque de confusion généralisée entre la représentation et le représenté, le virtuel et le réel. La première critique habituellement formulée est que ces représentations saperaient la capacité des spectateurs à discerner le réel du simulé, ce qui existe de ce qui n'existe pas. Vodoz semble ne pas la reprendre à son compte. C'est moins la confusion entre le vrai et le faux, le réel et le simulacre qui semble l'inquiéter que la capacité de ces visualisations à faire douter le spectateur de ce qui relève de « ses perceptions, de son territoire et de ses valeurs » (*op. cit.* p. 252) pour lui en susciter ou imposer d'autres de manière détournée. L'irréalité conférée aux perceptions induirait un doute propice à toutes les manipulations. Si l'on résume l'argument, la perte des repères cognitifs matériels occasionnée par les représentations 3D engendrerait un brouillage de l'identité des spectateurs et les rendrait plus vulnérables aux maîtres de ces représentations qui pourraient ainsi influencer sur les esprits et les opinions.

Vodoz a raison de ne pas attaquer les représentations 3D numériques du territoire sous prétexte qu'elles confondraient réel et simulacre. Pour répondre à cet argument, on peut s'appuyer comme le fait Lussault sur un postulat constructiviste qui disqualifierait par avance l'existence d'un réel

"donné", objectif, "en-soi" déjà là, qui serait le référent objectif de cette représentation (Lussault 2003). On peut se contenter de remarquer que la mise en cause de la légitimité de toute représentation non langagière conduirait imprudemment à convoquer à nouveau le Concile de Nicée (787) et à se mettre en position de devoir choisir son camp entre les iconolâtres et les iconoclastes. Il est plus raisonnable de tenter de replacer les vues numériques 3D dans une histoire des représentations. On est conduit alors à s'interroger sur ce qui différencie ces nouvelles représentations des précédentes : dessin, peinture, carte, photographie... Il est à ce titre intéressant de constater que les méthodes participatives appliquées dans les pays en voie de développement appuient la collecte d'information auprès de la population sur des maquettes artisanales construites en carton ou en bois par les habitants eux-mêmes à partir de courbes de niveau issues de MNT. Ces maquettes sont ensuite habillées d'information par les habitants puis photographiées à l'aide d'un appareil numérique. Les photographies sont alors géoréférencées pour être intégrées comme une couche thématique dans le SIG (Rambaldi 2004), (Bersalona et Zingapan 2004)¹. Cette maquette parfaitement matérielle apparaît comme un moyen efficace de réfléchir dans l'espace dans un contexte peu alphabétisé. La question nous semble donc devoir se poser sur deux plans. Celui de la différence entre une maquette numérique et une maquette matérielle ; celui de la différence entre une visualisation 3D et une visualisation 2D. Plutôt que de condamner d'emblée les maquettes numériques 3D, il faut analyser les effets qu'elles produisent, leur pouvoir de conviction, leur capacité à être critiquées, la nature des débats qu'elles suscitent, le type de projet qui les mobilise. C'est même la seule position critique efficace, vu la faveur publique qu'elles connaissent. Les réponses à ces questions ne peuvent être trouvées que dans l'observation des pratiques, même si on peut apporter déjà quelques réflexions d'ordre théorique.

D'abord, il nous semble qu'il serait erroné d'extraire les vues 3D numériques du territoire de la famille générale à laquelle elles appartiennent, celle des images animées réalistes sur écran, diffusées par l'intermédiaire du cinéma, de la télévision et des jeux vidéos. Leur mode de diffusion les rapproche en effet selon le cas plutôt d'un média ou d'un autre. La projection en réunion publique d'un film présentant une promenade en trois dimensions dans le territoire du projet relève du cinéma. La consultation de ce même film sur un écran d'ordinateur individuel relève d'un spectacle télévisé. La navigation interactive dans une maquette virtuelle sur Internet ou en local relève du jeu vidéo. La réception de ces images renvoie dans chaque cas à des codes bien différents. Nous nous placerons pour la suite dans le cadre de la représentation 3D numérique interactive sur écran. Le critère principal qui distingue cette représentation est son caractère interactif. Il suffit d'observer un joueur de jeu vidéo pour être frappé par la rapidité des interactions entre la main, l'œil et l'écran. L'image qui s'y trouve est en permanente reconstruction. Le jeu vidéo comme la maquette 3D interactive sont fondés sur l'invite permanente à l'exploration, à la découverte. La maquette 3D n'existe que parce qu'elle est parcourue. Elle permet le passage instantané de l'observation d'un détail à une vue générale. On repère un objet dans une vue et juste après, on construit la vue que l'on a depuis cet objet vers l'endroit où l'on se trouvait. Par cette interaction, l'image animée devient familière. Pour ceux qui travaillent avec ces représentations ou qui pratiquent les jeux vidéos — il s'agit rarement il est vrai des contempteurs des représentations interactives 3D — les sensations originales qu'elles procurent ne relèvent pas de la vue, mais se rapprochent plutôt d'une forme renouvelée du toucher. Il est possible de passer derrière les objets, de s'en rapprocher jusqu'à les frôler. Comme le dit très justement (de Kerckhove 2003) « le monde de la 3D numérique ne fonctionne pas comme la perspective. La perspective c'est la translation du

¹ Une version hautement technologique de cette technique est le modelage et l'impression automatique d'une maquette en résine par une machine-outil pilotée par un SIG. Cette technique est déjà utilisée commercialement aux États-unis (Geosolution 2004).

toucher vers la vue ; c'est : " tu peux voir mais tu ne peux pas toucher ". La 3D n'a rien à voir avec la perspective. La 3D c'est la transcription de la vue vers le toucher. Nous basculons (et nous n'en sommes qu'au début) d'un mode de perspective à un autre, complètement différent ; cela nous conduit à passer de la domination de la vue à celle du toucher »¹. Cette sensation tactile autant que visuelle est ce qui rapproche les maquettes numériques des maquettes matérielles. C'est très important car cela permet de comprendre la qualité du rapport au territoire concret qui accompagne ce type d'outil. La visualisation de paysages numériques sur un écran n'a pas vocation à simuler une expérience réelle d'immersion paysagère ou à se substituer à une perception directe. Elle doit s'envisager comme une nouvelle expérience, un mode inédit de parcours d'un territoire déjà connu par la présence physique. Le réalisme des vues 3D est d'ailleurs moins important pour le spectateur que la présence d'un certain nombre d'éléments signifiants pour lui. La qualité d'une représentation est fondée sur la possibilité pour le spectateur d'y retrouver des éléments familiers de son monde personnel, qui lui permettent d'être en quelque sorte contenu, intégré par la représentation. Nous avons constaté lors des rendus visuels à Viscomtat, que le rendu très sommaire des prairies d'estive suffisait aux agriculteurs pour accepter de réfléchir sur le territoire à propos des images produites. Inversement un degré de réalisme trop fort peut être contre-productif. Un technicien des domaines skiables peut ainsi percevoir une maquette virtuelle comme un outil de contrôle trop puissant de la qualité de son travail (Chardonnel, Feyt et al. 2003).

Pour Tisseron (1996), l'interactivité numérique n'est pas une simple nouveauté technique. C'est la réalisation du désir qui traverse depuis le début l'homme dans son rapport à l'image : entrer dans l'image, l'habiter, y évoluer *afin de la transformer*. Il montre comment les différentes techniques de représentation : langage, peinture, photographie, cinéma ont conforté la réponse au désir « d'être dans l'image » et la capacité de l'image à « accueillir, contenir et porter son spectateur » (*Ibid.* p. 16). L'imaginaire de l'image est aussi vieux que ces dernières. Il se déploie dans deux directions. Dans la première, l'image est « un espace à habiter, qui nous contient et nous enveloppe » ; dans l'autre c'est « un lieu de transformation possible », soit du spectateur soit de l'objet représenté (*Ibid.* p. 125). Chacune de ces deux directions est socialement perçue de manière ambivalente. La capacité de l'image à envelopper peut être perçue de manière bénéfique. L'image est rassurante et reposante, elle conforte. Mais elle peut aussi être perçue comme émoullente et comme détournant de l'action. Il en va de même dans sa capacité de transformation. Celle-ci peut être perçue comme positive, car l'image donne les moyens d'influer sur la réalité. L'image est pédagogique, active, elle prépare l'action. Mais inversement, sa potentialité de transformation appliquée à l'individu est perçue négativement. L'image devient alors un moyen de manipulation qui peut influencer sur les choix des individus malgré eux. Pour synthétiser : l'image balance entre deux pôles extrêmes : « celui d'une "bonne" image qui nous porte (enveloppe) et nous stimule (transforme) favorablement ; et celui d'une "mauvaise" image qui nous phagocyte (enveloppe) et nous manipule (transforme) à notre insu » (*Ibid.* p. 126). Le procès que fait Vodoz aux représentations tridimensionnelles du territoire n'est donc pas irrecevable. Il est simplement partiel, puisqu'il ne voit qu'une dimension de l'imaginaire de l'image et ne vise qu'un type d'image. Le même type de critique a été porté depuis l'origine des images à toutes les formes de représentation : les icônes religieuses dans les premiers siècles, le cinéma au début du XX^e, les illustrés dans les années 50, la télévision dans les années 60 et les jeux vidéos dans les années 90. Dans le domaine de la planification territoriale, pourquoi ne faire porter l'accusation de la manipulation de l'opinion des

¹ "The 3D of virtual three-dimensional worlds does not function like perspective. Perspective is the translation of touch into vision; it is the "you can see it but not touch it". 3D is absolutely not perspective. 3D is tactile; it is the transcription of vision through touch. We are shifting (and we are only at the beginning here) from one perceptive method to another, completely different one; this causes us to move from a visual dominator to a tactile one." (de Kerckhove , *op. cit.*)

citoyens que sur la représentation tridimensionnelle ? On a vu plus haut l'ambiguïté de la carte dans ce domaine. Les vues 3D ne sont ni plus ni moins manipulatrices que tous les médias qui ont servi et servent encore à représenter l'espace : le texte, les peintures, les maquettes, les cartes topographiques, les cartes statistiques, les photographies aériennes ou les bloc-diagrammes paysagers.

Quand Vodoz écrit que « le développement de ces territoires virtuels – au sens de représentations spatiales visuelles élaborées par simulation électronique – est certainement de nature à *perturber* significativement les relations des acteurs avec leurs territoires de vie » (*Ibid.* p. 252), nous sommes d'accord si l'on parle d'une manière plus large de *transformation* plutôt que de *perturbation*. Il est sûr que l'usage des nouvelles technologies, que ce soit pour communiquer ou visualiser des vues réalistes ou bien simplement pour s'informer sur l'état du territoire, change notre rapport au monde et nous change aussi dans le même temps. Le développement des images interactives et des cyberterritoires (Parcours 4) bouleverse nos repères et nous oblige à en construire de nouveaux. La compréhension de ces nouveaux schèmes de représentation ne peut s'envisager qu'à travers une analyse anthropologique des cultures visuelles que préconise (Besse 2000) (voir Parcours 2). Cependant, contrairement à ce qu'on croit trop couramment, ces nouvelles interfaces vers des cyberterritoires et des environnements numériques n'ont pas vocation à devenir notre seul rapport au monde. Elles vont s'intégrer à d'autres modes de relations avec les autres et les choses concrètes. Et c'est plus dans cette intégration que se placent à notre avis les vrais enjeux.

Il nous semble utile aussi d'éclaircir ce terme de virtuel, souvent porté en étendard tant par les défenseurs que par les critiques des vues 3D. D'abord il nous paraît impropre de parler comme Vodoz de « territoire virtuel » au sens de représentation spatiale numérique. Si l'on assimile déjà le territoire à une *représentation* spatiale, à quoi pourrait correspondre une représentation du territoire ? Il nous semble que la notion de territoire virtuel correspond plus à ce que nous avons appelé cyberterritoire dans le Parcours 3, c'est-à-dire un espace informationnel numérique. Il vaut mieux alors appeler les reconstructions numériques 3D de territoires concrets des *environnements* ou mieux des *paysages numériques*, car elles relèvent d'une relation sensible et visuelle à un territoire concret. Elles reconstituent donc une relation de type paysager à celui-ci, si l'on reprend notre définition du Parcours 2. Est-il légitime de nommer ces types de rendus paysagers des paysages virtuels¹ ? Dans un premier mouvement, nous avons répondu affirmativement en appelant paysages virtuels les différentes vues numériques 3D que nous produisions dans nos projets paysagers (Joliveau, Dupuis et al. 1998). Mais après réflexion, cette idée nous a semblé nécessiter une discussion, et nous sommes revenus au terme moins ambigu de paysage numérique. En effet, comme le montre P. Lévy (1995)², *virtuel* ne s'oppose pas à *réel*, au sens où le second existerait tandis que le premier ne serait qu'un leurre, une apparence. Dans la tradition scolastique virtuel s'oppose à *actuel*. Est virtuel tout ce qui existe en puissance et non en acte. Quand on dit que l'arbre est virtuellement présent dans la graine, cela signifie qu'il tend à s'actualiser, sans avoir encore une concrétisation effective. Virtuel et actuel sont deux manières d'être différentes. Lévy reprend à Deleuze une autre différence, celle qui sépare le *possible* du virtuel : « le possible se tient déjà tout constitué dans les limbes. Il se réalisera sans changer de nature ». Le possible est un réel latent, auquel il ne manque que l'existence. Le virtuel lui est, selon Lévy, un complexe problématique, le nœud de tendances ou de forces qui non seulement accompagne une situation ou un objet mais en constitue une dimension majeure. La graine n'est pas l'arbre qui grandira, elle ne le connaît pas. Le « problème » de la graine est de faire pousser l'arbre, elle « l'inventera », le

¹ Ce passage reprend en le modifiant considérablement un fragment d'une communication au colloque sur le paysage organisé à Saint-Etienne par l'ADERN-Pilat et la FRAPNA (Joliveau 1998)

² Tout ce paragraphe est une paraphrase des pages 13-16 du livre de Lévy.

« coproduira » en fonction des circonstances qu'elle rencontrera. Ceci conduit Lévy à distinguer deux opérations : l'actualisation et la virtualisation. L'actualisation apparaît comme « la solution d'un problème, solution qui n'était pas contenue à l'avance dans l'énoncé. L'actualisation est création, invention d'une forme à partir d'une configuration de forces et de finalités ». L'actualisation est en quelque sorte l'invention d'une solution pour répondre à un problème. La virtualisation doit être comprise comme l'opération inverse de l'actualisation. Virtualiser une entité c'est « découvrir une question générale à laquelle elle se rapporte, faire muter l'entité en direction de cette interrogation et à redéfinir l'actualité de départ comme réponse à une question particulière ». La virtualisation n'est donc pas une déréalisation, « la transformation d'une réalité en un ensemble de possibles » mais sa transformation en un champ problématique. « La virtualisation passe d'une solution donnée à un (autre) problème. »

Cette construction conceptuelle peut nous aider à analyser le statut des paysages virtuels dans les démarches de planification du territoire. D'abord, les vues numériques "virtuelles" ne participent pas d'une démarche de virtualisation au sens de Lévy. Au contraire elles sont une actualisation. C'est le paysage, en tant que rapport d'une société à l'espace qui est de l'ordre du virtuel. C'est un champ problématique, quelque chose à partir de quoi peut s'inventer un projet sur le territoire. Les vues numériques comme les autres outils analogiques classiques de représentation ont pour fonction *d'actualiser* la virtualité du paysage. Elles donnent une forme (passagère, discutable et imparfaite) à cette entité virtuelle en discussion qu'est le paysage. Quand on travaille sur les paysages futurs, par repérage des dynamiques en cours et des processus déjà à l'œuvre dans les systèmes actuels, et que l'on essaye de faire réfléchir un public sur différents scénarios paysagers, on travaille sur leur *actualisation* à partir des potentialités et des circonstances envisageables. Il n'y a pas alors de différence conceptuelle entre les vues numériques, les cartes informatiques et les blocs-diagrammes ou les croquis paysagers sur papier pour présenter les résultats des scénarios. Que les vues paysagères sur ordinateur conduisent certains à ne plus se confronter aux espaces concrets et aux paysages tels qu'on peut les contempler physiquement est possible. Mais différeront-ils en cela du passionné de peinture qui ne voit le paysage qu'à l'intérieur des musées et des catalogues d'exposition, du fou de littérature qui lit Balbec quand il voit Cabourg, ou même du touriste rivé à sa caméra vidéo ?

Peut-on vraiment penser que dans le monde contemporain, les perceptions, les relations, les valeurs reliées au territoires soient de l'ordre de la certitude, et la représentation numérique de l'ordre du doute ? Et si c'était l'inverse ? L'analyse théorique menée plus haut nous conduit à penser que ces relations, déjà peu assurées au niveau des individus, sont encore plus fragiles au niveau collectif¹. La construction de représentations 3D suffisamment réalistes pour évoquer les territoires concrets, mais suffisamment mobiles et évolutives pour discuter collectivement des projets à élaborer, nous semblent pouvoir contribuer à dissiper les doutes qui caractérisent la relation au territoire. C'est, à tout le moins, une hypothèse à étudier sérieusement.

¹ (Ellul 1977) abordait la question en 1977 d'une manière beaucoup plus radicale et plus convaincante. Pour lui, qui écrivait à une époque où la réalité virtuelle était encore dans les Limbes, l'ordinateur était bien « créateur d'une nouvelle réalité », « qui (...) entraîne une dévaluation du réel constatable, toujours incertain, fragmentaire, subjectif, au profit d'une saisie globale, chiffrée, objective, synthétisée, qui s'impose à nous comme la seule réalité effective » p. 113. Mais c'est parce que l'homme vit dans un univers déjà déstabilisé par des connaissances scientifiques incroyables et une relativité culturelle qui le fait douter qu'il est amené (de manière néfaste selon Ellul) à faire confiance à l'ordinateur.

4. Orientations

Il nous faut rassembler les nombreux fils suivis tout au long de ce parcours et tracer les pistes à suivre pour continuer la recherche.

4.1. Faire le point

La planification communicationnelle et participative se donne pour mission, non seulement de penser et d'organiser le futur du territoire, mais de permettre sa construction continue par la société locale, alors que les acteurs locaux s'inscrivent de plus en plus dans des réseaux qui dépassent ou ignorent le territoire. En ce sens, la planification participe à cette redéfinition permanente des formes territoriales qui accompagne les pratiques successives de localisation-délocalisation des acteurs. Cette forme de planification entend relier acteurs et territoire, construire le territoire avec les acteurs et mobiliser les acteurs à travers le territoire en faisant l'hypothèse que, dans cette relation, les uns et l'autre seront changés. Il s'agit donc d'une activité à haute intensité d'information. Traditionnellement le partage était assez clair. Les acteurs avaient besoin d'une information qualitative, synthétisée, simplifiée, interprétée, une information de communication. Du côté du territoire, l'information se voulait précise, objective, technique et relevait des spécialistes (spatialistes ?) : gestionnaires, aménageurs, urbanistes, ... Dans le cadre d'une planification participative, cette dichotomie entre communication et gestion technique du territoire ne tient plus. Les "données" du territoire apparaissent de plus en plus pour ce qu'elles sont : des constructions finalisées en vue d'objectifs techniques dont les acteurs sont souvent amenés à contester le choix, l'utilité ou la pertinence pour traiter de leurs problèmes. La construction d'un territoire commun avec les acteurs nécessite d'associer ces derniers à la production des connaissances sur le territoire, ce qui est de plus facilité par la continuité de traitement que permet l'information numérique. Le développement de la planification communicationnelle et participative contribue donc à faire sortir l'information de ses cases traditionnelles : technique, aménagement, communication. L'information sur le territoire circule entre profanes et experts, spécialistes techniques et communicants. Cela ne veut pas dire que les métiers ou les compétences se fondent ou se confondent, mais qu'ils sont placés dans une continuité logique et technologique.

Les SIG sont habituellement perçus comme du côté de la gestion de l'information technique et objective et pas, contrairement au discours ou à la carte, du côté de la subjectivité, de l'argumentation, des idées, des représentations, de la discussion. C'est assez vrai pour la période actuelle, mais on oublie que les SIG jouent un rôle sur deux plans du métamodèle de Schwarz (voir Parcours 3). Sur le plan physique du territoire, ils contribuent à constituer une référence descriptive, objective et factuelle du territoire dans sa dimension matérielle. C'est dans ce cadre qu'ils sont mobilisés pour créer les données manquantes sur l'espace-nature du territoire ou les questions environnementales. Mais ils sont présents de plus en plus souvent sur le plan logique du territoire. Ils sont au cœur de la production d'information et de connaissance qui permettent aux acteurs sur le plan idéal d'élaborer, discuter et confronter leurs conceptions, représentations du territoire.

A côté des SIG (et bientôt vraisemblablement greffés sur eux), de multiples outils et techniques de traitement de l'information, numériques ou non, sont employés car ils sont mieux adaptés à la nature de la réflexion avec les acteurs qui est plutôt discursive, intuitive et conversationnelle. Les outils géomatiques vont cependant être mobilisés de plus en plus souvent à chaud dans des procédures participatives et devront s'adapter à des conditions d'emploi très différentes de celles qui existent actuellement : applications non formalisées, public hétérogène, arènes animées voire conflictuelles, délais contraints ... Les discussions à partir des cartes papier préparées avec le SIG laisseront progressivement la place à des traitements en direct, dans le temps de la réunion, visualisés par vidéo-projection. Il faudra aussi réfléchir aux moyens d'intégrer les outils

géomatiques dans des procédures où est privilégié actuellement, pour des questions de souplesse et de réactivité, le dessin à main levée sur des supports matériels (cartes, plans, orthophotographies, blocs-diagrammes ou photographies). Les méthodologies devront évoluer. Au minimum, un travail de pédagogie et de communication sera nécessaire pour expliquer et justifier les données utilisées. Dans de nombreux cas, un complément de la base de données devra se faire avec les acteurs, qui pourront apporter des informations subjectives ou des éléments d'interprétation des données officielles. Il faudra pouvoir construire les indicateurs, établir des scénarios ou des simulations en fonction de différentes hypothèses élaborées collectivement. Les capacités d'analyse et de modélisation des SIG, souvent sous-employées, seront plus largement mobilisées. Il faudra disposer d'outils d'évaluation négociée des options, du type Analyse multicritère qui permettront d'aider à faire émerger les solutions et à préparer les choix. Enfin des outils de visualisation spécifiques tels que les vues 3D apparaîtront indispensables. Comme dans n'importe quel projet, la sémiologie des cartes et documents devra être étudiée pour qu'ils soient parfaitement compris par un public de non spécialistes. Mais la distinction entre les cartes de travail à usage interne et les cartes de communication à destination du public deviendra nécessairement plus floue dans un projet participatif.

Le développement des SIG des organismes publics et des collectivités nécessitera aussi, à froid, des approches plus collaboratives et participatives. Les SIG ne pourront plus être l'outil privé de quelques décideurs ou d'un service jaloux de son exclusivité. Les choix stratégiques devront être faits de manière partenariale et les données et les outils pour les mobiliser devront être accessibles au plus grand nombre, à l'intérieur comme à l'extérieur de l'organisme, dans un premier temps pour la consultation seulement, mais ensuite pour des besoins d'analyse et de simulation partagées.

L'enjeu lié au développement de modes participatifs de planification pour les SIG est double. D'un point de vue technique, il faut envisager des outils plus simples, d'autres méthodes de traitement et même d'autres concepts de gestion d'information. Il faudra aussi mieux coupler les SIG avec d'autres outils. L'enjeu est aussi social et culturel. Il faut prendre en compte les nouvelles fonctions de l'information géographique dans la société et être capable de relier la conception des outils et les contextes sociaux et culturels dans lesquels ils sont employés. Enfin, il faut penser le rôle de la géomatique au niveau des deux dispositifs à la fois, ce qu'on a appelé l'Atelier participatif, en charge de la co-élaboration des problèmes et des solutions des projets liés au territoire et au niveau du Forum participatif, dispositif plus général, ouvert et flexible dans lequel s'organise le débat public qui accompagne le processus de planification. Les SIG peuvent, à côté d'autres techniques numériques, faciliter l'articulation indispensable des Ateliers et des Forums territoriaux, ce qui nous paraît être le défi central de la planification participative.

4.2. Directions

Quel peut être le rôle des chercheurs dans un tel contexte ? Nous avons déjà abordé à travers ce parcours différents thèmes de recherche, que nous comptons poursuivre. Mais il nous semble nécessaire de faire le point sur trois questions.

Les SIG participatifs, un objet de recherche pertinent ?

Il est intéressant de revenir sur le moment où la question des SIG participatifs s'est posée dans la recherche américaine en géomatique. Selon (Jankowski et Nyerges 2001), le premier texte publié parlant de Participatory GIS (PGIS) se trouve dans le livre de (Pickles (1995). L'intérêt pour les PGIS trouve son origine dans *l'Initiative 19* du National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), dont l'appel à communication portait sur le thème « *GIS and Society: The Social Implications of How People, Space, and Environment are Represented in GIS* » (NCGIA 1996). Ce sont d'ailleurs deux des chercheurs pilotant l'Initiative 19, T. Harris et D. Weiner, qui

écrivirent le papier sur les PGIS dans le livre de Pickles à propos d'une expérience de SIG communautaire dans une région d'Afrique du Sud. Deux ans plus tard, ils collaborèrent à l'organisation, dans le cadre du Projet Varenus, du séminaire de Santa-Barbara sur « Empowerment, Marginalization and Public Participation GIS ». Le nom de l'objet s'est transformé. Il s'agit maintenant de réfléchir sur les PPGIS (Public Participation GIS), mais le contexte général de la réflexion reste la dimension sociale des SIG. Des débats critiquant l'usage social des SIG existants est née l'idée de la possibilité de SIG alternatifs, conçus selon une logique ascendante et non descendante et fondés sur la participation des communautés de base (Craig, Harris et al. 1998). La recherche sur les PPGIS émerge donc dans la mouvance de réaction critique mettant en cause la vision positiviste et technique qui sous-tendrait la recherche géomatique américaine, dont la première offensive articulée peut être justement trouvée dans le livre de J. Pickles (voir Parcours 5). Les PPGIS sont donc des SIG différents ou bien une autre manière de concevoir les SIG. Le nom de GIS2, qu'ils ont un moment porté dans la littérature spécialisée est très significatif de cette conception alternative. Ils sont pensés en concurrents des SIG traditionnels. Alors que ceux-ci sont conçus depuis le centre, les PPGIS le sont depuis la périphérie. Alors que les SIG sont utilisés par les technocrates ou les managers, les PPGIS le sont par les groupes de base et les citoyens. Dès l'origine, le thème des SIG Participatifs rencontre le domaine très structuré des chercheurs développant des approches participatives du développement du type PAR, PRA et autres MARPP¹. La fertilisation croisée est rapide. Les SIG participatifs se développent très rapidement dans la sphère de l'aide au développement et les publications sur les expériences dans les pays du Sud nourrissent les revues sur les SIG. Dans les pays francophones aussi, la recherche sur le développement s'est rapidement intéressée aux SIG participatifs. On a beaucoup cité ici les travaux du CIRAD (Centre International de Recherches Agronomiques pour le Développement). Excepté aux États-Unis, la recherche sur les SIG participatifs semble plus active au Sud qu'au Nord (Joliveau et Amzert 2002c), même s'il faut relativiser ce constat par le fait que ce sont souvent des chercheurs et des organismes des pays du Nord qui les mettent en œuvre. Dans le numéro de Géocarrefour que nous avons coordonné sur le thème Participation et Territoire, trois des 4 cas pratiques présentés concernaient un pays en voie de développement (et le quatrième était au Québec) (Joliveau et Amzert 2002a) VI. 2 DOC 14). Pour les chercheurs des approches participatives du développement, les questions abordées sont d'ailleurs tout autant les PPGIS eux-mêmes que l'intérêt et les raisons de l'intégration d'outils et méthodes SIG dans la panoplie de méthodes participatives employées habituellement. (Abbot, R. et al. 1998) conseillent par exemple de commencer par des techniques éprouvées de Cartographie Participative des Ressources (Participatory Resource Mapping – PRM) avant d'envisager de travailler avec des SIG. Les nombreux sites sur le Web consacrés aux méthodes participatives utilisent les SIG comme un moyen parmi d'autres.

Les thèmes de réflexion proposés au séminaire du projet Varenus éclairent bien le projet scientifique qui accompagne l'émergence des PPGIS : identification des besoins des communautés, méthodes de conception et d'implantation des PPGIS, conséquences sur les communautés d'un accès différentiel aux ressources du PPGIS, intégration des savoirs locaux dans les PPGIS, conséquences de leur utilisation en aide à la décision sur les pouvoirs locaux, effets pervers inattendus des PPGIS en termes de contrôle, de surveillance et d'atteinte à la vie privée ... On perçoit bien dans ce programme la dimension critique du regard sur les SIG. Ceux-ci apparaissent, pour dire vite, comme une technologie hétéronome liée aux pouvoirs institués. Les chercheurs se méfient des SIG et ont un rapport ambivalent avec les PPGIS, dont l'emploi leur semble à double tranchant. Un des premiers papiers rapportant les discussions d'un Atelier à Durban sur les SIG

¹ PAR : Participatory Action Research, PRA : Participatory Rural Appraisal, MARPP : Méthodes actives de recherche et de planification participatives.

Participatifs est d'ailleurs intitulé « PPGIS, opportunité ou oxymore ? » (Abbot, R. et al. 1998). La question est de savoir si l'avantage lié à la possibilité d'intégrer des données hétérogènes et multisources et de travailler de manière interdisciplinaire équilibre le risque « d'intoxiquer » la participation avec une technologie descendante, importée et nécessitant un savoir d'expert. Sans vouloir synthétiser une littérature abondante, il apparaît après plusieurs années que le débat reste ouvert. Le succès de l'utilisation des SIG dépend en fait étroitement du contexte et du pouvoir local ou régional. Huit ans après leur premier article sur le sujet, Weiner et Harris (2003) considèrent que leur projet est une réussite dans ses aspects techniques et participatifs, mais sont peu optimistes quant à l'appropriation de leur SIG de recherche par le gouvernement local. De multiples témoignages vont en effet dans le sens de la difficulté à faire vivre ces SIG communautaires. Aux Etats-Unis même, il semble que nombre de PPGIS associent étroitement une communauté et une Université ou une équipe de recherche. L'autonomie des systèmes serait difficile à assurer sans le soutien des chercheurs. A partir de l'analyse de son terrain dans l'État de Keral en Inde (Hoeschele 2000) est plus radical. Les outils géomatiques lui paraissent politiquement dangereux et doivent être proscrits quand ils sont mis en œuvre dans un contexte qui ne peut garantir leur gestion équitable et démocratique.

L'objet de recherche PPGIS est marqué par une première ambiguïté. Il est construit en fonction d'un projet de contre-culture politique. Les PPGIS ont pour mission de donner la parole aux communautés de base et aux groupes défavorisés. Mais la réalisation de cet objectif dépend en fait de la structure de pouvoir dans laquelle le PPGIS s'instaure. Parler d'échec ou de succès reste ambigu, car on ne sait pas toujours les critères de jugement. L'objectif est-il de faire fonctionner le SIG de manière participative, de transformer la manière dont les décisions locales sont élaborées, de changer le pouvoir local ? Par ailleurs, les observations souvent intéressantes collectées dans les projets restent difficilement généralisables, faute d'une problématique et d'une méthodologie communes. Comment, et sur quelles bases comparer un SIG Participatif dans un Homeland sud-africain, un quartier défavorisé de Seattle et une communauté rurale suédoise ? Mais la recherche sur les PPGIS pose un autre problème. Les PPGIS sont aussi construits comme un contre-projet d'ordre scientifique. Ils visent à mettre en cause les présupposés cachés de la science de l'information géographique (GIScience) sur ses propres effets sociaux. Et dans ce domaine l'ambiguïté est aussi forte. En effet, soit les PPGIS échouent – il est impossible de construire des SIG démocratiques et dont l'initiative parte du bas – et c'est la preuve que la GIScience sert (in ?) consciemment un projet politique non démocratique. Soit ils réussissent, et ils contribuent à son dépassement.

Jankowski et Nyerges (2001) proposent implicitement de sortir de ces ambiguïtés en adoptant une posture différente. Ils présentent aussi leur travail comme une réponse aux critiques sur la déficience de la recherche sur les déterminants et les effets sociaux des SIG. Mais ils envisagent les PPGIS (Public Participation GIS) – SIG participatifs consacrés à la participation publique des citoyens – comme un cas particulier des PGIS (Participatory GIS) — SIG collaboratifs visant à rassembler autour d'une décision à nature spatiale différents partenaires. Le fait que les partenaires d'un SIG Participatif soient des citoyens ordinaires spécifie certains aspects d'un SIG collaboratif sans en changer la nature. Les citoyens ne sont pas des spécialistes SIG, mais ce peut être le cas d'autres types de participants. Ils sont nombreux, mais ce n'est pas obligatoirement le cas. Ils sont en désaccord avec d'autres participants, mais cela n'a rien de plus de spécifique. Les auteurs proposent donc une méthodologie globale d'étude des différents aspects de ces SIG collaboratifs qui englobe les SIG purement participatifs associant des citoyens ordinaires. Ils ont élaboré pour cela une grille théorique d'analyse permettant d'interroger et d'observer tous les types de procédures sous leurs différents aspects. Ils se placent dans une perspective de recherche socio-comportementale, appuyée sur « les théories des interactions Humain-Ordinateur-Humain ». Leur objectif est de construire une théorie expliquant comment les technologies de la géomatique sont

mobilisées dans les décisions et les résolutions de problème de nature collaborative, quelle que soit la nature de ce problème. En retour, ils entendent améliorer les méthodes et les outils géomatiques pour promouvoir cette dimension collaborative. Ils ont donc pour ambition de contribuer à ce qu'ils appellent « une science de l'information géographique collaborative », partie intégrante de la GIScience.

Cette proposition, clairement positiviste dans ses ambitions, son armature conceptuelle et méthodologique, permet d'échapper à l'ambiguïté des PPGIS. Il n'y a plus de paradigme politique explicite dans la construction de l'objet. Celui-ci est bien défini et formalisable : il s'agit de la résolution de problèmes spatiaux dans le cadre d'un travail collaboratif. L'objectif est de comprendre les effets de l'utilisation d'outils informatiques. Les dispositifs d'observation sont variables, en fonction des cas : observation extérieure d'une expérience réelle, expérience de laboratoire utilisant des "cobayes" volontaires. L'analyse peut alors porter sur différentes hypothèses à propos du processus : l'influence du cadre socio-institutionnel ou des types de participant, les différentes formes d'appropriation, etc.. En isolant un type d'usage particulier des théories géomatiques, cette approche peut espérer une production cumulative de résultats et éviter deux écueils courants que sont la production de cas monographiques très intéressants dans le détail mais incomparables entre eux ou la production de discours généraux sur les usages sociaux de la géomatique, mais généralisés à partir de contextes d'usage complètement différents. On ne manquera pas de critiquer le paradigme politique implicite qui peut sous-tendre une telle démarche. En dissolvant la question de la participation dans la collaboration, elle nie toute spécificité proprement politique entre les groupes qui collaborent, qu'elle soit liée à une relation asymétrique de pouvoir, de ressources ou de capital symbolique. Cette dimension politique n'est pas complètement oubliée. Mais elle n'est plus le facteur principal, elle devient la dimension "pouvoir et contrôle" du caractère "influence socio-institutionnelle" dans la grille descriptive des contextes de la participation.

Analyser les représentations spatiales mobilisées dans les projets territoriaux

En France, les chercheurs se sont mobilisés avec un autre angle d'approche. Le questionnement a porté sur la place des représentations spatiales dans les pratiques de gestion et de la planification territoriale, à travers deux initiatives qui se sont ensuite en partie rejointes. Le groupe de prospective « *Représentations et complexités territoriales* », mis en place à l'initiative de la DATAR en janvier 2000, comprend plutôt des géographes, des urbanistes, des cartographes et des chercheurs en sciences sociales et a déjà produit deux ouvrages sur le thème de l'iconographie et des représentations spatiales dans les projets de territoire (Debarbieux et Vanier 2002a; Debarbieux et Lardon 2003). Le projet de recherche sur les Modèles Spatiaux pour le Développement Territorial (MSDT), coordonné à partir de 1998 par l'INRA, le CEMAGREF et l'ENGREF, a mobilisé très au-delà de la communauté des géographes et des cartographes parmi les agronomes, les écologues, les hydrologues, les économistes, les sociologues, les politistes et les géomaticiens (Lardon, Maurel et al. 2001). Dans ces deux projets, le contexte de recherche est à l'opposé du précédent. Le phénomène participatif est présent dans plusieurs cas d'étude mais ne fait pas l'objet d'une analyse spécifique. Les productions des SIG sont replacées parmi d'autres dans l'ensemble des représentations spatiales de toutes origines.

On peut distinguer des différences entre les approches et les objectifs des deux démarches. L'approche de la DATAR choisit une entrée par l'aval. Elle privilégie l'iconographie, l'illustration et le visuel des projets territoriaux. Elle pense les représentations spatiales comme des images, et ces images comme des symptômes d'une relation affective, idéologique, politique, symbolique ... du territoire. (Debarbieux 2003) met ainsi en évidence les différents enjeux liés à l'iconographie de projet et conclut sur le fait que l'iconographie est toujours subordonnée à une stratégie politique.

(Lussault 2003) voit dans l'imagerie spatiale un instrument efficace et nécessaire de réduction de la complexité du monde, nous dirions plus simplement un modèle, mais il remarque dans une analyse assez proche de celle développée ici que ce modèle, loin d'être un reflet, est un nouveau mode d'existence de l'espace. L'espace d'action du projet de territoire se déploie à la fois dans l'espace visuel constitué des images du territoire et dans « la réalité matérielle, concrète et idéale qui constitue l'espace d'intervention ». Le projet Modèles Spatiaux s'organise plus à partir de l'amont et observe les multiples fabriques de représentations spatiales que des spécialistes de différentes disciplines peuvent mettre à la disposition des acteurs de la gestion et de la planification du territoire. Il envisage les représentations spatiales comme des objets intermédiaires produits et échangés par des acteurs dans la durée d'un processus. L'objectif du projet est de parvenir à une grille d'analyse et de synthèse pour articuler modélisation spatiale et développement territorial (chapitre 19 de Lardon, Maurel et al. *op.cit.*).

Dans le projet DATAR, les "objets intermédiaires" sont souvent réduits à leur dimension iconographique, illustrative et imagée, et leur étude se limite à la durée du projet territorial. Or l'analyse de ces objets risque de perdre son sens si on ne les replace pas dans un "cycle de vie" intégrant à la fois : 1) les dispositifs antérieurs qui les produisent, les expliquent et les déterminent en partie ; 2) les dispositifs de mise en oeuvre dans le temps du projet et 3) les dispositifs de diffusion qui peuvent éventuellement prolonger leur existence au-delà du projet. Ce n'est qu'en disposant de la continuité de cette observation que l'on peut comprendre le rôle, la fonction et les effets de ces représentations. Nous avons vu que dans un Atelier participatif la plupart des représentations spatiales sont accompagnées d'un commentaire qui en transforme ou en renforce le message. Cela relativise les analyses *a posteriori* qui ne saisissent que des représentations mortes. Quant aux représentations issues de traitements géomatiques elles ne peuvent qu'artificiellement être dissociées des traitements souvent itératifs et de plus en plus interactifs, qui les produisent. Comme nous l'avancions dans le Parcours 1, c'est le SIG qui peut être vu en lui-même comme un objet intermédiaire.

Le projet Modèle Spatiaux s'appuyait lui sur des dispositifs d'observation continue de la fabrication des représentations tout au long des procédures de la planification territoriale. Mais son dispositif était entaché d'un biais. En effet, dans la plupart des cas, les chercheurs s'intéressent à l'impact des représentations produites avec des outils expérimentaux ou des méthodes nouvelles, qui ne sont pas encore facilement accessibles à des acteurs ordinaires mais qui sont susceptibles de le devenir. Le plus souvent, ce sont d'ailleurs les chercheurs eux-mêmes qui ont conçu ces méthodes ou ces outils expérimentaux et qui les appliquent dans les projets. Au biais déjà réel lié à l'interaction entre les chercheurs qui observent et les acteurs qui agissent, s'ajoute le biais lié au fait que celui qui observe est le même que celui qui expérimente. C'est le cas dans la quasi-totalité des expériences relatées, et malgré tout leur intérêt, cela relativise les analyses produites de cette manière (y compris les nôtres). Il serait donc nécessaire de mettre en place des dispositifs dissociant expérimentateur et observateur. Mais c'est là qu'intervient la spécificité des méthodologies SIG et des approches participatives. Une approche collaborative ou participative est par définition toujours plus complexe à mettre en place qu'une opération classique car elle oblige celui qui se propose pour l'expérimentation à impliquer des partenaires extérieurs, ce qui suppose toujours une prise de risque. Il est donc difficile de tester de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de support à une planification participative en vraie grandeur.

Un projet de recherche couplant SIG collaboratif et planification participative

En conclusion, l'analyse de l'utilisation de la géomatique dans la planification participative du territoire apparaît comme un projet de recherche pertinent. Pertinent du point de vue de la géomatique car l'emploi des SIG en planification participative va nécessiter une forte évolution des

technologies, techniques et outils traditionnels ; pertinent du point de vue de la planification territoriale, car la bascule vers les outils numériques que sont en train d'effectuer les planificateurs, et les nouvelles thématiques du risque et de l'environnement auxquelles ils doivent répondre vont constituer un défi conceptuel difficile; pertinent pour les approches participatives attirées par les sirènes des nouvelles technologies mais encore mal armées en méthodes pour être réellement prises au sérieux par les planificateurs. Quel pourrait alors être le contenu d'un tel programme de recherche ?

Il nous semble inenvisageable de construire l'équivalent français ou européen d'un objet de recherche du type des Public Participation GIS (PPGIS) américain. Sa réalité concrète est intrinsèquement liée à l'organisation sociale locale états-unienne, en particulier l'existence des "grassroots communities" et d'une logique politique fondée sur l'initiative des groupes communautaires de base, logique étrangère au système politique local français et certainement à ceux d'une bonne partie des pays européens. Sa construction scientifique est trop dépendante des débats autour de la science de l'information géographique nord-américaine, alors que la géomatique francophone s'est constituée sur d'autres bases conceptuelles et disciplinaires. Roche pense que la difficulté pour évaluer le succès, l'échec ou même les effets des SIG participatifs américains s'explique par leur caractère récent et expérimental (2003b). Il nous semble que cette question n'a de sens que pour les chercheurs américains eux-mêmes. Il est inutile et vain de vouloir transposer ces expériences dans le contexte français. Ou, plus exactement, si cela peut constituer un projet politique, on ne comprend pas bien à quel projet scientifique cela pourrait correspondre. Nous sommes dans ce domaine en accord avec les leçons de la démarche ascendante de d'Aquino. S'il existe dans le modèle politique national une potentialité pour des SIG participatifs adaptés à la société française, ils se développeront de manière endogène et les chercheurs auront le devoir de les accompagner. Mais il est inutile et peut-être même nuisible de vouloir les susciter, surtout par importation d'idées ou de modèles exogènes. C'est une ambivalence des chercheurs en géomatique relevant des sciences sociales que de nous vouloir à la fois les promoteurs de technologies et de méthodes qui nous paraissent efficaces et positives, et les observateurs impartiaux de leur utilisation sociale. Mais est-il possible à la fois de proposer ces outils dans des sphères où ils ne sont pas ou peu utilisés et prétendre évaluer sans *a priori* les effets qu'ils pourront produire ?

Un programme scientifique dans ce domaine devrait à notre avis s'organiser en quatre axes distincts de travail, deux thématiques et deux méthodologiques. Nous avons fait l'hypothèse que pour les raisons théoriques exprimées en début de ce parcours, une forme de planification à la fois environnementale et participative du territoire se mettait en place. *Un premier axe* de travail scientifique serait alors de soumettre à la critique l'ensemble des présupposés de cette planification communicationnelle que nous avons rapportés plus haut : construction collective, apprentissage des acteurs, gestion des conflits... Cela peut se faire au moyen d'un approfondissement théorique, d'une analyse d'expériences étrangères abouties et, bien sûr, de l'étude de cas diversifiés sous forme d'observation participante. Nous avons tenté d'esquisser des analyses de ce type à travers ce parcours ; elles doivent être approfondies. Dans les projets participatifs auxquels ils participent, les chercheurs devraient s'investir sans proposer de solutions technologiques *a priori*, mais en contribuant à leur élaboration avec les acteurs en fonction de la situation. *Le deuxième axe* porterait sur une analyse critique de la production, l'utilisation et la communication de l'information géographique numérique utilisée en planification territoriale, même non participative. Il faut que les chercheurs s'investissent dans la compréhension des systèmes d'informations territoriaux et comprennent comment cette information se diffuse et s'emploie aux niveaux de conception et de décision stratégique. Ce n'est qu'à travers ce travail qu'il sera possible d'évaluer les effets et enjeux de pouvoir qui peuvent être liés à l'information géographique. *Le troisième axe* de travail serait méthodologique. Il concerne le renouvellement des méthodes de la planification écologique, domaine stratégique pour la gestion future du territoire. L'expérience nord-américaine de

l'Ecological Planning et les travaux sur les systèmes d'information environnementaux et le renouvellement de l'écologie urbaine en sont une autre. Enfin *le quatrième axe*, méthodologique lui aussi, serait une recherche expérimentale relevant du programme proposé par Jankowski et Nyerges. Elle porterait sur l'élaboration des méthodologies géomatiques collaboratives. Cet axe nécessiterait la mise en place de dispositifs de recherche-action qui associeraient chercheurs et praticiens très en amont, dès le développement de méthodes ou d'outils nouveaux portant sur la production des données, la construction de l'information ou l'élaboration des connaissances. Ceux-ci pourraient être mis au point puis testés conjointement par les chercheurs et les praticiens dans des conditions de laboratoire (sujets volontaires, étudiants,...) à l'occasion d'opérations fictives ou d'activités académiques. Une fois un prototype mis au point, il pourrait être mis en œuvre par les praticiens dans une opération réelle, qu'observeraient les chercheurs travaillant dans le premier axe. Ce dispositif de type expérimental serait plus lourd à mettre en place et nécessiterait de nombreux partenariats mais il serait directement utile aux deux partenaires. Dans ce type de projet pourraient être réellement discutées et validées les multiples hypothèses que l'on trouve dans la littérature sur les performances, les biais, les limites, les contraintes des différentes représentations spatiales dans une utilisation en planification participative et qui restent encore largement spéculatives.

Chacun de ces axes de recherche peut s'intégrer de manière autonome dans une logique internationale, sans le risque de confusion politique et scientifique qui nous semble caractériser le projet des PPGIS. Un tel programme de recherche ne peut évidemment se concevoir que pluridisciplinaire. Autour des géographes et géomaticiens pourraient se joindre pour le premier et second axe des sociologues, urbanistes et politistes, pour le troisième les spécialistes des différentes sciences naturelles et pour le quatrième des psychologues cogniticiens et informaticiens. Dans le débat organisé par *l'Espace géographique* (2002b) à propos de la planification ascendante, P. Pelletier faisait un reproche à P. d'Aquino : en posant comme principe que la gestion territoriale devait être concertée il déformait un objet de recherche en fonction d'un postulat politique et s'interdisait de critiquer les fondements de pouvoir des approches participatives. Il nous semble possible de penser qu'une planification environnementale participative du territoire mobilisant des outils géomatiques est envisageable, et même raisonnablement souhaitable, tout en analysant froidement son mode de mise en place, sa logique sous-jacente et ses effets inattendus. Mais il faut alors abandonner la position du chercheur individuel et isolé, pour un travail collectif dans des équipes pluridisciplinaires. C'était le défi de la géomatique en tant que nouvelle discipline que de permettre ce type de collaboration. Une autre question est de savoir si elle est en passe de le tenir.

5. Bibliographie

- (2002a). *Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable*, in, Florac, 05 et 06 novembre 2002, CFP Florac.
- (2002b). Le local, le territoire et la "planification ascendante". *L'espace géographique* (2002-1): 37-48.
- Abbot J., R. C. et al.** (1998). Participatory GIS: opportunity or oxymoron? *Participatory Learning and Action*: 27-33.
- Abdelmalki L. et Mundler P.** (1997). *Economie de l'environnement*. Paris, Hachette. 160 p.
- Adant I., Mougnot C. et Mormont M.** (1999). La participation, heuristique de l'environnement. *Environnement et Société* n°22: pp. 145-155.
- Agences de l'Eau** (1998). *Guide pratique de la méthode inondabilité*, Agences de l'Eau. Ministère de l'Environnement. 158 p.
- AIMF** (2004). *Site Web de l'AIMF*, Association Internationale des Maires Francophones. <http://www.aimf.asso.fr>
- Allain S.** (2001). Planification participative de bassin et gouvernement de l'eau. *Géocarrefour* 76. (n°3): 199-209.

- André P.** (1999). *Evaluation des impacts sur l'environnement, processus, acteurs et pratiques*, Presses internationales polytechniques.
- Angelier E.** (2002). *Introduction à l'écologie. Des écosystèmes naturels à l'écosystème humain*. Londres, Paris, New York, Tec & Doc. 230 p.
- Arnstein S. R.** (1969). A Ladder of Citizen Participation. *The Journal of the American Institute of Planners*. (n°35): 216-224. Repris in LeGates R. T. et Stout F., Eds. (2003). *The City Reader*. The Routledge Urban Reader Series. London, New-York, Routledge. 520 p. pp. 245-255.
- Arqué E.** (2001). *Moderniser et valoriser l'inventaire des ZNIEFF, intérêt d'un Système d'Information Géographique*. Rapport de stage. DESS SIG & Gestion de l'Espace. Saint-Etienne, Université Jean Monnet. ENISE: 53 p.
- Ascher F.** (2000). *Ces événements nous dépassent, feignons d'en être les organisateurs. Essai sur la société contemporaine.*, Editions de l'Aube. 301 p.
- Ascher F.** (2001). *Les nouveaux principes de l'urbanisme, La fin des villes n'est pas à l'ordre du jour*. La Tour d'Aigues, Editions de l'Aube. 103 p.
- ASPU** (1997). *Analyse des pratiques sociales et projet urbain*, Université de Lausanne, Fondation Braillard Architectes Genève, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. http://www.unil.ch/igul/RECHERCHE/ASPU/pres_gen.html
- Augé M.** (1992). *Non-lieux. Introduction à une anthropologie de la surmodernité*, Seuil. 150 p.
- Bailly A. S., Guesnier B., Paelinck J. H. P. et Sallez A.** (1987). *Comprendre et maîtriser l'espace, ou la science régionale et l'aménagement du territoire*. Montpellier, GIP Reclus. 176 p.
- Balandier G.** (2001). *Le Grand Système*. Paris, Fayard. 272 p.
- Baltimore Ecosystem Study** (2004). *Urban LTER: Human Settlements as ecosystems: Metropolitan Baltimore from 1797-2100*. <http://www.beslter.org/>
- Barge O. et Joliveau T.** (1996). Démarche territoriale et Systèmes d'Information Géographique pour la gestion de l'eau. *Revue de Géographie de Lyon* 71 (4/96): 297-309.
- Barlet E.** (2002). *Les espaces périurbains et ruraux de l'agglomération stéphanoise : diagnostic participatif et définition des orientations stratégiques pour un développement durable*. Mémoire de fin d'études. Option : gestion durable des espaces. Gradignan, ENITA Bordeaux: 77 p.
- Barnezet S.** (2001). L'Agenda 21 de Romans-sur-Isère. Un travail de fourmi. *Territoires* Avril 2001: 30-42.
- Barreteau O.** (2003). The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 2.
- Barreteau O. et Bousquet F.** (2001). Des systèmes irrigués virtuels aux systèmes irrigués réels : retour par les jeux de rôles in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: 163-174.
- Barreteau O., Bousquet F. et Attonaty J.-M.** (2001). Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 4, no. 2.
- Beck U.** (1986). *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Paris, Aubier (trad franc. : 2001). 521 p.
- Beisson C., Claudin J. et Lignon G.** (2002). *Etude de l'intérêt du Tableau de Bord Géographique dans une démarche d'évaluation pour la connaissance et le maintien de la biodiversité*. Montpellier, ATEN 72 p.
- Berdoulay V. et Soubeyran O.** (1996). *Débat public et développement durable. Expériences nord-américaines*. La Défense, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme. Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme. 138 p.
- Berger P. et Luckmann T.** (1996). *La construction sociale de la réalité*. Paris, Armand Colin, 1ère édition 1966. 288.
- Berry J. K.** (1995). *Spatial Reasoning for Effective GIS*, GIS World Books. 208 p.
- Bersalona R. B. et Zingapan K. M.** (2004). P3DM : L'avenir des populations indigènes en 3D. *ICT Update* n°17 mai 2004: 8 pages.
- Besse J.-M.** (2000). *Voir la terre. Six essais sur le paysage et la géographie*, Actes Sud. 162 p.
- Billard G.** (1999). *Citoyenneté, planification et gouvernement urbains aux Etats-Unis, des communautés dans la ville.*, Paris, L'Harmattan. 295 p.

- Blatrix C.** (1996). Vers une "démocratie participative" ? Le cas de l'enquête publique " in *La gouvernabilité*, CURAPP. Paris, PUF: 299-313.
- Blatrix C.** (2000). *Associational Engagement and Participatory Democracy in France*, in European Consortium For Political Research 28th Joint Sessions of Workshops – Workshop 21 : “ Associational Engagement and Democracy in Cities”, University of Copenhagen, Denmark, 14-19 April, 2000. 17 p.
- Blondiaux L. et Lévêque S.** (1995). La politique locale à l'épreuve de la démocratie. Les formes paradoxales de la démocratie participative dans le XXème arrondissement de Paris in *Espace public et engagement politique, Enjeux et logique de la citoyenneté locale*. C. Neveu. 1999, L'harmattan.
- Bonin M., Caron P., Cheylan J.-P., Clouet Y. et Thinon P.** (2002). Territoire, zonage et modélisation graphique : recherche-action et apprentissage. *Géocarrefour* vol. 76 (n°4): 241-252.
- Bonin M. et Le Page C.** (2000). SIG, SMA, connaissances et gestion de l'espace. Le cas du massif du Tanargue. *Revue internationale de géomatique* 10/2000 (SIG et simulation): 131-155.
- Bouchard L.-P.** (2000). *Schumpeter. La démocratie désenchantée*. Paris, Editions Michalon. 124 p.
- Bourdin A.** (2000). *La question locale*. Paris, puf. 254.
- Bravard J.-P.** (2002). *Le risque d'inondation dans le bassin du Haut-Rhône : quelques concepts revisités dans une perspective géohistorique*, in Colloque "Les fleuves ont une histoire", Aix-en-Provence, Avril 2002. 8 p.
- Breton P.** (2000). *Le culte de l'Internet*. Paris, La Découverte.
- BRGM** (2004). *BASIAS Inventaire d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service*. <http://basias.brgm.fr/>
- Burkardt N., Lamb B. L. et Taylor J. G.** (1998). Desire to Bargain and Negotiation Success : Lessons About the Need to Negotiate from Six Hudropower Disputes. *Environmental Management* Vol. 22, N°6: 877-886.
- Callon M., Lascoumes P. et Barthe Y.** (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Paris, Editions du Seuil. 358 p.
- Callon M. et Rip A.** (1998). Humains, non humains : morale d'une coexistence in *La terre outragée. 1ère édition : La terre outragée : les experts sont formels ! Editions Autrement. Série Sciences en société*. Paris, Diderot Multimédia: pp. 161-182.
- Cambrézy L.** (1995). De l'information géographique à la représentation cartographique. Une liaison subordonnée à une certaine vision de l'espace in *La cartographie en débat. Représenter ou convaincre*. L. Cambrézy et R. de Maximy. Paris, Karthala. Editions de l'ORSTOM: pp. 129-148.
- Cambrézy L. et de Maximy R.,** Eds. (1995). *La cartographie en débat. Représenter ou convaincre*. Paris, Karthala. Editions de l'ORSTOM, 198 p.
- Capron G.** (1999). La théorie du régime urbain à Buenos-Aires. *Revue de Géographie de Lyon* 74 (4/99): 313-324.
- Caquard S.** (2000). *Information et gestion participative de l'eau - Comment communiquer quelle information à quels acteurs ?*, Paper written for the , . in Colloque international "l'eau, l'aménagement du territoire et le développement durable", Paris, 10 et 11 février 2000, Académie de l'Eau. 227-236.
- Caquard S.** (2001a). *Cartographie dynamique et gestion concertée de l'eau, vers une évolution fondamentale de la fonction de la carte*, in Actes des journées Cassini " Géomatique et Espace Rural ", Montpellier,, 26-28 sept 2001. pp.13-29.
- Caquard S.** (2001b). *Des cartes multimédias dans le débat public. Pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée à la gestion de l'eau*. Thèse de Doctorat de Géographie. UFR de Sciences Humaines et Sociales. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 276 p. + Annexes.
- Caquard S.** (2003). La cartographie, inadaptée aux concertations publiques. *Economie & humanisme* n°364: 87-90.
- Carle P.,** Ed. (1998). *Processus non linéaires d'intervention*, Presses de l'Université du Québec, 174 p.
- Carver S., Evans A., Kingston R. et Turton I.** (1998). *Geographical Information Systems on the World Wide Web: improving public participation in environmental decision making*, in European Association for the Study of Science and Technology Conference, Lisbon, Portugal.

- CASSINI - SIGMA** Site Web du GDR SIGMA : "Systèmes d'Information Géographique - Méthodologies et Applications", Groupement de Recherche 2340 du CNRS. <http://cassini.univ-lr.fr/>
- Castells M.** (2002). *La galaxie internet*. Paris, Fayard. 365 p.
- Catherin-Gamon V.** (2001). Participer à la vie publique : la contestation de l'autoroute A89. *Géocarrefour* (Vol. 76. N°3): pp. 211-216.
- CCC** (2004). *Le calculateur des changements climatiques*, Fonds d'action pour le changement climatique. Ressources Naturelles Canada- Office de l'Efficacité Énergétique. Environnement Canada - Groupe de Recherche sur l'Adaptation et les Répercussions Institut de Recherche sur le Développement Durable à l'Université de la Colombie-Britannique. Fondation David Suzuki. http://www.climcalc.net/fr/Intro_1_fr.html
- Chamboredon J.-C. et Lemaire M.** (1970). Proximité spatiale et distance sociale. Les grands ensembles et leur peuplement. *Revue Française de Sociologie* (XI): 3-33.
- Chappuis A. et Golbéry L.** (1997). *Aux cartes citoyens. La démocratie par les cartes*, in Colloque "30 ans de sémiologie graphique, Paris, 12-13 Décembre 1997. 27 p.
- Chardonnel S., Feyt G. et Loubier J.-C.** (2003). La maquette virtuelle comme fond de carte : une vision commune du territoire ? in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 157-170.
- Chastel J.-M. et Fallet B.** (2001). La représentation cartographique, un outil de concertation pour le développement durable des territoires : le cas de Bièvre-Valloire in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: 289-300.
- Chételat J.** (2004). *Éléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique*. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne: 223 p.
- Chevallier J.-J.** (1999). *DPM, Démarche Participative Multicritère pour la gestion environnementale*. Sainte-Foy, Québec, GRIDD, Université Laval.
- Chignier-Riboulon F.** (2002). Les conseils de quartier à Lyon, entre progrès de la démocratie participative et nouvelle territorialisation de l'action publique. *Géocarrefour* Vol. 76.n°3 2001: 191-197.
- Chrisman N.** (1988). The Risks of Software Innovation: a Case Study of the Harvard Lab. *The American Cartographer* Vol. 15, n°3: 291-300.
- Claeys-Mekdade C.** (2001). Qu'est-ce qu'une population concernée ? L'exemple camarguais. *Géocarrefour* (Vol. 76 n°3): 217-224.
- Claudin J.** (1995). *La démarche de cartographie pour la gestion de l'espace "Parc national du Mercantour"*, in Actes des rencontres internationales 'La cartographie pour la gestion des espaces naturels', Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995, Cemagref éditions. 313.
- Claudin J., Bernard-Brunet J. et Joliveau T., Eds.** (1995). *La cartographie pour la gestion des espaces naturels, Actes des rencontres internationales de Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995*, Cemagref éditions, 478 p.
- Coing H.** (1966). *Rénovation urbaine et changement social, l'ilot n°4, Paris XIIIe*. Paris, Les éditions ouvrières. 303 p.
- Collectif** (2004). *Méthodologie pour un diagnostic de territoire. Rapport du projet de recherche*, ENGREF-Equipe POP'TER Clermont-Ferrand 137 p.
- Combe C.** (2002). *Pour une approche historique et spatiale du risque en milieu urbain et périurbain*. DEA Interface Nature-Société. Lyon, Université Lyon II: 87 p.
- Comolet A.** (1995). *Éléments de méthode pour la construction d'indicateurs d'environnement*, in Bases de données et systèmes d'information pour l'environnement, Versailles, 12-13 juin 1995, INRIA. 145-158.
- Conan Y.** (2002). L'agenda 21 de Brême, un drôle de jeu ... d'acteurs. *Economie & Humanisme* (n°360): 40.
- Concept system Inc** (2004). *Concept Systems*. <http://www.conceptsystems.com/>
- Coquillard P. et Hill D. R. C.** (1997). *Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets*, Masson. 273 p.
- Cormas** (2004). *Ressources naturelles et simulations multi-agents*, CIRAD. <http://cormas.cirad.fr/index.htm>
- Côté G. et Waaub J.-P.** (2000). L'évaluation des impacts des projets routiers: l'utilité de l'aide à la décision multicritère. *Cahiers de géographie du Québec* Vol 44, no. 121: 43-64.

- Côté M.-J., Poulin G., Prével C., St-Onge B. et Waub J.-P.** (2002). Un système d'aide à la décision pour une gestion participative du territoire. Le cas de l'Outaouais, Québec. *Géocarrefour* (76. n°3): 253-264.
- Craig W., Harris T. et Weiner D.** (1998). *Empowerment, Marginalization and Public Participation GIS*, in Report of Varenus Workshop, October 15-17, 1998, Santa Barbara, California, February 1999.
- Criterion Planners** (2004). *Index Software*. <http://www.crit.com/index/index.html>
- d'Aquino P.** (2002). Le territoire entre espace et pouvoir : pour une planification territoriale ascendante. *L'espace géographique* (2002-1): 3-23.
- d'Aquino P.** (2003). Laisser les acteurs s'entendre sur une représentation du territoire : arguments pour une évolution des méthodes de cartographie participative in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 225-236.
- d'Aquino P., Le Page C., Bousquet F. et Bah A.** (2002). Du jeu de rôle à la simulation : pour des systèmes d'information à référence spatiale conçus directement par les acteurs. Résultats d'une expérience menée au Sénégal. *L'information géographique* n°4: 310-323.
- d'Aquino P., Le Page C., Bousquet F. et Bah A.** (2003). Using Self-Designed Role-Playing Games and a Multi-Agent System to Empower a Local Decision-Making Process for Land Use Management: The SelfCormas Experiment in Senegal. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 3.
- d'Aquino P., Seck S. M. et Camara S.** (2002). Un SIG conçu par les acteurs : l'opération pilote POAS au Sénégal. *L'espace géographique* (2002-1): 23-37.
- Davidoff P.** (1965). Advocacy and Pluralism in Planning. *Journal of the American Institute of Planners* Vol. XXXI, N°4 (November 1965): Repris in LeGates R. T. et Stout F., Eds. (2003). *The City Reader*. The Routledge Urban Reader Series. London, New-York, Routledge. 520 p.pp. 388-398.
- Davis M.** (2000). *City of Quartz*. Paris, La Découverte. 391 p.
- de Kerckhove D.** (2003). Searching for the Principles of Web Architecture in *The Charter of Zurich*. F. Barzon, D. de Kerckhove, P. Eisenman et A. Saggio, Birkhäuser - Publishers for Architecture: 38-72.
- de Montgolfier J. et Berthier P.** (1978). *Approche multicritère des problèmes de décision*, Editions Homems et techniques. 247 p.
- Debarbieux B.** (2003). Neuf enjeux de l'iconographie de projet et de prospective du territoire in. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 13-36.
- Debarbieux B. et Lardon S.**, Eds. (2003). *Les figures du projet territorial*. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, 270 p.
- Debarbieux B. et Vanier M.**, Eds. (2002a). *Ces territorialités qui se dessinent*. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, 267 p.
- Debarbieux B. et Vanier M.** (2002b). Repenser l'espace in *Ces territorialités qui se dessinent*. B. Debarbieux et M. Vanier. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 257-265.
- Debray R.**, Ed. (1999). *L'abus monumental ?* Collection Collection des actes des Entretiens du patrimoine. Paris, Fayard. Éd. du Patrimoine, 439 p.
- Decrop G. et Charlier C.** (1997). *De l'expertise scientifique au risque négocié, le cas du risque en montagne*. Cachan 1ère. 98.
- Decrop G., Dourlens C. et Vidal-Naquet P.** (1997). *Les scènes locales de risque*. Bessenay (69), Futur antérieur 222 p.
- Decrop G. et Vidal-Naquet P.** (1996). *Du plan d'exposition aux risques au plan de prévention des risques : vers une gestion des risques naturels ?* Lyon, CERPE-Futur antérieur.
- Delahaye D., Folligne P., Y. G., Vapaille J.-P. et Zambeaux R.** (1998). Soil pollution in an urban area : a GIS approach. *Cybergéo* (N°52, 19/03/98): <http://www.cybergeopresse.fr/cybergeopresse.htm>.
- Delamarre A.** (2002). *La prospective territoriale*. Paris, La Documentation Française- DATAR. 110 p.
- Di Méo G.** (1998). *Géographie sociale et territoires*. Paris, Nathan. 320.
- Donzelot J.** (2004). La ville à trois vitesses : relégation, périurbanisation, gentrification. *Esprit* 3-4 mars-avril 2004: 14-39.
- Drogoul A., Vanbergue D. et Meurisse T.** (2002). *Multi-Agent Based Simulation: Where are the Agents ?*, in Proceedings of MABS'02 (Multi-Agent Based Simulation), Bologne, Italie,, juillet 2002, LNCS, Springer-Verlag.

- Ducruc J.-P.** (1994). Small-scale ecological mapping of Québec : natural provinces and regions in *Quatrième Congrès de la Société canadienne d'écologie et d'aménagement du paysage. Méthodes et réalisations de l'écologie du paysage pour l'aménagement du territoire*. G. Domon et J. Falardeau. Morin Heights, Polysciences publications: 45-53.
- Earth Day Network** (2004). *Ecological Footprint Quiz*. <http://www.earthday.net/footprint/index.asp>
- Eastman J. R., Kyem P. A. K. et Toledano J.** (1993). *A procedure for multi-objective decision making in GIS under conditions of conflicting objectives*, in EGIS'93, Gênes. 438-448.
- Ellul J.** (1977). *Le Système technicien*, Le Cherche-Midi, réédit. 2004. 337 p.
- e-motive** (2004). *ColorVote*, e-motive SARL. <http://www.abaque-de-regnier.com/Default.asp>
- Entr'ouvert** (2002). *Ready-to-run election*, entr'ouvert. <http://www.entrouvert.com/articles/2>
- Envision Sustainability Tools** (2003). *Quest Regional Sustainability Planning*, Envision Sustainability Tools. <http://www.envisiontools.com/index.html>
- Envision Sustainable Development Research Initiative** (1999). *Lower Fraser Basin Quest Structure. Version 1.0*. Vancouver, The University of British Columbia, 94 p.
- Espach S.** (2002). *Evaluation du processus de participation publique dans l'élaboration du programme particulier d'urbanisme du secteur de Maisonneuve*. Maîtrise de Géographie. Département de Géographie. Saint-Etienne, Université de Saint-Etienne: 149 p.
- Esprit** (2004). La mixité urbaine est-elle une politique ? Table ronde avec D Béhar, J. Donzelot, F. Dubet, P. Genestier, M-C. Jaillet, C. Lelévrier et M. Oberti. *Esprit* (3-4 mars-avril 2004): 121-142.
- Etienne M.** (2001). *Un jeu de rôle basé sur le modèle SylvoPast*, Inra. <http://cormas.cirad.fr/fr/applica/spjeu.htm>
- Etienne M.** (2003). SYLVOPAST: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 2.
- Etienne M. et Le Page C.** (2002). *Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire : le cas du Causse Méjean*, in Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable. Les Actes du Colloque (sur CD), Florac (Lozère), 5 et 6 novembre 2002, Centre d'expérimentation pédagogique de Florac et Parc national des Cévennes. 15 p.
- Evans A., Kingston R., Carver S. et Turton I.** *Web-based GIS used to enhance public democratic involvement.*, Centre for Computational Geography, School of Geography, University of Leeds, Leeds, West Yorkshire, LS2 9JT, Britain. <http://www.geog.leeds.ac.uk/papers/99-1/>
- Ewald F.** (1998). L'expertise, une illusion nécessaire in *La terre outragée*. J. Theys et B. Kalaora, Diderot Multimédia, 1ère édition 1992: 243-250.
- Faucheux S., Hue C. et Petit O.** (2001). NTIC et Environnement : Enjeux, Risques et Opportunités. *Cahiers du CE3D* n°01-03: 29 p.
- Fiorino D. J.** (1996). Environmental Policy and the Participation Gap in *Democracy and the Environment*. W. Lafferty et J. Meadowcroft. Aldershot, Edward Elgar: 194-212.
- Force J. E., Machlis G. E., Dalton S. E. et Fosdeck D.** (1995). *Monitoring Social Indicators for Ecosystem Management : The technical assessment data*. Moscow, College of Forestry, Wildlife and Range Sciences University of Idaho 86 p.
- Fouchet R. et Lopez J.-R.** (2000). *Processus de décision et aménagement territorial*, in 4^e Rencontres Ville - Management, NANCY, 16-17 novembre 2000.
- François J.-C. et Ribardière A.** (2004). Qu'apporte l'échelon infracommunal à la carte des inégalités de richesse en Île-de-France? *Mappemonde* n° 75 (3-2004).
- Funel J.-M.** (2002). *Chartes de territoires et processus de construction de la décision. L'expérience de la Société Centrale pour l'Équipement du Territoire*, in Conférence Atelier : Comment décider dans une perspective de développement durable ? Le cas des Agendas 21 locaux, Montréal, 16-18 octobre 2002. 33 p.
- Gaxie D.** (1978). *Le Cens caché. Inégalités culturelles et ségrégation politique*. Paris, Le Seuil.
- Geosolution** (2004). *Site de 3D.Geosolution*, Geosolution Consulting. <http://www.geosolutions.com/3d/>
- Gerardin V.** (1996). Révision d'un schéma d'aménagement en milieu rural québécois à l'aide d'un S.I.G. , la M.R.C. de Papineau, Québec. *Revue de géographie de Lyon* 71 (2/96): 121-128.

- Gerardin V., Ducruc J. P. et L. T.** (1995). *La cartographie du milieu naturel au Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec : principes, méthodes et résultats*, in Colloque international "Quelles typologies, quelles cartographies pour la gestion des milieux naturels ?" Saint-Etienne, 13-17 novembre 1995.
- Giddens A.** (1987). *La constitution de la société*.
- Giddens A.** (1994). *Les conséquences de la modernité*. Paris. Montréal, L'Harmattan. 192 p.
- Godard O.** (1996). Le développement durable et le devenir des villes. Bonnes intentions et fausses bonnes idées. *Futuribles*: 29-35.
- Godbout J.** (1983). *La participation contre la démocratie*. Montréal, Ed. coopératives Albert Saint-Martin. 178 p.
- Godet M.** (1991). *De l'anticipation à l'action, manuel de prospective et de stratégie*. Paris, Dunod. 390 p.
- Godet M.** (1997). *Manuel de prospective stratégique. Tome 1 : une indiscipline intellectuelle. Tome 2 : l'art et la méthode*. Paris, Dunod. 260+356p.
- Golay F. et Riedo M.** (2001). NTIC et systèmes d'information territoriale in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 30 p.
- Gontcharoff G.** (2001). Les chantiers démocratiques de la prochaine mandature municipale 2001-2007. *Territoires*: 4-8.
- Gorgeu Y.** (2000). La démarche de Charte de Territoire. *Revue d'Auvergne*. . (Hors-série " Pays : de l'aménagement au développement des territoires "): 25-45.
- Gougeon C.** (2004). *Les pays dans la tourmente*, Place Publique. http://www.place-publique.fr/mag/magspip/article.php3?id_article=211
- Gremion P.** (1976). *Le pouvoir périphérique. Bureaucrates et notables dans le système politique français*. Paris, Seuil.
- Grimm N., Grove J., Pickett S. et Redman C.** (2000). Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. *Bioscience* (50(7)): 571-584.
- Groupe modélisation** (2004). *Inventaire des modèles*, Libergéo. <http://www.mgm.fr/libergeo/modele.php>
- Guilluy C. et Noyé C.** (2004). *Atlas des nouvelles fractures sociales en France*, Autrement. 63 p.
- Guyot P. a. D., Alexis.** (2004). *Designing Multi-Agent Based Participatory Simulations*, in Proceedings of 5th Workshop on Agent Based Simulations, Publishing House, Erlangen, San Diego. 32-37.
- Harley B.** (1995). Cartes, savoir et pouvoir in *Le pouvoir des cartes, Brian Harley et la cartographie*. P. Gould et A. Bailly: pp.19-51.
- Healey P.** (1997). *Collaborative planning. Shaping Places in Fragmented Societies*, Macmillan Press LTD. 338 p.
- Hoeschele W.** (2000). Geographic Information Engineering and Social Ground Truth in Attappadi, Kerala State, India. *Annals of the Association of American Geographers* 90(2): 293-321.
- Holec N.** (2001). Agendas locaux. Démarrage en douceur. *Territoires* Avril 2001: 23-25.
- Hugrel C. et Thomazeau R.** (2000). *Diagnostic environnemental par les usages*, Presses Polytechniques et Universitaires Romande. 112.
- IAURIF** (2000). *Démocratie participative et aménagement régional. Points de vue croisés sur trois expériences*. Paris, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France Rapport d'étape 142 p.
- Ingallina P.** (2001). *Le Projet Urbain*. Paris, Presses Universitaires de France. 127 p.
- Isee systems** (2004). *System thinking, system dynamics*. <http://www.iseesystems.com>
- Jacquet-Lagrèze E. et Siskos J.** (1983). *Méthode de décision multicritère*, Editions hommes et techniques. 167 p.
- Jankowski P. et Nyerges T. L.** (2001). *Geographic information systems for group decision making : towards a participatory, geographic information science*. London, New York, Taylor & Francis. 273 p.
- Joerin F.** (1998). *Décider sur le territoire. Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère*. Département de Génie Rural. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne: 205 p.
- Joerin F., Nembrini A., Billeaux S. et Desthieux G.** (à paraître). Indicateurs spatialisés ; un instrument de participation en aménagement du territoire. *Revue internationale de géomatique*.

- Joerin F., Nembrini A., Rey M.-C. et Desthieux G.** (2001). Information et participation pour l'aménagement du territoire. Rôle des instruments d'aide à la décision. *Revue internationale de géomatique* Vol. 11 2001: 309-332.
- Joerin F., Thériault M. et Musy A.** (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science* vol. 15 n°2: 153-174.
- Joliveau T.** (1987). *Associations d'habitants et urbanisation, l'exemple lyonnais (1880-1983)*. Paris, CNRS, mémoires et documents de géographie. 235 p.
- Joliveau T.** (1994). La gestion paysagère de l'espace rural : questions, concepts, méthodes et outils. *Revue de Géographie de Lyon* 69 (4/94): 325-334.
- Joliveau T.** (1998). *Outils informatiques et gestion du paysage : entre concertation virtuelle et virtualisation déconcertante*, in Colloque "Le paysage", Saint-Etienne, 15-17 octobre 1998.
- Joliveau T.** (2002a). *Développement durable et planification territoriale. Problèmes, méthodes et outils de la participation*, in Conférence Atelier : Comment décider dans une perspective de développement durable ? Le cas des Agendas 21 locaux, Montréal, 16-18 octobre 2002.
- Joliveau T.** (2002b). *La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique*. *Géocarrefour*. 76: 273-279.
- Joliveau T.** (2003). La conception consultative d'un SIG participatif. *Géomètre* (n°3): 44-45.
- Joliveau T.** (2004). Les ateliers participatifs de diagnostic territorial in *Méthodologie pour un diagnostic de territoire. Rapport du projet de recherche pour la Datar*, ENGREF - équipe POP'ITER Clermont-Ferrand: 85-114.
- Joliveau T. et Amzert M.**, Eds. (2002a). *Géocarrefour Volume 78, n°3 : Les territoires de la participation*. Lyon
- Joliveau T. et Amzert M.**, Eds. (2002b). *Les territoires de la participation*. Lyon, Géocarrefour,
- Joliveau T. et Amzert M.** (2002c). *Les territoires de la participation, problème local, question universelle ?* *Géocarrefour*. Vol.76: 171-174.
- Joliveau T. et Barge O.** (1997). *Quels découpages territoriaux pour la gestion de l'environnement*, in "Les découpages du territoire." Dixièmes entretiens Jacques Cartier, Lyon., 8, 9 et 10 décembre 1997, INSEE Méthodes N°76-77-78. 415 p. 369-388.
- Joliveau T., Bravard J.-P., Dupuis B., Redman C. et Meegan C.** (2003). *Mapping land use change in a "river city". An opportunity for designing a comparative interdisciplinary approach and discussing a common conceptual framework in LTER*, in European-american workshop on long term socio-environmental research, Motz (France), 1-5 juillet 2003. Communication.
- Joliveau T., Carlot Y., Collicard J.-P. et Genevoix S.** (2001). *L'usage d'un SIG pour l'enseignement de la géographie au lycée : une application dans le domaine de l'environnement et de l'aménagement*, in GEOFORUM 2001, NATURE ET CITE, colloque de l'AFDG, Saint-Denis, 18 et 19 mai 2001.
- Joliveau T., Dupuis B., Barge O., Denis C. et Sugier E.** (1998). *CD-ROM Paysages virtuels. Méthodes et outils pour un outil de gestion paysagère des espaces ruraux*, UMR 5600/CRENAM. <http://www.univ-st-etienne.fr/crenam/donnee/paysage/accueil.htm>
- Joliveau T. et Etlicher B.** (1998). Les S.I.G. pour une gestion environnementale des territoires, éléments de méthode à partir de deux expériences. *Revue internationale de géomatique* Volume 8. (n°3/1998): 92-104.
- Joliveau T. et Michelin Y.** (1998). Approche méthodologique de la gestion paysagère concertée d'un espace avec un système d'information géographique : l'exemple de la commune de Viscomtat (63) in *Actes du Colloque : Gestion des territoires ruraux : connaissances et méthodes pour la gestion publique*, 27 & 28 avril 1998, Clermont-Ferrand. Cachan, Cemagref, 1: 85-102.
- Joliveau T. et Michelin Y.** (2001). Modèles d'analyse et de représentation pour la prospective paysagère concertée : deux exemples en zone rurale in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: pp. 239-266.
- Joliveau T., Molines N. et Caquard S.** (2000). *Méthodes et outils de gestion de l'information pour les démarches territoriales participatives, un regard France-Québec*. Saint-Etienne, CRENAM, CNRS-UMR5600, Université Jean Monnet - Saint-Etienne.
- Jollivet M. et Lepart J.** (1992). Hétérogénéité, diversité, complexité : nuances et convergences in *Sciences de la nature, sciences de la société, les passeurs de frontière*. M. Jollivet. Paris, CNRS Editions: 373-380.

- Journey North** (2004). *Engaging Students in a Global Study of Wildlife Migration and Seasonal Change*. <http://www.learner.org/jnorth/orientation/About.html>
- Kervern G.-Y.** (1995). *Éléments fondamentaux des Cindyniques*, Economica. 107.
- Lacaze J.-P.** (1988). *Aménager sa ville : les choix du maire en matière d'urbanisme*. Paris, Editions du Moniteur.
- Lamy M.** (2001). *Introduction à l'écologie humaine*, Ellipses. 270 p.
- Lardon S.** (2003). Diagnostic de territoire et représentations spatiales : les chorèmes, graphes et jeux in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 109-129.
- Lardon S., Maurel P. et Piveteau V.** (2001). *Représentations spatiales et développement territorial*. Paris, Hermes. 437 p.
- Lardon S., Piveteau V. et Warrot G.** (2004). Organisation spatiale et projets de territoire : les pays en Auvergne in *Méthodologie pour un diagnostic de territoire. Rapport du projet de recherche*. E.-E. P. T. Clermont-Ferrand: 31-52.
- Larrère C. et Larrère R.** (1997). *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*. Paris, Aubier. 355 p.
- Lauriac D.** (1997). *La gestion paysagère dans les monts de la Madeleine*. Mémoire de Maîtrise de Géographie. Département de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 96 p.
- Le Bras H.** (1994). *Les limites de la planète. Mythes de la nature et de la population*, Flammarion. 349 p.
- Le Galès P.** (1995). Du gouvernement des villes à la gouvernance urbaine. *Revue française de sciences politiques* vol. 45, n°1: cité par Bourdin A. (2000).
- Lévy P.** (1995). *Qu'est-ce que le virtuel ?* Paris, La Découverte. 157 p.
- LIPSOR** (2004). *Méthodes et logiciels*, CNAM. <http://www.3ie.org/lipsor/logiciels.htm>
- Lussault M.** (2003). L'espace avec les images in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 39-59.
- Lynch K.** (1969). *L'image de la cité, traduction de The image of the city*, Cambridge, M.I.T. Press, 1960. Paris, Dunod. 222 p.
- Lyon L. G.** (2002). <http://www.millenaire3.com/>, Mission Prospective et Stratégie d'Agglomération. ou l'opération Millénaire 3 de Lyon
- Machlis G. E., Force J. E. et Burch W. R. J.** (1997). The Human Ecosystem Part I: The Human Ecosystem as an Organizing Concept in Ecosystem. *Management. Society and Natural Resources* Vol. 10: 347-367.
- Magnaghi A.** (2003). *Le projet local*. Sprimont (Belgique), Pierre Mardaga. 123 p.
- Magnin L.** (1999). *Le paysage comme vecteur d'un projet de territoire ?* Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles. Clermont-Ferrand, ENITA: 41p.
- Martin N., St-Onge B. et Waub J.-P.** (1999). Geographic tools for decision making in watershed management in *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis : a Geographical Information Sciences Approach*. J. C. Thill. Brookfield. USA, Ashgate.
- Martuccelli D.** (1999). *Sociologies de la modernité*, Gallimard. 709 p.
- Maurel P.** (2001). Les représentations spatiales : concepts de base et éléments de typologie in *Représentations spatiales et développement territorial*. S. Lardon, P. Maurel et V. Piveteau. Paris, Hermes: pp. 75-108.
- Maxwell T., Villa F. et Costanza R.** *Spatial Modeling Environment*. <http://www.uvm.edu/giec/SME3/index.html>
- Mc Harg I.** (1980). Composer avec la Nature. *Cahiers de l'IAURIF*, n° 58-59: 183 p.
- Mermet L.** (1992). *Stratégies pour la gestion de l'environnement*. Paris, L'harmattan. 205 p.
- Michelin Y., Joliveau T., Breuil J. et Vigouroux L.** (2002). *Le paysage dans un projet de territoire, démarche et méthode expérimentées en Limousin*, Chambre d'agriculture de Haute-Vienne-ENITA-CRENAM. 66 p.
- Michelin Y., Joliveau T., Coquillard P., Gueugnot J., Dupuis B., Molines N., Terrisses S. et Teuma M.** (1995). *Réflexion méthodologique pour la valorisation d'une carte écologique par l'emploi d'un SIG : l'exemple de la mise en place de mesures agri-environnementales dans le Massif du Sancy.*, in Rencontres internationales, la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne, 1997, Cemagref éditions. 273-287.
- Micoud A.** (2001). L'écologie urbaine comme utopie contemporaine. *Quaderni* n°43 - Hiver 2000-2001: 101-116.

- Ministère de l'Environnement, Agences de l'Eau et Conseil Supérieur de la Pêche** (1992). *Schéma d'aménagement et de gestion des eaux, guide méthodologique*, Ministère de l'Environnement, Agences de l'Eau, Conseil Supérieur de la Pêche.
- Mitchell B.** (1997). *Resource and Environmental Management*. Essex, Longman. 298 p.
- Molines N.** (2003). *Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale*. Thèse. Section de Géographie. Saint-Etienne, Université Jean Monnet: 334 p. + annexes.
- Montgolfier J. et Natali J. M.** (1987). *Le Patrimoine du Futur*. Paris, Economica, 1. 245 p.
- Mormont M.** (1997a). *Gouverner l'environnement ?*, Fondation Universitaire Luxembourgeoise. <http://www.ful.ac.be/ful/Recherche/SEED/gouvernerl'environnement.htm>
- Mormont M.** (1997b). Vivre avec les conflits d'implantation. *Environnement & Société* n°18: 21-30.
- Mouton C.** (1997). *Etude pour la création d'un tableau de bord géographique d'aide à la gestion des parcs nationaux et détermination dans ce contexte de l'intérêt de la notion de pédopaysage. Application au parc national des Cévennes. Mastere SILAT*. Montpellier: 37 p.
- NCGIA** (1996). *Initiative 19: GIS and Society: The Social Implications of How People, Space, and Environment are Represented in GIS*, National Center for Geographic Information and Analysis.
- Ndubisi F.** (2002). *Ecological Planning*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press. 287 p.
- Neboît-Guilhot R.** (1996). Les effets différés des mutations agricoles : érosion des sols et pollution des nappes in *Les français dans leur environnement*. R. Neboît-Guilhot et L. Davy, Nathan: 174-181.
- Nembrini A. et Joerin F.** (2003). Un processus de diagnostic de quartier : le quartier de Saint-Jean à Genève in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 213-223.
- Neveu C., Ed.** (1999). *Espace public et engagement politique. Enjeux et logiques de la citoyenneté locale*, L'harmattan, 307 p.
- Oberti P.** (2004). *Décision publique et recherche procédurale : illustration d'une démarche multicritère à la localisation participative d'un parc éolien en région corse*, in Journées de l'Association Française de Science Economique « Economie : aide à la décision publique », Université de Rennes 1, 18-19 mai 2004. 34 p.
- Ogé F.** (1995). L'inventaire des sites potentiellement pollués. *Natures Sciences Sociétés* vol. 6, n°2: 65--69.
- Ollagnon H.** (1989). Une approche patrimoniale de la qualité du milieu naturel in *Du rural à l'environnement aujourd'hui*. N. Mathieu et M. Jolivet. Paris, L'Harmattan: 259-268.
- Orfield M.** (1997). *Metropolitics. A Regional Agenda for Community and Stability*. Washington DC, The Brookings Institution/ Cambridge, Mass, The Lincoln Institute of Land Policy.
- Parent L.** (1998). *Evaluation environnementale*. Sainte-Foy (Québec), Université du Québec, Télé-université. 415.
- Pickles J., Ed.** (1995). *Ground Truth. The Social Implications of Geographic Information Systems*. New-York, The Guilford Press, 248 p.
- Piveteau V.** (1995). *Prospective et territoire : apport d'une réflexion sur le jeu*. Antony, Cemagref. 298 p.
- Prélaz-Droux R.** (1995). *Système d'information et gestion du territoire, approche systémique et procédure de réalisation*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes. 156 p.
- Rambaldi G.** (2004). *Participatory 3-Dimensional Modelling (P3DM)*, Participatory Avenues. <http://www.iapad.org/rationale.htm>
- Ramières L. M. d.** (2003). *Inventaire des Zones Humides. Inventaire participatif des 100 mares du Val de Drôme. Note de présentation*. <http://ramieres.val.drome.reserves-naturelles.org/presentamare.html>
- Rémy J. et Voyé L.** (1974). *La ville et l'urbanisation*. Gembloux, Duculot. 252 p.
- Rémy J. et Voyé L.** (1992). *La ville : vers une nouvelle définition*, Editions l'Harmattan. 174 p.
- Renn O., Webler T. et Wiedemann P., Eds.** (1995). *Fair and Competent Citizen Participation: Evaluating New Models for Environmental Discourse*. Dordrecht, Kluwer Academic Press:.
- Revert J.-F., LeLuiric F. et Rist D.** (1978). Les Ateliers publics d'urbanisme, mythes et réalités. *Metropolis*: 8-15.

- Roche S.** (1997). *Enjeux de l'appropriation sociale des technologies de l'information géographique pour l'aménagement territorial, Etudes de cas en France et au Québec*. Doctorat. Département de Géographie. Angers, Université d'Anger: 362 p. + 110 p.
- Roche S.** (2003a). Information géographique et participation publique : vers une nouvelle forme de démocratie urbaine ? *Espaces géographiques et sociétés. Travaux et documents* (N°20 octobre 2003): 44-56.
- Roche S.** (2003b). Usages sociaux des technologies de l'information géographique et participation territoriale in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR: 61-82.
- Roché S.** (2004). *Sociologie politique de l'insécurité. Violences urbaines, inégalités et globalisation*, PUF, 1ère édition :1998. 283 p.
- Rouso H., Ed.** (2003). *Le regard de l'Histoire. L'émergence et l'évolution de la notion de patrimoine au cours du XXe siècle en France*. Actes des Entretiens du Patrimoine 2001, Fayard/Monum. Éditions du Patrimoine, 396 p.
- Roy B. et Bouyssou D.** (1993). *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Paris, Economica. 695 p.
- Saint-Gérard T.** (1998). Les systèmes d'information spatiale appliqués à l'environnement. Le projet d'"Enviroscope". *Cahiers de la MRSH* (n°13): 132-152.
- Schneider K. et Robbins P.** (1995). *GIS and mountain environments*. Genève, UNITAR.
- Sénécal G.** (2002). Controverses en environnement et développement durable urbain : la formation d'un nouvel espace public. *VertigO - La revue en sciences de l'environnement sur le WEB* (Vol 3 No 2).
- Sfez L.** (1984). *La décision*. Paris, PUF. 126 p.
- Sfez L.** (1992). *Critique de la décision*. Paris, Presses de la fondation nationale de sciences politiques. 571 p.
- Simon H.** (1977). *The New Sciences of Management Decision*. Englewood-Cliffs, Prentice-Hall.
- Simos J.** (1990). *Evaluer l'impact sur l'environnement*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes. 261 p.
- Sintomer Y.** (1999). *La démocratie impossible ?* Paris, La Découverte et Syros. 404.
- Soubeyran O.** (2001). Imaginaire disciplinaire et écologie urbaine. *Quaderni* n°43 - Hiver 2000-2001: 117-133.
- Steinitz C.** (1993). GIS : a personal perspective. *GIS Europe* juin, juillet, septembre 1993: pp. 19-22, 42-45, 38-40.
- Stone C. N.** (1989). *Regime politics : governing Atlanta, 1946-1988*. Lawrence University Press of Kansas.
- Sustainable Development Research Initiative** (2000).
http://www.sdri.ubc.ca/research_activities/tools.cfm.
http://www.sdri.ubc.ca/research_activities/tools.cfm
- Tarlet J.** (1985). *La planification écologique*. Paris, Economica. 140 p.
- Tedorov T.** (2001). La vocation de la mémoire. *Cahiers français* (n°303): 3-7.
- The Economist** (2004). *Pay off the Nimby's*. *The Economist*. 7 août 2004: p. 12.
- Thériault M.** (1995). *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux*. Laval, Québec, Département de géographie, Université de Laval, Notes et documents de cours N°12. 165 p.
- Theys J. et Kalaora B.** (1998). Quand la science réinvente l'environnement in *La terre outragée*. J. Theys et B. Kalaora, Diderot Multimédia: 3-40.
- Thinon P.** (2003). Usages de la cartographie d'unités agro-physionomiques in *Les figures du projet territorial*. B. Debarbieux et S. Lardon. La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR.
- Thompson J.-D. et Tuden A.** (1959). Strategies, Structures and Processes of Organizational Decision in *Comparative Studies in Administration*. J.-D. Thompson et al., The University of Pittsburg Press: 195-216.
- Tisseron S.** (1996). *Le bonheur dans l'image*, Synthélabo. 138 p.
- Tomas F.** (1997). Une nouvelle culture de l'aménagement des villes. *Revue de Géographie de Lyon* 72 (2/97): 91-92.
- Trochim W. M. K.** *An Introduction to Concept Mapping for Planning and Evaluation*, Cornell University. <http://www.socialresearchmethods.net/research/epp1/epp1.htm>

- van Asselt M. B. A., Mellors J., Rijkens-Klomp N., Greeuw S. C. H., Molendijk K. G. P., Beers P. J. et Notten P.** (2001). *Building Blocks for Participation in Integrated Assessment: A review of participatory methods*. Maastricht, Nederland, ICIS ICIS working paper I01-E003.
- Van den Hove S.** (2000). Approches participatives pour la gouvernance en matière de développement durable : une analyse en termes d'effets. *Cahier du C3ED*.
- Vanbergue D.** (2003). *Conception de simulation multi-agents : application à la simulation des migrations intra-urbaines de la ville de Bogota*. Thèse de Doctorat. Informatique. Paris, Paris 6: 144 p.
- Vanbergue D. et Drogoul A.** (2002). *Approche multi-agent pour la simulation urbaine*, in Actes des 6èmes Journées Cassini, Brest, septembre 2002. 95-112.
- Veltz P.** (2002). *Des lieux et des liens. Politiques du territoire à l'heure de la mondialisation*, éditions de l'aube. 2004 pour l'édition en poche. 154 p.
- Viard J.** (1990). *Le tiers espace, essai sur la nature*. Paris, Méridiens Klincksieck. 152 p.
- Vinck D.** (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue Française de Sociologie* vol. XL, n°2: pp. 385-414.
- Vinck D.** (2000). *Approches sociologiques de la cognition et prise en compte des objets intermédiaires.*, Cours à la septième École d'été de l'ARCO Bonas, 10-21 juillet 2000. <http://www.utc.fr/arco/activites/ecoles/Bonas2000/Vinck.pdf>
- Virtualis** (2002). *Le prototype Viviane*. <http://viviane.c3ed.uvsq.fr/>
- Virtualis** (2004). *ViRTU@LiS (Social Learning on EnVIRonmental Issues with the InTeractive Information and CommUnicAtion TechnoLogLeS)*, Virtu@lis Consortium. <http://neptune.c3ed.uvsq.fr/virtualist/index.php>
- Vivien F.-D. et Zuindeau B.** (2001). Le développement durable et son espace : antécédents intellectuels et questions pour l'avenir. *Cahiers lillois d'économie et de sociologie, L'Harmattan* n°37 (1er semestre 2001).
- Vodoz L.** (2001). Citoyenneté et territoire à l'heure des NTIC in *NTIC et territoires. Enjeux territoriaux des nouvelles technologies de l'information et de la communication*. L. Vodoz. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes: 239-263.
- Wacquant L.** (1992). Au chevet de la modernité : le diagnostic du docteur Giddens. *Cahiers internationaux de sociologie* (XCIII): pp. 389-397.
- Weber J.** (1995). *Gestion des ressources renouvelables: fondements théoriques d'un programme de recherche*, Gerdat-Green, Cirad. <http://cormas.cirad.fr/pdf/green.pdf>
- Weinberg A.** (1972). Science and trans-science. *Minerva* (10/2): cité par Theys J. et Kalaora B. (1998 (1992)).
- Weiner D. et Harris T. M.** (2003). Community-integrated GIS for Land Reform in South Africa. *URISA Journal* vol. 15 APA II: 6173.
- Wood D.** (1992). How Maps Work. *Cartographica* N°3&4, Vol.29,: pp.66-74.
- Wotto M. et Waub J.-P.** (2003). Process of limited societal participation in the strategic environmental assessment of transportation planning scenarios in Montreal in a GDSS context: methodological proposal. *African Journal of Environmental Assessment and Management* 5(1): 92-101.
- WWF Suisse** (2004). *Footprint*, WWF. <http://www.footprint.ch/>
- Zachary W.** (1988). Decision Support Systems : Designing to Extend the Cognitive Limits in *Handbook of Human Computer Interaction*. M. G. Helander, T. K. Landauer et P. V. Pabhu. Amsterdam, Elsevier Science Publishers: 997-1030.
- Zalio P.-P.** (2002). *Ulrich Beck fait-il courir des risques à la sociologie ?*, Melissa. http://www.melissa.ens-cachan.fr/article.php3?id_article=61
- Zuliani G.** (2002). *Un'analisi del servizio offerto agli utenti dal verde urbano: metodu e applicazioni*. Dottorato di Ricerca "Uomo e Ambiente". Dipartimento di Geografia 'G. Morandini'. Padova, Padova: 128 p.
- Zwetkoff C.** (1997). Sentiment de justice et conflits d'implantation. *Environnement & Société* n°18: 5-19.

6. Renvois

Table des figures et des planches

Figure 4-1. Les types de conflits. D'après (Berry 1995) (Thériault 1995)..... 362

Table des encadrés et des tableaux

Tableau 4-1. Un exemple de stratégie macro-micro de décision participative (source : Jankowski P. et Nyerges T. L. (2001). P. 17)..... 331

Tableau 4-2. Les registres de légitimation de la participation..... 333

Tableau 4-3. Les utilisations des représentations spatiales externes dans les deux Ateliers participatifs..... 359

Liste des sigles et abréviations

AMC	Analyse multicritère
ATEN	Atelier Technique des Espaces Naturels
BANANA	Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything
BAPE	Bureau d'Audience Publique sur l'Environnement
BASIAS	Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BES	Baltimore Ecosystem Study
BIYBYTIM	Better in Your BackYard Than In Mine
BRGM	Bureau de la Recherche Géographique et Minière
BRGM	Bureau de la Recherche Agronomique et Minière
CAVE	Citizens Against Virtually Everything
CEMAGREF	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CER	Cadre Écologique de Référence
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
DATAR	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
ENGREF	École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts
ENITA	École Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
FRAPNA	Fédération Rhône-Alpes des Associations de Protection de la Nature
GAM	Groupe d'Action Municipal
GDR SIGMA	Groupe de Recherche « Systèmes d'Information Géographique - Méthodologies et

	Applications »
GOOMBY	Get Out Of My BackYard
HBDS	Hypergraph Based Data Structure
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
LOADT	Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable
LTER	Long-Term Ecological Research Network
LTER	Long-Term Ecological Research Network
LULU	Locally Unwanted Land Use
MARPP	Méthodes Actives de Recherche et de Planification Participatives
MRN	Ministère des Ressources Naturelles
MSDT	Modèles Spatiaux pour le Développement Territorial
NIMBY	Not in My BackYard
NOPE	Not On Planet Earth
NOTE	Not Over There, Either
PADD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable
PAR	Participatory Action Research
PGIS	Participatory Geographical Information Systems
PLU	Plan Local d'Urbanisme
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPGIS	Public Participation Geographical Information Systems
PRA	Participatory Rural Apraisal
PRM	Participatory Ressource Mapping
SAFER	Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SEM	Communauté d'agglomération Saint-Etienne-Métropole
SGBD	Systèmes de Gestion de Bases de Données
SMA	Systèmes Multi-Agent
SRU	Solidarité et Renouvellement Urbain
TGV	Train à Grande Vitesse
UML	Unified Modeling Language
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique
ZUP	Zone à Urbaniser en Priorité

Parcours 5. Questions de géomatique en géographie. Essai d'analyse de la situation française.

1. Une perspective historique	432
1.1. Éléments pour une histoire de l'informatique en géographie	432
La convergence géomatique	432
Sources et méthodes	434
Une histoire de l'informatique	435
Une périodisation	436
1.2. Informatique et géographie académique en Amérique du Nord (1950-1985)	437
L'état technologique de la géographie américaine dans les années 50	437
1955-1960 : Les pionniers de la première informatique	438
1960-1970 : Les développements parallèles	439
1970-1985 : La "diffusion latérale" de la technologie	443
1.3. L'informatique dans la recherche géographique française avant la géomatique	447
L'ordinateur, outil de la révolution quantitative	447
Cartographie automatique et système d'information	450
De la micro-informatique à la géomatique	452
 2. La place de la géomatique dans la géographie française: un essai de bilan quantifié	 456
2.1. La montée de la thématique SIG en géographie	456
Les thèmes de recherche	457
Les articles scientifiques	460
Les thèses	461
2.2. Les caractéristiques des publications	462
Les grands domaines d'application	463
Les finalités de la recherche	464
Les points de vue sur les SIG	465
Les fonctions des SIG	466
2.3. Commentaires	467
 3. Géomatique et géographie, débats et enjeux	 468
3.1. En France, un débat entre spécialistes	469
SIG et création d'information	469
SIG et analyse spatiale	469
Qu'apportent les SIG à la géographie ?	470
SIG et rapport de la géographie avec les autres disciplines	470
SIG et géographie appliquée	471
Un bilan	471
3.2. Le débat de la géographie anglo-saxonne à propos des SIG	472
Le positivisme des SIG	472
Réalisme naïf	472
Anti-humanisme et naïveté politique	473
La défense des géomaticiens	473
3.3. Géomatique et géographie, les enjeux	474
Le projet scientifique de la géomatique	474

Le rapport des géographes à l'informatique	477
Les enjeux de la géomatique dans la géographie française	480
4. Orientations	483
4.1. Faire le point	483
4.2. Directions	484
5. Bibliographie	484
6. Renvois	490
Table des figures et des planches	490
Liste des sigles et abréviations	490

Ce cinquième et dernier parcours concerne un chantier de recherche engagé plus récemment et qui s'avère donc le plus exploratoire des cinq. Il s'agit moins de la présentation de résultats que de pistes de questionnement accompagnées de premiers indices de réponse. La question des rapports entre informatique et géographie, en tant que disciplines, nous est apparue progressivement dans le cadre de trois contextes.

La prise en charge dès 1989 d'un cours sur les SIG dans le DEA (Diplôme d'Études Approfondies) Interface Nature & Société puis en Maîtrise de géographie à Saint-Etienne en 1992, la création en 1993, en relation avec une École d'Ingénieur, d'un diplôme professionnel de géomatique sous forme de DU (Diplôme d'Université), DESS (Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées) puis Master, nous ont conduit naturellement à réfléchir la place de la géomatique dans l'enseignement de la géographie et du rôle des géographes dans le développement de la géomatique. Cela restait toutefois dans un cadre très appliqué d'élaboration de programmes de cours et de réflexion sur l'insertion professionnelle de nos diplômés. Cette réflexion a été transformée quand on nous a proposé de participer à un projet de recherche en didactique, mené dans le cadre de l'Institut National de la Recherche Pédagogique (INRP), et qui portait sur l'introduction des Systèmes d'Information Géographique dans l'enseignement secondaire. L'étrangeté de la géomatique par rapport à la géographie scolaire française nous est apparue d'autant plus fortement que nous étions peu familiarisés avec les questions de didactique de la géographie. L'avancée de la recherche nous a conduit à étudier de manière plus approfondie les relations spécifiques entre géomatique et géographie. Enfin, la recension de la bibliographie anglo-saxonne sur les SIG nous a fait découvrir les violents débats qui ont occupé les géographes anglais et américains dans les années 90 à propos des questions scientifiques, stratégiques et politiques que posaient la géomatique aux géographes. Cela nous a amené à nous interroger rétrospectivement sur cette question dans un cadre français.

Cette interrogation peut apparaître paradoxale alors que la plupart des chercheurs sont d'accord pour reconnaître que les SIG trouvent leur efficacité dans un travail collectif et interdisciplinaire. N'est-il pas un peu frileux et rétrograde de rapporter la question des SIG au cadre étiqué d'une discipline particulière, fût-elle aussi multiforme que la géographie ? Trois réponses peuvent être apportées. D'abord, une bonne interdisciplinarité ne se conçoit qu'avec des chercheurs pleinement conscients des caractéristiques, contraintes et richesses de leur propre discipline d'origine. C'est parce que l'on se sent à l'aise dans la géographie que l'on peut être utile dans une équipe de recherche multidisciplinaire. Le fait que les outils SIG soient mis en œuvre dans un contexte multidisciplinaire devrait justement conduire les géographes à mieux définir la place de ces outils dans leur propre discipline. Se focaliser sur l'usage des SIG dans la communauté des géographes ne relève donc pas d'une stratégie de repli. On peut dire de l'interdisciplinarité ce que Jaurès disait de l'internationalisme : un peu d'interdisciplinarité éloigne de la discipline, beaucoup y ramène. Ensuite, la géographie n'est pas tout à fait une discipline comme les autres pour la géomatique. Elle est la seule qui a fait de l'espace, non l'objet de son étude, mais une catégorie fondamentale de l'appréhension des phénomènes. L'existence d'un dialogue vivant et constructif entre géographes et géomaticiens devrait donc plutôt être envisagée comme un facteur positif pour la géomatique. Enfin, le développement des outils géomatiques constitue sinon un problème, du moins un enjeu pour la géographie, qui nous paraît sous-estimé. Il est donc légitime de l'aborder frontalement.

Nous commençons par une mise en perspective historique de l'informatique en géographie et de l'arrivée des SIG dans la recherche géographique française. Nous faisons ensuite un bilan quantifié de la place du thème géomatique dans la recherche géographique française à partir de quelques indicateurs, suivie d'une revue thématique des débats internes à la géographie à propos

des SIG. Enfin, nous discutons dans une troisième partie trois questions importantes qui nous semblent se poser pour le futur : le projet scientifique de la géomatique, le rapport des géographes à l'informatique et les enjeux de la géomatique en géographie.

1. Une perspective historique

Pour comprendre les rapports actuels entre géographie et géomatique, il nous paraît nécessaire de remonter dans le temps. On s'attache ici à comprendre la préhistoire de la géomatique, la plus récente des deux disciplines et à retrouver les liens qu'elle a tissés au cours du temps avec la géographie.

1.1. Éléments pour une histoire de l'informatique en géographie

Construire une histoire de la géomatique depuis la France n'aurait guère de sens alors que l'essentiel des témoins et des documents se trouve de l'autre côté de l'Atlantique, au moins jusque dans les années 1980. Les chercheurs américains ont déjà lancé des recherches en ce sens et les grandes lignes de cette histoire sont connues. La priorité ne porte pas pour nous sur la précision des faits, ou l'ajout de nuances à propos des stratégies des acteurs concernés. Nous voulons nous focaliser ici sur deux principales questions. Comment se sont diffusées les techniques informatiques dans la recherche en géographie, dont les SIG ne constituent, au moins au début, qu'un volet ? Comment la géographie française a-t-elle accueilli la géomatique ?

La convergence géomatique

Le contenu d'une histoire de la géomatique est tributaire de la définition que l'on se donne de celle-ci. Celle de Bergeron (1992) déjà mentionnée dans notre premier parcours peut nous servir de guide dans la recherche des limites du champ de notre recherche historique. La géomatique y est décrite comme « *une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion.* ». Le mot le plus important de cette définition est celui d'*intégration* des sciences et technologies. La notion de géomatique suppose une approche intégrée des méthodes, techniques et technologies liées à la gestion des données à référence spatiale. Elle naît et prospère à partir de l'impact de l'utilisation de l'informatique dans la gestion de ce type de données bien particulier. La suite de la définition est plus problématique. En effet Bergeron intègre dans la géomatique principalement les disciplines suivantes : *les mathématiques, la physique, l'informatique, la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection* ». Il saute aux yeux qu'une approche historique de la géomatique ne nécessite nullement de mobiliser une histoire des mathématiques ou de la physique dans leur ensemble, en tout cas pas plus qu'une histoire de la géographie ou de l'aviation par exemple, alors que l'histoire de l'informatique est indispensable, tout comme celle de la cartographie, de la photogrammétrie et de la topographie. Il est plus raisonnable de réécrire ainsi la définition de la géomatique de Bergeron : « *une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration au moyen de l'informatique des savoirs et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion, et principalement : la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection...* ».

Si l'on adopte cette définition, il est clair qu'il n'y a pas *invention* de la géomatique, mais constitution progressive d'un champ de pratiques et de savoirs à partir de la prise de conscience progressive que des formes distinctes d'information convergent vers une structure numérique commune. Plus la numérisation des technologies de l'information à référence spatiale avance, plus aisée devient la connexion entre les différentes applications et métiers liés à cette information. Le grand pourfendeur de la technique qu'était J. Ellul avait perçu très tôt le rôle

simple mais fondamental de l'informatique : « la seule fonction de l'ensemble informatique est de permettre la jonction, souple, informelle, purement technique, immédiate et universelle entre les sous-systèmes techniques » (Ellul 1977). La géomatique constitue la jonction entre tous les sous-systèmes techniques liés à l'information à référence spatiale.

Une préhistoire de la géomatique conduit à remonter avant cette jonction et à suivre les nombreux fils, longtemps parallèles et distincts, des multiples activités, disciplines et métiers de la gestion de l'information à référence spatiale, qui se sont noués progressivement avec le développement de l'informatique. Ces activités ont longtemps été fondées sur des techniques puis des technologies spécifiques de description de la surface de la terre, même si des échanges existaient entre elles. Quodverte (1994) en a dressé une histoire très circonstanciée et méticuleuse pour la France. La technologie principale de la convergence est bien sûr l'informatique générale, et ses applications comme l'infographie ou les bases de données. Mais des innovations technologiques non informatiques ont des conséquences importantes en géomatique : cartographie, levés de terrain, aéronautique, typographie et reproduction, optique ... Une histoire des technologies de l'information géographique nécessite de prendre en compte des objets extrêmement divers : appareillages, dispositifs, programmes informatiques, logiciels commercialisés, expériences de recherche, politiques publiques.

Pour aller plus loin qu'un simple inventaire d'inventions et de techniques et comprendre les objectifs, les stratégies et les enjeux sous-jacents à l'émergence de la géomatique, il faudrait faire un travail d'historien et de sociologue des sciences et des techniques fondés sur des méthodes de collecte systématique de documents et de recoupement de sources ... Ce serait la seule manière de comprendre les enjeux et contraintes internes et externes, les stratégies et conflits dans un domaine d'activité 1) qui combine de nombreux acteurs institutionnels et privés (services cartographiques officiels, ministères, grandes collectivités locales, sociétés privées de l'informatique, de l'optique et de la photogrammétrie, de l'édition, grandes sociétés de distribution d'eau et d'énergie, universités ...); 2) qui se place au point de rencontre de nombreuses techniques et disciplines : matériel, logiciel et service informatique, industrie aéronautique, électronique, optique avec un spectre d'applications très variées et dans un contexte international.

Dans l'attente d'un travail de fond d'histoire des sciences sur cette question, il nous a paru utile d'apporter une contribution modeste à un sous-ensemble du problème. Nous nous intéressons à reconstruire l'usage des technologies de l'informatique dans un domaine particulier, celui de la géographie qu'on dira "savante" ou académique, celle qui est pratiquée par les chercheurs et les universitaires. On mesure les problèmes d'une telle approche. Le développement de la géomatique est international et se passe sur plusieurs dizaines d'années. Or le contexte scientifique et académique, la réalité professionnelle et l'insertion sociale des géographes sont loin d'être homogènes entre les pays et au cours du temps. Il faudrait donc consacrer un temps important à la définition du champ de la discipline géographique dans les différents pays puis tenter de reconstituer les termes des débats, les enjeux et les stratégies dans chacun de ces champs nationaux. Des travaux d'épistémologie de ce type existent pour la géographie nord-américaine. En France, ils portent sur des périodes plus anciennes que celle de la géomatique. Par ailleurs, il est bien entendu artificiel de distinguer *a priori* une "géomatique de recherche" liée à des objectifs scientifiques d'une "géomatique industrielle" liée aux programmes publics et privés de description de la surface de la terre. Si les logiques sous-jacentes des deux systèmes sont différentes, d'une part leurs histoires sont étroitement associées, d'autre part il est paradoxal de délier d'emblée ce que notre objet de recherche, la géomatique, entend justement attacher : des scientifiques d'obédiences différentes, des techniques distinctes, des domaines d'expertise multiples. Notre unique justification est qu'il faut bien commencer par un sous-

domaine. En tant que géographe, il était plus aisé et pertinent de verser au dossier des éléments et une réflexion concernant l'histoire de l'informatique dans la géographie académique.

Sources et méthodes

S'il y a un domaine sur lequel nous disposons d'une riche information, c'est l'histoire des SIG eux-mêmes. Les premières tentatives d'histoire des SIG apparaissent relativement tôt. Dès 1988, le volume 15 de *The American Cartographer*, est consacré à la « Révolution numérique en cartographie ». S'y expriment nombre de pionniers des SIG : N. Chrisman, R. Tomlinson, D. Rhind. Le premier grand manuel en anglais sur les SIG (Maguire, Goodchild et al. 1991) contient déjà un chapitre sur l'histoire des SIG (Coppock et Rhind 1991). Sur un plan plus général, on assiste au même moment à la publication de manuels pour étudiants sur l'informatique en géographie (Maguire 1989; Mather 1991). Moins de 10 ans plus tard, c'est dans un objectif de formation des étudiants que Foresman se pose le problème de l'origine des SIG (Foresman 1998b). Même si son objet est différent, on peut noter que P. Quodverte, dont le travail historique sur les techniques informatiques en cartographie et en information géographique a déjà été évoqué, est le fondateur de la Maîtrise des Sciences et Technique de Cartographie d'Orléans, première formation professionnelle dans le domaine des SIG en France. Cette recherche de mémoire peut s'expliquer comme un besoin de regarder en arrière, au moment où les SIG cessent d'être confidentiels et se diffusent rapidement à travers le monde et dans tous les secteurs professionnels.

Coppock et Rhind (1991) relevaient au début des années 90 que les sources n'étaient pas nombreuses et que les archives écrites étaient rares. En effet les individus engagés dans des projets souvent techniques de développement d'outils et de méthodologies informatiques sont rarement prodigues en rapports ou exposés écrits. Dans les années 90 le matériau s'est enrichi mais le travail reste malaisé. Les documents sont souvent à caractère très technique et concernent des applications très diverses. Par ailleurs, nombre d'acteurs ou de projets importants de la géomatique se trouvent hors du champ académique ou à la marge de celui-ci. Il est donc parfois difficile de trouver trace de leur participation. On en est souvent réduit à reconstruire l'histoire à partir de sources très formelles, qui rendent peu compte des enjeux et stratégies sous-jacentes. Ainsi Quodverte (1994) reconstruit l'histoire des techniques informatiques en cartographie essentiellement à partir des sources très officielles du Bulletin du Comité Français de Cartographie et du Bulletin de l'IGN.

Ces histoires hésitent donc souvent entre le descriptif extraordinairement détaillé de dispositifs, matériels ou programmes obsolètes et la peinture de la grande fresque du progrès dans laquelle le progrès des machines oriente le progrès des logiciels qui ouvre l'éventail d'applications toujours plus prodigieuses. Elle balancent entre l'exposé factuel d'une série d'innovations technologiques suivant un cours naturel et le compte rendu épique des difficultés et conflits d'autant de pionniers de la science et des techniques suivant leur chemin semé d'embûches et de conflits. Le livre de Longley, Goodchild et al., très intéressant par ailleurs, présente ainsi de manière quasi hagiographique les portraits (et les photographies) de quelques grandes figures des SIG (Longley, Goodchild et al. 2001).

A travers cette histoire désormais beaucoup mieux connue des SIG, il est possible de repérer le rôle qu'y jouèrent les géographes chercheurs et universitaires. Toutefois, le regard rétrospectif conduit souvent à lire le passé à l'aune du présent et à ne repérer dans le passé que ce qui a fait souche, ce qui s'est avéré fructueux et dont on voit les traces aujourd'hui. Cette tendance est encore plus marquée dans un domaine technologique, dans lequel les échecs, par définition, sont perçus négativement. Or les échecs ou les impasses peuvent être plus significatifs et intéressants d'un point de vue épistémologique que les succès. Les chercheurs anglo-saxons ont pris

conscience de la nécessité de recherches obéissant à des approches moins empiriques et plus problématisées de l'histoire de la géomatique, qui manquaient aux premiers essais nécessairement un peu factuels¹.

Notre essai de reconstitution de l'informatique dans la géographie universitaire s'appuie essentiellement sur une recherche bibliographique, aussi complète et de première main que possible, dans les revues et livres de la géographie scientifique. Comme on le verra, cette littérature est plus large que celle qui concerne l'histoire des SIG proprement dite. Nous avons délaissé à cette étape de notre travail, les participations des géographes universitaires à des manifestations ou des revues non scientifiques. Pour prendre des références francophones, la participation de géographes au symposium d'Ottawa en 1971 ou au Colloque FI3G en 1987 est un fait important. Nous ne les prenons pas en compte à ce stade. Nous nous intéressons à partir d'une bibliographie de type scientifique à la place de l'informatique puis de la géomatique dans la géographie académique. Elle doit être prise pour ce qu'elle veut être : une contribution incomplète et provisoire visant à lancer des pistes et à nourrir une réflexion collective.

Une histoire de l'informatique

L'informatique en tant que science ou discipline a un statut bien entendu primordial pour notre propos. Nous avons besoin pour reconstituer une histoire de l'informatique en géographie d'un cadre temporel général de l'évolution technologique de l'informatique.

L'informatique est une discipline plus ou moins sexagénaire. Elle est passée par plusieurs âges, mais tous les auteurs ne sont pas d'accord sur leur nombre et leur nature. Les informaticiens distinguaient au début des années 90 quatre générations d'ordinateurs, à partir de leur principal composant technologique: les ordinateurs à tubes à vide (1^{ère} génération : 1946-1960), les ordinateurs à transistors (2^{ème} génération : 1960-1965), les ordinateurs à circuits intégrés (3^{ème} génération : 1965-1973) et les ordinateurs à micro-processeurs (4^{ème} génération : 1973-1990) (Birrien 1990). La 5^{ème} génération pressentie se fondait sur un autre critère, celui du développement des logiciels et de l'intelligence artificielle (Davis 1992)).

En fait une périodisation centrée sur les caractéristiques des calculateurs manque son but. L'évolution technologique depuis la seconde guerre mondiale est plus vaste et peut se traduire par un triple passage : de l'électricité à l'électronique, du fil de cuivre à la fibre optique, de l'analogique au numérique (Le Coadic 1994). Le principal bouleversement des années 90 n'est pas de nature matérielle. Il est social, avec le développement des réseaux de télécommunication et d'Internet. La périodisation indicative proposée par Breton (Breton 1987, 1990) organisée à partir des usages de l'informatique est plus pertinente. La *première informatique*, de 1945 au milieu des années soixante, est centrée sur la machine. Elle fonctionne avec des lampes à vide et des tores de ferrite, et remplace les techniques mécanographiques en oeuvre depuis le début du siècle. Son usage dominant est essentiellement militaire. La *seconde informatique*, de 1965 à la fin des années soixante-dix est marquée par l'apparition du circuit intégré, le développement de la profession d'informaticien, l'apparition des marchés civils et des applications de calcul scientifique. La *troisième informatique*, de 1980 à 1995 se caractérise par la miniaturisation des composants, la conjonction des télécommunications et de l'informatique, le développement des réseaux, l'apparition des micro-ordinateurs et l'émergence d'utilisateurs amateurs compétents. On peut faire l'hypothèse que nous sommes maintenant dans l'âge d'une *quatrième informatique*, caractérisée par la diffusion du mode numérique à l'ensemble des appareils,

¹ The GIS History Project se voulait ainsi une tentative en 1996 de développer un examen critique de l'histoire des SIG, suite à l'émergence de la dimension sociale de ces outils à travers l'Initiative 19 du National Center for Geographic Information & Analysis (NCGIA)] qui portait sur le thème « GIS and Society: The Social Implications of How People, Space, and Environment are Represented in GIS) (Mark, Chrisman et al. 1997).

la mise en réseau des postes individuels, l'accès du grand public à l'informatique à travers Internet et l'apparition des outils nomades de communication.

Les calculateurs électroniques de la « première informatique » n'étaient pas accessibles à d'autres personnes que leurs concepteurs. Si des applications en information géographique étaient concevables, elles demandaient des moyens considérables et spécialisés. A partir du milieu des années soixante, l'ouverture aux applications civiles et scientifiques facilite les applications géographiques, mais dépend soit d'organismes disposant de moyens très importants (services nationaux de cartographie, départements ministériels, très grosses collectivités) soit de scientifiques ayant accès aux ressources de leur université et disposant de compétences peu courantes. La troisième informatique correspond à une première diffusion des techniques informatiques hors du cercle des spécialistes. Un nombre de plus en plus important de non informaticiens peuvent donc prétendre à utiliser des ordinateurs, qui sont plus accessibles et plus courants, et à développer des applications correspondant à leurs besoins. C'est au milieu de cette période, alors que se multiplient les logiciels spécialisés, que la géomatique se constitue. La quatrième informatique pose à la géomatique d'autres questions. Le travail en réseau, la sécurité des bases de données, le partage des données entre utilisateurs, l'information géographique portée sur le Web deviennent les problèmes de l'heure.

Il faut garder à l'esprit que les mutations technologiques se traduisent en de multiples mutations méthodologiques. Si les fondements algorithmiques demeurent, tout au long de ces années, les informaticiens changent régulièrement de concepts, de méthodes et d'outils : les générations de langage de développement se succèdent, les bases de données changent de modèles, les interfaces sont profondément renouvelées, etc.. Ces évolutions générales de l'informatique, parfois liées à des effets de mode ou à des aléas industriels se répercutent sur les disciplines utilisatrices.

Une périodisation

La périodisation de l'informatique en géographie ne peut bien entendu se calquer sur la périodisation de l'informatique, même si un déterminisme technologique existe. Dans ce domaine tout découpage temporel s'accompagne d'une logique spatiale. L'informatisation de la géographie a un caractère international. L'impulsion vient des Etats-Unis, du Canada et de la Grande-Bretagne, et il est impossible de se cantonner à une approche nationale, même si la dynamique française diffère de la dynamique suisse ou allemande par exemple. Par ailleurs, les sources, souvent anglo-saxonnes, ont parfois tendance à peindre l'universel à partir d'un point de vue exclusivement états-unien-britannico-canadien.

Nous distinguons quatre périodes¹. La première période 1945-1960 est celle de la préhistoire de l'informatique géographique. L'ordinateur est utilisé pour traiter certaines données géographiques mais sans idée d'intégration des différentes techniques. Elle se passe selon nos sources essentiellement en Suède et aux États-Unis. La deuxième période va de 1960 à 1970 et correspond à l'étape des pionniers. Les ordinateurs sont utilisés dans tous les domaines de la géographie, soit en important des outils d'autres disciplines, soit dans la deuxième partie de la décennie en construisant des outils spécifiques. L'Amérique du Nord domine cette époque. Les années 1970-1985 peuvent apparaître rétrospectivement comme les années pré-géomatiques,

¹ En 1990, Coppock et Rhind divisaient l'histoire des SIG (uniquement) en 4 périodes, qui ne sont pas si éloignées des nôtres à 2 ou trois ans près : 1960-1973: la période des pionniers travaillant individuellement sur les données archivées sous format numérique. 1973- 1980: la recherche en géomatique se structure et se généralise et des expériences sont menées dans les Agences américaines. 1982- 1990: Développement commercial des SIG et diffusion internationale. En 1998, (Foresman 1998a) propose le découpage suivant : 1957- 1973 : l'Age des Pionniers, 1971-1984 : l'Age de la Recherche-développement, 1982-1993 : l'Age de l'implémentation et du commerce, 1992-2004 : l'Age des applications clients, 1999 - : l'Age des réseaux locaux et globaux

même si le mot et le concept de GIS (Geographical Information System) est plus ancien. Le moteur d'innovation de cette période est toujours nord-américain, mais on assiste à une diffusion généralisée des ordinateurs et des programmes géographiques chez les géographes du monde entier. Dans chaque pays plusieurs équipes de chercheurs développent des programmes et des outils spécifiques ayant des fonctionnalités proches. L'idée de l'intégration numérique apparaît progressivement mais les technologies et les méthodes sont trop frustrées pour en appliquer les principes. Un domaine de recherche s'organise cependant et un secteur économique naît aux États-Unis avec la création des premières sociétés privées. On peut dater arbitrairement de 1985 le moment où émerge quelque chose qui prend un nom, les SIG et la Géomatique, et qui s'auto-organise comme domaine d'activité, d'applications, de profit mais aussi de recherche théorique et pratique et d'enseignement. Cette auto-organisation de la géomatique se fait sur des bases nationales, mais dans un marché mondial, dès le début de la période pour les technologies et les logiciels, un peu plus tard pour les données et plus récemment, suite à l'apparition d'Internet, pour la recherche et la formation.

Nous avons donc opté pour un exposé en deux temps. Nous dressons d'abord le panorama international, c'est-à-dire essentiellement nord-américain, de 1950 à 1985. Puis, nous abordons la situation de l'informatique dans la géographie française de 1970 à 1985. La période 1985-2002 sera abordée ensuite de manière différente, à partir d'indicateurs quantifiés.

1.2. Informatique et géographie académique en Amérique du Nord (1950-1985)

L'état technologique de la géographie américaine dans les années 50

En 1954, The Association of American Geographers consacre un ouvrage collectif, *American Geography, Inventory and Prospect*, au bilan d'un premier demi-siècle de géographie aux États-Unis et à un essai de prospective (James, Jones et al. 1954). Certes le biais de ce type d'ouvrage est connu. Il s'agit souvent d'une vision officielle et conventionnelle, aveugle aux innovations qui apparaissent par définition dans les marges d'une discipline. Il s'agit cependant d'un rapport complet et détaillé de l'activité géographique, tourné vers la dimension professionnelle de l'activité géographique et portant sur tous ses champs à la fois sectoriels (géographie urbaine, géographie de la santé, de l'agriculture, ...) et méthodologiques. Cet ouvrage peut servir de point de référence dans l'évaluation du niveau d'instrumentation informatique de la géographie américaine à cette époque. Sur ce plan, on ne sera pas surpris : les mots "Computer" ou "Data Processing" sont absents de l'index et même du livre. L'ordinateur est en 1954 encore hors de l'univers des géographes. Plus étonnant peut-être : l'index ne comprend pas non plus "Data" et "Statistics". L'analyse statistique ne fait pas l'objet d'un chapitre à part, contrairement à l'interprétation des photos aériennes, la cartographie ou les techniques de terrain. La question de la collecte des données est traitée dans le dernier chapitre et abordée dans le corps du livre, à propos de la validité des modes et des unités spatiales de mesure des statistiques agricoles par exemple, mais les techniques d'analyse de ces données, y compris les calculs statistiques les plus simples, ne constituent pas un thème méthodologique en soi. Les frémissements de la "révolution quantitative" ne sont pas encore perceptibles. L'article de Schaeffer (1953) contre l'exceptionnalisme en Géographie qui en sera à l'origine a été publié seulement l'année précédente (Johnston 1997).

Selon les auteurs, une révolution technologique est bien en cours dans le domaine de la cartographie. 1950 marque selon eux le début d'un nouvel âge, dans lequel, comme l'imprimerie au XVI^e siècle, les innovations techniques vont produire une « explosion » (*outburst*) de l'activité cartographique. Les facteurs novateurs sont l'avion, la photographie, l'électronique et la technologie des plastiques, qui vont offrir simultanément des modes nouveaux de production et de diffusion des cartes. Un des exemples développés – au delà de son

apparence a priori anecdotique – est très instructif. Il s'agit des modèles de terrain (Terrain Models), autrement dit des maquettes ou des plans en relief. Selon les auteurs, cette technique très ancienne qui a connu un fort renouvellement durant la deuxième guerre mondiale dans le domaine militaire (préparation d'opérations terrestres, repérage d'objectifs de bombardement) devrait se prolonger dans le domaine civil (urbanisme et éducation). En effet le mode de production des cartes en relief devrait passer de l'artisanat (processus lent, coûteux, limité en nombre) à l'industrie (production de masse) grâce à la technologie des plastiques, ce qui permettra de répondre à la demande pour un prix acceptable. L'exemple est significatif car il renvoie à un domaine d'application, celui des Modèles Numériques d'Altitude et des rendus 3D, qui est emblématique de l'intérêt des outils numériques 50 ans plus tard. Si elle est peu repérable dans le secteur des plans en relief, cette révolution technologique s'est en effet produite dans le domaine de l'impression et de reproduction avec l'offset, la photocopieuse et les trames et lettrages sur support cellophane. Mais il n'y a aucun signe au début des années 50 aux États-Unis de la révolution informatique, huit ans après la construction du premier ordinateur.

1955-1960 : Les pionniers de la première informatique

Pourtant, on peut dater de l'année suivante la première utilisation dont nous avons trouvé trace d'une machine automatique de traitement de données par un géographe. Elle ne se situe pas aux États-Unis, mais en Suède et nous ne l'avons jamais trouvée répertoriée dans les histoires des SIG, peut-être parce qu'elle est perçue comme relevant plus directement de l'analyse des données statistiques que de la géomatique¹. En 1955, T. Hägerstrand, trois ans après son fameux article sur la propagation des vagues d'innovation (Hägerstrand 1952), code les adresses des ménages du recensement suédois sur les cartes perforées d'une machine mécanographique Hollerith, un des ancêtres directs de l'ordinateur (Hägerstrand 1955). Ce n'est pas tant la saisie de données censitaires qui constitue une nouveauté², ni même l'analyse géographique de ces données, mais bien la transcription par Hägerstrand de ces adresses sous forme de coordonnées x,y dans le système de la cartographie topographique suédoise. Cela lui permet de « donner à la dimension spatiale du matériel statistique le même statut neutre et objectif que la dimension temporelle a toujours eu » (p. 69, traduction personnelle). La machine mécanographique permet de calculer automatiquement des valeurs absolues et relatives, par maille de la taille souhaitée. Elle permet des comptages et des études de corrélation, la sélection de sous-groupes de population pour les étudier spécifiquement et des calculs de distance, au moyen des coordonnées de référence. Hägerstrand reprendra ce premier essai dans un article ultérieur, qui présentera à la fois une tentative d'analyse globale de l'utilisation de l'ordinateur en géographie et une proposition de systématiser le codage numérique à l'adresse dans les registres de population suédois (Hägerstrand 1967).

La première utilisation généralisée d'ordinateurs aux États-Unis est le fait d'un groupe de géographes réunis à la fin des années cinquante autour de W. L. Garrison à la Wahington School de Seattle. Le trimestre que Hägerstrand a passé à Seattle à cette époque (Johnston 1997, p.66) explique peut-être le lien. Le groupe de Garrison est un des premiers à travailler dans le sens d'une géographie « scientifique » nomothétique, à la recherche de lois et de régularités, en

¹ Si Rhind (Rhind 1998) fait bien référence au rôle pionnier de cartographie informatique du département de Géographie de l'Université de Lundt, il considère à tort que les premiers travaux sont ceux de (Nordbeck 1962).

² La machine inventée par Hollerith a servi à traiter les données du recensement de 1890 aux États-unis. Il s'agissait d'une machine qui utilisait le principe du passage du courant à travers les trous d'une carte perforée. Elle permettait de réaliser des comptages par addition. La première machine Hollerith est le point de départ des machines de traitement mécanographique. Tabulating Machines Corporation, la compagnie fondée par Hollerith en 1896, deviendra en 1924 International Business Machine, plus connue sous le nom d'IBM (Breton 1987, 1990) et (Birrien 1990).

rupture avec une géographie traditionnelle plus empirique. D'après Maguire (1989), Garrison fait référence à des techniques informatiques dans ses travaux sur la théorie de la localisation économique. Johnston (op. cit.), remarque que le groupe de la Washington School avait des compétences en mathématiques très supérieures à la moyenne des géographes américains de l'époque. Garrison utilisait par exemple dans ses travaux de géographie économique des techniques de programmation linéaire. Les contraintes techniques et financières sont alors très fortes. Pour sa thèse sur le commerce de détail à Spokane, B. Berry réalise une analyse factorielle qui nécessite un financement spécial pour payer les 10 heures très coûteuses de temps de calcul d'un IBM 650 (Chrisman 1998). Plusieurs géographes importants de la future géographie quantitative (B. Berry, F. Marble) font partie de l'équipe de Garrison. Entre Hägerstrand et le groupe de la Washington School, le berceau des techniques informatiques en géographie est placé très nettement entre la fée de la modélisation et celle de l'analyse quantitative.

Mais la troisième fée, Cartographie automatique, n'est pas loin. Tobler, lui aussi membre du groupe de Garrison, utilise avec le cartographe J. Sherman les techniques de composition photographique des couleurs pour produire des cartes par combinaison de typons où sont stockés individuellement chaque attribut de chaque variable (Sherman et Tobler 1957) cité par (Chrisman 1998). Dans le prolongement logique, Tobler signe en 1959 un article très précurseur dans la *Geographical Review*. Il y introduit conceptuellement la carte dans un modèle de traitement informatique à la fois comme support de stockage de données, et comme entrée et sortie du processus. Il y présente l'intérêt de l'automatisation de la cartographie, à une époque où les capacités graphiques des ordinateurs restent pourtant plus que sommaires. Il donne comme exemples des différentes opérations logiques possibles, le calcul d'intersection de surfaces, le changement automatique d'échelle et surtout de projection (Tobler 1959). Cet article est à l'origine du développement de la cartographie automatique (Maguire 1989), (Coppock et Rhind 1991), auquel Tobler va largement contribuer dans les décennies suivantes.

1960-1970 : Les développements parallèles

L'évolution technologique qui conduit à la « deuxième informatique » est symbolisée par la série 360 des ordinateurs IBM, beaucoup plus rapide et puissante, et surtout plus universelle, puisque tous les programmes développés sur une machine de la série pouvaient tourner sur une autre, ce qui n'était pas le cas auparavant. En 1957 a été mis au point le premier langage universel, le FORTRAN, qui libère le programmeur du fastidieux codage en langage machine. Même si les ordinateurs restent très coûteux, ces innovations expliquent la diffusion rapide des technologies informatiques dans les centres de recherche américains en géographie. On peut repérer trois courants parallèles.

Une réflexion globale sur l'informatique géographique

Une des premières réflexions spéculatives sur l'informatique en géographie est celle de L.T. Reinwald au meeting annuel de *The Association of American Geographers* en août 1961 sur le thème "un ordinateur pour le géographe", cité par Kao (op. cit.). Mais l'article que Kao lui-même publie dans la *Geographical Review* en 1963 essaie d'anticiper l'impact que vont avoir les futurs ordinateurs rapides sur la recherche géographique. Dans la lignée de Hägerstrand il montre que les méthodes anciennes d'organisation de l'information vont devoir être remises en cause. Dans le cas des données censitaires ou des tableaux statistiques en général, les ordinateurs vont conduire à relier systématiquement l'information localisante (portée par la carte) à l'information descriptive (portée par les tableaux). Dans le cas de l'information cadastrale, il sera nécessaire de proposer un repérage systématique sous forme de coordonnées pour décrire les objets. Kao établit aussi une liste des sujets de recherche à mener dans le

domaine de l'informatique géographique : le changement automatique de projection pour les cartes, la reconnaissance de motifs spatiaux sur les photographies aériennes. Le développement de l'usage des ordinateurs en géographie lui semble aussi nécessiter la réalisation d'un système cartographique universel, avec des coordonnées géographiques de référence permettant de localiser tous les objets géographiques, dans toutes les applications, civiles et militaires, nationales et internationales.

Kao distingue deux grands types d'analyse géographique posant des problèmes différents du point de vue informatique. Les problèmes de type comptable (*bookkeeping*) sont ceux qui se posent dans un environnement stable, où le traitement de données passées peut être déconnecté de l'instant présent. L'ordinateur est utilisé pour décrire, analyser et éventuellement simuler l'évolution d'un système à partir d'un jeu de données existant. Les fonctions dominantes sont du type stockage-interrogation associées à des calculs statistiques. Les problèmes que Kao dit relever du type calcul (*computation*) sont ceux où la gestion du présent ou du futur proche nécessite, en temps réel ou quasi, le traitement continu de données passées à la lumière de nouvelles données. Ce type de situation à environnement très dynamique caractérise les applications de météorologie ou de navigation. Comme à l'époque les coûts de stockage des données des nouveaux ordinateurs sont élevés alors que les coûts de calcul sont plus faibles, Kao parie, de manière un peu hasardeuse peut-on dire rétrospectivement, sur le développement accéléré du deuxième type d'applications. Enfin Kao s'essaye à distinguer les types d'utilisateurs. Il lui semble que les utilisateurs typiques sont ceux des sciences de la terre. Il classe donc ces dernières en fonction du type de problème informatique dont elles relèvent plus directement : comptables (paléontologie, géologie, géophysique), intermédiaires (océanologie, sismologie, météorologie), calculs (photogrammétrie, reconnaissance satellitaire, simulation en temps réel, guidage et navigation). Kao renonce à classer la géographie elle-même, étant donné la grande variété des études que le terme recouvre.

Kao est en relation avec le groupe de géographie de la Washington School. Son article sera d'ailleurs repris intégralement cinq ans plus tard, dans la collection d'articles que Berry et Marble consacrent à l'affirmation de la géographie statistique, et qui reprend d'ailleurs des articles de Tobler et Hägerstrand (Berry et Marble 1968). Dans ce recueil, c'est le seul article consacré aux techniques informatiques. Kao contribue d'ailleurs en 1967 au livre de Garrison et Marble sur la géographie quantitative (Garrison et Marble 1967). Même si le fond théorique est toujours celui de la géographie quantitative, l'article de Kao montre une première tentative d'appréhender globalement la place des techniques informatiques en géographie, en dressant la liste de problèmes communs et en établissant des types d'usage. Il illustre aussi la difficulté de cette tentative d'approche globale dans une discipline aux intérêts larges et aux pratiques diversifiées. Sa typologie d'application recoupe assez largement une opposition entre les approches actuelles de type base de données et modélisation/simulation.

Tout en refusant de produire « un essai philosophique sur la place du géographe dans l'âge futur du traitement automatique de l'information » Hägerstrand écrit un article en 1967 qui sera au départ de l'intérêt de nombreux géographes pour l'informatique. Il voit trois grandes utilisations possibles de l'ordinateur en géographie : la cartographie descriptive, les traitements analytiques (indices, échantillons, corrélations, classification), et la modélisation de processus aussi bien en géographie physique qu'humaine (Hägerstrand 1967). Cet intérêt pour l'informatique reste cependant très minoritaire dans la géographie académique de l'époque, comme le rappelle Tomlinson à propos de la géographie britannique (Tomlinson 1988).

Les premières bases de données géographiques

Garrison et ses étudiants ont développé nombre de méthodes quantitatives, statistiques et d'analyse spatiale devenues classiques en géographie. Selon Tomlinson ils travaillaient toutefois sur des jeux de données de taille limitée, souvent non spatialisés, et constitués la plupart du temps pour répondre à des questions théoriques (Tomlinson 1988). Son objectif, en jetant les bases en 1960 de ce qui deviendra le Canada Geographic Information System (CGIS), est de créer un système informatique capable de stocker un gros volume de données cartographiques sur un vaste espace (le Canada). Il s'agit de produire de manière systématique un grand nombre de cartes au 1:250 000 au moyen de traitements répétitifs. Le système rassemble de multiples données sur l'utilisation du sol couvrant l'ensemble des zones habitées du Canada, avec l'objectif initial de pouvoir répondre à des besoins de planification. La construction de la base de données est longue. Tomlinson quitte le projet en 1969, avant que celui-ci ne soit vraiment opérationnel. Ce sera le cas autour de 1971 et le CGIS restera jusqu'à la fin des années quatre-vingt la plus importante des bases de données cartographiques mises en œuvre. Selon Coppock et Rhind (1991) sa réussite technique l'emporte sur sa réussite opérationnelle. Outre que c'est la première fois que le terme de GIS fut employé, elle fut l'occasion d'innovations dans le domaine du matériel, grâce au partenariat d'IBM. La numérisation des cartes s'est faite grâce à la mise au point de scanners à rouleau en complément de tables à digitaliser. Mais le Canada GIS fut aussi le champ d'expérience de nombreuses innovations conceptuelles comme la vectorisation automatique, l'organisation en couches, la structure topologique et l'indexation des données ... (Goodchild, Kemp et al. 1990). Les retombées pratiques du système pour la gestion et la planification furent, semble-t-il, beaucoup plus limitées. C'est dû à la fois au caractère très innovant des techniques mises en œuvre dans un contexte technologique limité et à de multiples problèmes d'organisation du service d'autre part.

L'expérience du CGIS se situe à la marge du champ d'investigation que nous avons délimité pour notre recherche. Tomlinson n'est pas un géographe académique et le CGIS est un projet mené par une agence officielle (l'Agricultural Rehabilitation and Development Administration, au départ), en liaison avec une grande compagnie informatique. Mais Tomlinson, passé dès 1969 dans le privé, devient dans les années soixante-dix un consultant et un animateur important du domaine naissant des SIG y compris dans le domaine académique (GIS WORLD 1996).

Le CGIS naît au moment où comme le dit Tomlinson lui-même, les ordinateurs deviennent des processeurs d'information en plus de leur fonction de calculateur (Tomlinson 1988). Par ses caractéristiques, il préfigure les grandes bases de données spatiales portées par des autorités politiques locales ou régionales et s'avère bien être le premier SIG, au sens plein du terme, c'est à dire groupant des ressources informatiques (matériel et logiciel), une base de données et des ressources organisationnelles pour répondre à une finalité précise.

L'apparition des programmes spécialisés en statistique et analyse de données ...

Les ordinateurs à vitesse de calcul rapide de la deuxième informatique font apparaître dans le quotidien des géographes un nouveau type d'objets : les programmes informatiques spécialisés permettant de réaliser des tâches spécifiques de traitement des données géographiques. La manière dont ces programmes sont conçus et écrits peut varier. La programmation informatique reste à cette époque une tâche de spécialiste. Mais le programme devient un instrument de travail quotidien. Au milieu des années soixante, les analyses statistiques de données sophistiquées (analyses de régression, analyses factorielles, classifications automatiques) deviennent courantes dans la plupart des sciences. Les méthodes statistiques étaient connues depuis de nombreuses années (le début du siècle pour la régression, les années trente pour l'analyse en composantes principales et l'analyse canonique). Mais jusqu'aux années cinquante

la complexité et la masse des calculs étaient telles que les praticiens des différentes disciplines ne pouvaient les utiliser pratiquement que sur des jeux de données très réduits. C'est l'apparition de l'informatique, qui met à la disposition des utilisateurs ces outils théoriques. Les méthodes d'analyse des données ne sont pas spécifiquement géographiques. Si les données à traiter concernent des entités géographiques, la dimension spatiale de celles-ci n'est pas prise en compte. Il s'agit de séries d'observations, formant échantillon ou population, comme n'importe quel échantillon ou population statistique. On a vu que les premiers travaux des géographes américains remontent à la fin des années 50 (Berry 1958). Les géographes utilisent donc soit des outils développés dans d'autres champs scientifiques, soit des programmes qu'ils développent eux-mêmes. Dans leur manuel de géographie quantitative, les quelques pages que Cole et King (Cole et King 1968) consacrent aux ordinateurs se trouvent dans le paragraphe *Calcul* du chapitre mathématique. Après avoir passé en revue les différents types de machines à calculer mécaniques et électroniques, les auteurs définissent le fonctionnement des ordinateurs électroniques. Dans cette optique de calcul, l'effet de l'ordinateur est essentiellement évalué en terme de rapidité. Une analyse factorielle portant sur 6 individus et 10 variables, a pris 2 minutes et coûté 15 £ avec le "relativement petit" ordinateur de la Nottingham University, alors qu'elle aurait nécessité des années de calcul pour une personne utilisant une machine à calculer mécanique (*op. cit.* p. 62). Rien n'est dit du travail de programmation et des langages dans lesquels se matérialisent ces techniques d'analyse de données. Pour les auteurs, la diffusion de l'informatique chez les géographes ne peut être que lente, comme elle l'est chez les géologues. Cela s'explique dans les deux cas par une formation essentiellement qualitative qui les rend réticents à accepter des méthodes quantitatives plus rigoureuses. Si les auteurs de la géographie quantitative citent l'article théorique de Kao, déjà mentionné, ils ne semblent pas connaître les approches de bases de données cartographiques du type du CGIS de Tomlinson.

... en cartographie automatique, ...

La question se pose autrement pour les programmes de cartographie automatique qui apparaissent parallèlement dans un contexte de recherche géographique. Ceux-ci sont conçus et programmés dans un contexte disciplinaire plus proche de la géographie. Les outils informatiques pour la cartographie sont encore à inventer. Bien sûr la géographie académique n'est pas la seule à se poser la question de l'automatisation de la cartographie automatique. Les agences nationales cartographiques sont concernées très fortement, un projet comme le CGIS suffit à en témoigner. Mais un travail de conception très important est fourni à cette époque dans les universités américaines. Howard Fischer, architecte et urbaniste, obtient un important financement de la fondation Ford pour développer en 1965 son programme de cartographie automatique SYMAP pour (Synagraphic MAPPING System)¹ au Laboratory of Computer Graphics de l'Université de Harvard, qu'il fonde en 1966.

SYMAP propose de multiples fonctions de cartographie par plages ou par isolignes. Son fonctionnement est grandement déterminé par les caractéristiques matérielles des ordinateurs de l'époque. Il travaille bien sûr en mode "batch" (temps différé). La saisie des données se fait au moyen de cartes perforées, confiées à un opérateur et qui reviennent plus tard accompagnées d'un listing de sortie. Le format de données, contraint par la place des 80 caractères de la carte, apparaît, surtout vu rétrospectivement, comme rigoureux mais très lourd. La localisation des entités géographiques se fait dans un système de coordonnées en unité de distance de la page, à partir du haut et du bord gauche (selon une logique d'impression qui allait de bas en haut) et donc inversé par rapport aux coordonnées géographiques dans l'hémisphère nord (Mather 1991, pp. 119-125). La diffusion de SYMAP est très rapide. Dès 1967, il traverse l'Atlantique, pour

¹ Synagraphic viendrait du grec synagein, qui signifie rassembler (Burrough 1986)

être utilisé à l'Université Edimbourg (Mather, op. cit. p. 120). Il est diffusé dans 500 institutions dans le monde jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, sans compter le marché pirate (Chrisman 1988). En France, l'Université de Strasbourg en est équipée par exemple dès les années soixante-dix. Le Harvard Laboratory of Computer Graphics, à l'intitulé duquel sera ajouté dans un second temps *and Spatial Analysis* crée ensuite d'autres produits : SYMVU pour les vues tridimensionnelles et CALFORM pour dessiner des cartes choroplètes sur traceur, permettant des sorties de meilleure qualité.

D. Sinton reprend le module de SYMAP d'impression en mode raster, pour en faire le cœur d'un système de stockage des données cartographiques dans des cellules d'une grille. Les traitements de combinaison cartographiques se font alors par combinaison de grilles correspondant aux différents thèmes (Chrisman 1998), (Coppock et Rhind 1991). GRID n'est utilisable qu'au moyen d'une programmation en langage FORTRAN. Sinton développera ensuite IMGIRID, une version utilisable à travers un système de mots-clés, qui en facilite l'usage par des non informaticiens (Faust 1998) (Steinitz 1993). La saisie de données se fait au moyen d'une grille en plastique puis d'un codage manuel. Ce programme n'est pas utilisé dans un contexte directement géographique. Il n'y avait d'ailleurs pas de département de Géographie à Harvard à cette époque (Mark, Chrisman et al. 1997) (Chrisman 1988). Mais il répond aux besoins divers d'analyse de paysagistes, de planificateurs régionaux et d'environnementalistes (Steinitz, op.cit.). Le Laboratoire est aussi le lieu de passage d'étudiants et de collaborateurs qui contribueront largement au développement des SIG aux États-Unis.

... et en télédétection

Le développement de l'industrie spatiale dans les années soixante a conduit à l'utilisation de l'informatique pour gérer les données captées par les satellites. Bien que les capacités mémoire de l'époque soient peu adaptées au stockage des données volumineuses de télédétection, des programmes spécialisés sont créés dès le milieu des années soixante en pariant que l'augmentation régulière de la puissance des ordinateurs en ferait bientôt l'outil de traitement idéal des données de télédétection. Ce développement se fait essentiellement à la NASA et avec des spécialistes de disciplines diverses mais il a aussi mobilisé des géographes (Estes et Jensen 1998) (Faust 1998). Le lancement en 1972 du premier satellite d'observation de la terre ERTS (Earth Resources Technology Satellite), bientôt rebaptisé Landsat, et la mise à la disposition régulière de la communauté scientifique des images numériques de la surface terrestre conduisent à une accélération de ce développement, qui reprend les concepts raster du programme IMGIRID pour gérer ces images en les adaptant à la nature multispectrale des données.

1970-1985 : La "diffusion latérale" de la technologie

Du point de vue des techniques informatiques, cette période est marquée par de nombreuses innovations. Dès la fin de années soixante arrivent les premiers mini-ordinateurs, plus petits et moins chers, qui vont conduire à une diffusion rapide de l'informatique dans les entreprises et dans les universités ; De nouveaux langages de programmation structurée apparaissent en même temps. Même si les services de planification gestionnaires d'information géographique privilégient les logiciels de cartographie sur gros ordinateurs, souvent écrits en FORTRAN (Shneider 1979), ces évolutions techniques vont faciliter la diffusion des outils informatiques en géographie comme ailleurs. Va jouer aussi dans ce sens le fait que l'interface par terminal clavier-écran remplace progressivement les cartes perforées. La diffusion des traceurs à plume qui offrent des capacités graphiques supérieures aux imprimantes ligne à ligne essentiellement utilisées jusque là vont donner des rendus cartographiques plus satisfaisants pour les utilisateurs.

Sous le terme de diffusion latérale, Tomlinson (1988) résume bien ce qui se passe dans les années soixante-dix dans l'informatique géographique: « peu d'innovation, mais plus de pays, plus d'institutions et plus de personnes impliquées ». Les grandes inventions technologiques de l'informatique en géographie des années soixante se diffusent dans le monde et dans la société à la faveur du déploiement des ordinateurs à microprocesseurs, puis, à partir de la fin des années soixante-dix, de la vague de la micro-informatique. La baisse des coûts des ordinateurs, et les nouveaux outils de programmation accroissent le nombre de programmeurs. On assiste à un foisonnement d'initiatives parallèles et non concertées, dans la sphère publique comme dans les universités.

La multiplication des bases de données cartographiques

L'expérience du CGIS canadien servira longtemps de référence aux initiatives dans ce domaine, même si à l'époque de son développement, il était peu connu des autres acteurs du secteur. De nombreux autres systèmes d'information comparables sont mis en oeuvre dans les années 70 auxquels participent des géographes académiques. Le Minnesota Land Management Information System, un des plus connus, a l'originalité de rassembler The Center for Urban and Regional Affairs (CURA) de l'Université du Minnesota et une autorité d'aménagement, la Minnesota State Planning Agency. D'après Mark, Chrisman et al. (1997), le système connaît un développement important, malgré une faible résolution dans la description de l'espace géographique au moyen de cellules de 16 ha environ chacune. Il est profitablement utilisé dans de réelles procédures de gestion. En fait nombre d'autres opérations du même type se soldent par des échecs, comme le Land Use and Natural Resources (LUNR) de l'Etat de New-York (Marble 1987). Selon Tomlinson (1987), les causes les plus fréquentes en sont la volonté de développer à chaque fois des outils informatiques complètement nouveaux. Tomlinson, cité par Coppock et Rhind, évalue le nombre de ces bases de données à plus de 1000 au début des années quatre-vingt en Amérique du Nord. Selon Marble (1987), dans la première moitié de la période toutes ces bases de données sont fondées sur un développement de programmes spécifiques. Dans la deuxième moitié, elles s'appuient sur des progiciels (*turnkey systems*), développés souvent par des sociétés privées.

Le développement de programmes informatiques

Les années soixante-dix aux États-Unis sont en effet marquées par la multiplication des programmes développés spécifiquement pour répondre à des besoins de cartographie et de gestion de données géographiques. Chrisman (1988) raconte le sentiment qu'il eut en 1974 de découvrir d'un seul coup que de nombreuses équipes travaillaient sur les mêmes thèmes que lui. Plus de 500 composants logiciels différents de traitement de données spatiales auraient été comptés aux États-Unis en 1976 (Marble, cité par Coppock et Rhind, *op. cit.*). Ce développement se fait maintenant dans trois contextes distincts, même si des passerelles étroites les relient : les laboratoires universitaires, les sociétés privées qui se créent à l'époque et les institutions publiques qui construisent leurs propres bases de données.

L'apparition des sociétés privées d'informatique géographique

Le Harvard Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis s'avère une véritable pépinière d'entreprises. J. Dangermond y est passé avant de développer commercialement les idées originelles de Fischer à travers la fondation de la société ESRI (Environmental System Research Institute), qui deviendra le leader mondial sur le marché des logiciels SIG. Sinton qui avait développé les premières versions de GRID participe à la fondation d'Intergraph, qui deviendra "l'autre leader". Au Harvard Laboratory dans les années 70 a été mis au point ODISSEY, un système prototype prenant en charge la dimension topologique dans les structures

de données cartographiques en mode vecteur. Au début des années 80, une partie significative des concepteurs/programmeurs quittent le laboratoire pour travailler chez ESRI au développement du logiciel ARC/INFO. GRID a lui aussi donné naissance à de nombreux descendants académiques et commerciaux. Tomlin y a ajouté des fonctions et créé pour sa thèse son propre logiciel MAP (Map Analysis package) et conceptualisé un langage générique d'algèbre de carte (Chrisman 1998) (Tomlin 1990). Sur cette base conceptuelle de nombreux logiciels commerciaux ou universitaires seront produits : Map II, puis MF Works, Spans et Idrisi. ERDASS, autre logiciel leader, dans le traitement d'image et la télédétection cette fois, est issu en 1980 du Harvard Laboratory (Chrisman, 1988, op. cit.) (Faust 1998).

La structuration d'un champ de recherche déterminé

La décennie soixante-dix est marquée dans les pays anglo-saxons par la structuration d'un champ de recherche sur le thème de la cartographie automatique. Alors que ces questions étaient souvent traitées dans les colloques généraux de cartographie, une intense activité de rencontres et de séminaires spécifiques sur la cartographie automatique se développe, dont un exemple connu est la série des symposiums AUTO-CARTO, qui continue d'ailleurs aujourd'hui (Chrisman 1988). Des cours se mettent en place dans les universités. En 1982 paraît un manuel de cartographie assistée par ordinateur, présentant les principes et des applications fondées sur des programmes utilisables couramment, CMAP et SYMAP (Monmonier 1982). Dans le même temps que se multiplient des initiatives dispersées, une réflexion collective se met en place. Le passage de la cartographie automatique aux SIG se fera dans un second temps.

Ce rapide survol de 30 ans d'utilisation de l'informatique géographique en Amérique du Nord met bien en évidence quelques phénomènes généraux. D'abord il apparaît clairement que les cartographes et géographes américains ont joué un rôle important dans le développement d'outils informatiques pour la gestion de données spatiales. Les contributions des autres sphères de la recherche et de la technologie, que nous avons provisoirement laissées de côté, sont cruciales (informatique, dessin assisté par ordinateur, gestion des réseaux techniques, industrie spatiale, méthodes de construction de la cartographie de base ...). Mais la contribution conceptuelle et technique d'individus se réclamant d'un lien à la géographie académique, qu'ils aient poursuivi ou non leur carrière dans la recherche ou l'enseignement, est aussi fondamentale. L'informatique géographique s'invente en grande partie à l'occasion de PhD ou de travaux de Post-doc en géographie.

Le second enseignement est la très précoce diversité des contextes dans lesquels se font les recherches. On voit très tôt courir en parallèle de multiples méthodes : analyse quantitative, analyse qualitative, modélisation, cartographie descriptive, télédétection, planification régionale... de nombreux courants de la géographie sont là dès le départ. On constate aussi dès le début la mise en regard des nouveaux outils de traitements avec la question de l'organisation de grandes bases de données. Elle se pose dans un contexte prioritairement technique pour le CGIS de Tomlinson. Les deux textes de Hägerstrand de 1955 et 1967 l'abordent d'un point de vue plus analytique. En démontrant l'intérêt de l'ordinateur pour la cartographie descriptive, l'analyse et la modélisation, il est confronté au problème amont des données disponibles. Son département a un fort intérêt à la fois en géographie sociale et en aménagement. Il milite (depuis dix ans dit-il, en signalant son article de 1955) pour que les opérations de collecte d'information statistique et de production de carte soient vues comme deux aspects d'une même fonction. Il propose donc une transformation du système statistique suédois de la population, des taxes, de l'utilisation du sol ou du foncier. Celui-ci est en effet organisé autour d'un identifiant de parcelle cadastral, très ancien et malcommode, qui limite toute utilisation cartographique

systématique. Il préconise de prendre comme identifiant un codage (x,y) de chaque point centroïde des parcelles cadastrales, ce qui permettrait par ordinateur de cartographier en continu tous les phénomènes, y compris par exemple les migrations, à partir des registres individuels de population. Ce système participe de l'application de sa célèbre Time Geography. Hägerstrand est conscient du risque d'atteinte à la vie privée du système qu'il propose. Il répond en deux points. Le premier est que l'objectif n'est pas une cartographie au niveau de l'individu, mais par agrégation des données, plus aisée que celle proposée par les publications statistiques existantes. Le second est qu'il s'agit d'informatiser des données déjà accessibles aux chercheurs, ce qui est admis par la culture suédoise qui conçoit que plus l'information est disponible, plus est facilité le contrôle de l'intérêt public des décisions par le citoyen. Cet argument de la transparence est discutable, contexte suédois ou non, et le sera de plus en plus au fur et à mesure que les bases de données s'informatiseront. La question de l'organisation spatiale de grandes bases de données spatiales se pose dès les années soixante comme une question politique, même à travers un article proposant des méthodes d'analyse spatiale.

La mise en œuvre d'outils informatiques s'accompagne de problèmes pratiques lourds qui demandent une grande énergie. Il faut disposer de matériels chers et complexes à mettre en œuvre, passer un temps infini à acquérir des données, disposer de compétences techniques rares pour développer des programmes. La lecture des différents témoignages montre qu'on trouve dès le début les questions de fond qui se sont posées ensuite. L'instrumentation informatique de la géographie génère des coûts d'exploitation importants et place les chercheurs dans une dépendance vis-à-vis des sponsors et des commanditaires. Laboratoires universitaires et sociétés privées sont simultanément partenaires et concurrentes et il existe maintes passerelles entre les deux systèmes.

Ce nouveau domaine de recherche est à la fois fondamental et complètement appliqué. La situation du Harvard Laboratory est exemplaire. D'après (Chrisman 1998), l'idée de Fischer est d'inventer un nouveau type de système, fondé sur la métacartographie (très) théorique du géographe suédois Bunge (1962). Il est directement utilisé de manière très appliquée par les "Landscape Architects" pour produire des plans régionaux à destination d'agences locales ; ceux-ci feront émerger en retour de nouvelles fonctionnalités génériques à partir de leurs besoins propres. Enfin les compétences nécessitées par les géographes sont très spécifiques. Même si Chrisman remarque qu'il était possible alors à un géographe autodidacte en programmation informatique de créer des outils de cartographie importants, la question de la compétence technique se pose aussi très tôt. Au Harvard Laboratory, une révolte des étudiants s'organise en 1973 sur le thème : « Nous sommes là pour apprendre la conception paysagère et la planification régionale et pas le FORTRAN et la manipulation ennuyeuse de données spatiales », accompagné du slogan « Forget computer and get back to the basics ! » (Jordan et Rado 1998), (Faust 1998). Le développement d'une version plus accessible et interactive de GRID répondit semble-t-il avec succès au problème. Mais, trente ans après, ce slogan n'est pas complètement dépassé, même si les ordinateurs n'ont plus rien à voir avec ceux de 1973.

Dans ces années, les avantages attendus d'un investissement informatique sont lointains. Automatisation des tâches, rapidité d'exécution, facilité de mise à jour, on attend de ces outils qu'ils changent les manières de travailler mais aussi qu'ils rendent possibles de nouveaux traitements et de nouvelles pratiques en modélisation, visualisation, simulation utilisables dans la planification. Mais les résultats concrets limités que permet l'informatique de cette époque peinent à convaincre au-delà du cercle des passionnés et des convaincus.

1.3. L'informatique dans la recherche géographique française avant la géomatique

Les différentes sources concordent pour dire que l'utilisation de l'ordinateur apparaît dans la géographie française dès le début de la période de "diffusion latérale" vers 1970 (Wieber 1980; Guermond 1995). Mais pour reconstituer les canaux par lesquels les outils informatiques se sont diffusés dans la géographie française nous ne disposons pas du nombre et de la diversité des récits et synthèses qui existent pour la géographie nord-américaine ou même britannique (Rhind 1977; Rhind 1998). Un recueil systématique de la littérature blanche et grise et une enquête par entretien auprès des chercheurs qui ont participé à ce mouvement devraient être réalisés avant de procéder à une synthèse. Toujours dans le cadre d'une première analyse exploratoire, nous nous appuyons uniquement sur quelques publications clés pour reconstruire les grandes lignes du développement des techniques informatiques dans la géographie académique française.

L'ordinateur, outil de la révolution quantitative

L'émergence de la géographie quantitative française

Il y a coïncidence, au début des années soixante-dix entre le développement des méthodes statistiques en géographie et la diffusion des ordinateurs. Ceux-ci sont d'abord utilisés comme de gros calculateurs, permettant de traiter de gros tableaux de chiffres, impossibles à traiter par un calcul "papier" (Guermond 1995). Les chercheurs travaillant sur ordinateur sont souvent membres de la Commission de Géographie théorique et quantitative créée suite aux efforts de S. Rimbart en 1975 (Wieber 1980). Quand Wieber fait en 1980 le bilan de la décennie passée en géographie quantitative, il lie indissolublement le développement de cette dernière à l'accès aux moyens modernes de calcul : « L'essor de la pratique quantitative dans la géographie française est contemporain d'une extension et d'une amélioration des équipements informatiques des Universités. ». Bien sûr d'autres facteurs sont autant ou plus explicatifs dans le développement des techniques quantitatives à partir de 1970. La découverte de la "science spatiale" des géographes anglo-saxons est certainement le principal. Elle se fait à travers plusieurs voies, dont au moins trois sont aisément repérables : le travail de présentation des travaux théoriques en langue anglaise effectué par P. Claval depuis plusieurs années, les publications en français de géographes travaillant au Canada avec les méthodes nord-américaines d'analyse des données (Racine et Reymond 1973) et la traduction en 1973 du livre de Haggett sur l'analyse spatiale, 8 ans après la première édition britannique (Haggett 1973). La géographie quantitative française se constitue dans le contexte intellectuel de la diffusion de la New Geography anglo-saxonne. Certes, dès le début, P. Claval souligne que l'opposition entre géographie traditionnelle et Nouvelle Géographie ne peut se réduire à une opposition entre méthodes qualitatives et approximatives et méthodes quantitatives et rigoureuses (et donc encore moins entre méthodes manuelles et méthodes informatiques). Pour Claval, la "nouvelle géographie" se traduit d'abord par une exigence théorique répondant à une nécessité de compréhension plus profonde des phénomènes. Il faut alors raisonner en s'appuyant sur une formalisation mathématique et vérifier ses hypothèses au moyen de procédures statistiques. « Sans les progrès de la réflexion théorique, les ordinateurs les plus puissants ne serviraient encore sans doute qu'à parfaire des typologies dont l'utilité est douteuse. Les moyens de calcul puissants permettent en revanche de procéder à de véritables vérifications des hypothèses mises en avant par les théoriciens, et rendent nécessaires les remises en cause perpétuelles des schémas généraux d'explication, sans lesquels il n'est pas possible de faire progresser la recherche. » (Claval 1972). Wieber relève que pour le plus grand nombre des géographes engagés dans Commission de Géographie théorique et quantitative, l'exemple de la nouvelle géographie est fondamental et que l'idée est de faire de la géographie « autrement ». L'accès à un ordinateur est donc une condition

nécessaire mais pas suffisante des pratiques quantitatives. Il faut pouvoir maîtriser les raisonnements et les méthodes en question. Cela demande une mise à niveau et un investissement personnel des géographes, pour qui la possession d'une culture mathématique est loin d'être la règle. Les premiers manuels de traitement statistique en géographie, comme celui du groupe Chadule en 1976, datent de cette époque (Chadule 1994).

La structuration de la recherche géographique quantitative

Les initiatives sont largement spontanées et ne sont liées ni à la taille des universités ni à la puissance de leurs ordinateurs. Il arrive qu'une équipe active en géographie quantitative coïncide avec un centre de calcul important. C'est le cas à Strasbourg ou à Paris. Mais l'équipe de Besançon, pourtant très active dans ce domaine, ne disposait jusqu'en 1975 que d'un « modeste I.B.M. 1130 » (Wieber, *op. cit.*). C'est qu'en effet l'accès à un ordinateur puissant ne suffit pas. La possibilité d'un dialogue avec les informaticiens, l'équipement en périphériques et une organisation locale favorable au travail informatique des non informaticiens sont primordiaux. Dans les années 70, Wieber distingue trois types de structures de recherche. Strasbourg est l'exemple du laboratoire de géographie quantitative qui possède un matériel propre, dont certains membres sont bien formés à la pratique mathématique et informatique et qui s'appuie sur une filière de formation spécifique. C'est un cas rare (quasi unique ?). Le second type est celui qui voit une équipe de géographes parfois réduite travailler avec un ou plusieurs mathématiciens, et dont l'efficacité est directement fonction de l'étroitesse de cette coopération. Wieber cite comme exemples : Rouen, Caen, Besançon, Paris 1 et Paris 7. Le troisième type est celui du chercheur isolé dans un Institut de Géographie qui travaille avec les informaticiens de son université (Metz, Tour et Saint-Etienne). Enfin une structure de regroupement très originale, le groupe Dupont fondé en 1971 à Avignon, réunit de jeunes géographes de tout le Sud-Est (Lyon, Grenoble, Avignon, Aix, Montpellier et Nice) travaillant en géographie théorique et quantitative. Il contribue à l'organisation de multiples stages, d'abord consacrés à l'analyse des données et au langage informatique puis à des outils plus spatio-temporaux. La diffusion des travaux emprunte largement le canal de la revue « l'Espace Géographique » créée en 1972, des Brouillons Dupont, de la revue de Nice « Analyse spatiale quantitative et appliquée », mais aussi de bon nombre de numéros spéciaux d'autres revues de géographie.

Dans les années soixante-dix, les domaines les plus concernés par ces recherches quantitatives sont la géographie urbaine, la géographie rurale, la géographie des transports, les structures régionales et l'aménagement, la climatologie, l'étude intégrée des milieux et des paysages, l'analyse des processus (énergie, eau) et les équilibres biogéographie et géomorphologie. Sont en retrait la géomorphologie et la géographie de la population, car, pour Wieber, elles se sont déjà dotées d'un appareillage technique et méthodologique, emprunté souvent à des sciences voisines¹. Parmi les techniques citées requérant l'usage de l'ordinateur, les méthodes les plus employées sont l'analyse statistiques uni- et bivariée, l'analyse des données et la classification automatique, ainsi que, dans une moindre mesure, les techniques de traitement d'enquêtes.

Les conséquences de l'usage de l'ordinateur

Ces années-là, l'ordinateur devient d'usage courant pour une minorité active de géographes. Peut-on en évaluer les conséquences sur leur travail scientifique ? On peut distinguer différents niveaux : les effets pratiques, les effets méthodologiques, les effets programmatiques et les

¹ (Charre 1996) note pourtant que, hormis la climatologie dans le sillage de Charles-Pierre Péguy, le recours aux méthodes quantitatives est toujours resté marginal dans la géographie physique française.

effets épistémologiques. Chacun de ces niveaux ayant bien entendu des répercussions sur les autres.

Au premier niveau, ce qui caractérise selon Wieber la géographie quantitative à cette époque est « l'habitude d'une pratique communautaire, d'un travail en équipe ». Si cette pratique s'explique vraisemblablement par le sentiment d'inventer collectivement une manière de faire de la géographie « autrement », on peut penser aussi que la logique de laboratoire, liée à la nécessité d'une forte instrumentation, n'est pas étrangère à ce sentiment collectif. Dans un autre contexte technique et culturel, Chrisman notait à la même époque que la cartographie numérique est une activité essentiellement collective (Chrisman 1988).

Au niveau méthodologique, l'ordinateur ne correspond pas toujours à une innovation pure. Dans bien des cas, son usage vient en concurrence de méthodes manuelles bien implantées. Il faudrait analyser finement la manière dont il transforme ou remplace ces méthodes. Le cas de la technique des matrices ordonnables est intéressant de ce point de vue. Mise au point en 1967 par J. Bertin, elle est assez largement utilisée au début des années 70 en géographie et cartographie pour classer et analyser l'information. Les méthodes d'analyse multivariée sur ordinateur viennent directement concurrencer cette méthode d'analyse visuelle fondée sur la manipulation manuelle d'un matériel spécifique. Un dossier spécial de l'Espace Géographique est consacré à la comparaison des avantages et inconvénients des deux méthodes (Brocard, Pumain et al. 1977). Celles-ci donnent des résultats comparables mais les matrices ordonnables apparaissent plus intuitives alors que les méthodes de calcul nécessitent une culture mathématique minimale pour être comprises. L'utilisation des matrices ordonnables peut cependant être biaisée par des effets de perception et par l'ordre que suit le chercheur dans ses manipulations alors que les méthodes de l'Analyse multivariée sont explicites et leur emploi un peu moins subjectif. Pour Brunet, le seul avantage de la matrice ordonnable est son caractère exploratoire : les manipulations permettent à l'utilisateur d'apprendre à bien connaître son jeu de données et de construire intuitivement des hypothèses de rapprochement entre individus et variables. Il est alors possible de vérifier ces hypothèses avec des traitements automatiques (Brunet 1977). L'informatisation des matrices ordonnables avait été envisagée par l'équipe de J. Bertin en 1970-72, mais abandonnée à cause des capacités trop limitées des écrans cathodiques de l'époque (Chauviré 1977). L'abandon définitif du projet d'informatisation des matrices en 1975 pénalise durablement leur utilisation dans la recherche. Alors que la composante des variables visuelles de la théorie de la sémiologie graphique connaît une grande diffusion, la composante traitement de l'information représentée par les matrices ordonnables reste confidentielle (Bonin 1997). Même l'apparition (tardive) dans les années 90 des techniques des matrices Bertin sur micro-ordinateurs, qui les rend pourtant réellement utilisables dans une logique exploratoire et les associe à des outils cartographiques, ne donne pas le renouveau attendu à une technique qui aura ainsi raté son passage à l'informatique (Baudoin 1997).

On peut aussi expliquer certains changements de programmes de recherche inattendus par l'informatique. Si l'on suit Pumain, Saint-Julien et al. (1983) l'utilisation de l'ordinateur dans les études intra-urbaines a ainsi conduit les géographes, vraisemblablement pour des raisons de facilité d'accès aux données, à des problématiques très différentes de la géographie classique et plus proches d'une géographie sociale alors en constitution. L'attention portée aux comportements et aux représentations des acteurs de la ville les auraient alors progressivement détourné de l'usage de l'ordinateur, de l'analyse statistique et de la modélisation¹.

¹ C'est notre cas par exemple. Alors que notre mémoire de maîtrise à Besançon en 1980 portait sur une analyse des acquisitions foncières de la Ville au moyen d'outils d'analyse des données, nous avons bifurqué l'année d'après vers une problématique de géographie sociale abordée de manière exclusivement "qualitative".

Enfin l'usage de l'informatique a été, toujours de manière sous-jacente, lié à des débats de fonds à propos de la géographie. Nous laisserons de côté pour l'instant le débat sur la validité même des techniques quantitatives en géographie, qui est pourtant très important à l'époque et qui complique l'action des "quantitativistes" comme le regrette Wieber. Il est en partie lié à des questions non conjoncturelles et mérite d'être étudié pour lui-même. Les critiques viennent du côté de la géographie traditionnelle qui dénonce la déformation de l'esprit géographique que les techniques quantitatives induisent et l'inadéquation des instruments utilisés pour répondre aux problèmes posés (Wieber, *op.cit.*). Mais elle est portée aussi par les tenants des approches marxistes et comportementales qui délaissent dans les années soixante-dix, pour diverses raisons, toutes les méthodes d'analyse des tableaux de chiffres au moyen d'ordinateurs, accusés « d'autonomiser l'espace » (Pumain, Saint-Julien et al. 1983).

Cartographie automatique et système d'information

Dans son rapport de 1980, Wieber mentionne l'utilisation dans la géographie quantitative française des trois grandes activités traditionnelles de l'ordinateur déjà pointées en 1967 par Hägerstrand : analyse des données, modélisation et cartographie automatique. La première domine les activités des années soixante-dix. La seconde, dont l'ordinateur est un outil essentiel, reste encore peu développée avant les années 80 (Pumain, Saint-Julien et al.). Si le test de différents modèles (lieux centraux, loi rang-taille, ...) a été effectué, la fabrication de modèles au moyen d'outils informatiques reste encore rare. La troisième vient en retrait dans ces années là, selon Wieber peut-être à cause des équipements spécifiques qu'elle requiert.

La cartographie automatique

Il convient de définir ce qu'on entend par cartographie automatique car le terme est ambigu. Un terme plus juste, mais peu employé car l'acronyme était déjà pris, serait Cartographie Assistée par Ordinateur, qui correspond au Computer Assisted Cartography (CAD) anglais. S. Rimbart utilise parfois CGAO (Cartographie et Géographie Assistées par Ordinateur). L'objectif n'est pas de faire réaliser les cartes finales par l'ordinateur — les techniques d'impression sont trop frustrées — mais de construire automatiquement des esquisses de cartes, des cartes de travail, avant de dessiner les cartes définitives. En France, les cartographes de ces années là étaient réticents envers la cartographie automatique à cause de l'esthétique médiocre de ce qu'ils percevaient comme les cartes finales d'une production automatique. Il semble qu'aux Etats-Unis, cette réticence était plus faible et que des cartes "automatiques" accompagnaient parfois les publications (B. Dupuis, comm. pers.).

Un des laboratoires qui investit très tôt le domaine de la cartographie automatique est celui de Strasbourg où S. Rimbart, formée aux Etats-Unis, est très attentive à ce qui se passe outre-Atlantique. La première référence bibliographique que nous ayons trouvée dans la géographie francophone à propos des GIS américains se trouve d'ailleurs dans un numéro d'une revue québécoise de peu postérieure aux travaux anglo-saxons. L'article daté de 1969 est signé de Rimbart et Lengellé et présente sous le nom de Geo-Coding System un concept qui a toutes les caractéristiques d'un SIG et qui renvoie d'ailleurs explicitement aux premières applications au CGIS de Tomlinson et aux premières expérimentations du Harvard Laboratory (Rimbart et Lengellé 1969).

Dans cet article, l'objectif des auteurs est de défendre l'intérêt d'une cartographie automatique qui offre une plus grande rapidité dans l'élaboration et supprime les délais de plusieurs années qui existent alors entre la collecte des données et la publication des cartes. Les classifications automatiques permettent de simplifier les données et d'obtenir des cartes lisibles ne dépassant pas deux ou trois critères. Les fonctions de simulation permettent un dessin expérimental par

production rapide d'esquisses. L'article examine longuement les procédures de préparation de l'information et présente de manière précise les outils de numérisation, qu'il s'agisse de claviers de perforation ou des très récents digitaliseurs graphiques et d'impression comme les imprimantes ligne à ligne, les machines à écrire adaptées, les coordinatographes (ancêtres des digitaliseurs) et les écrans cathodiques. Ces outils ne sont cependant pas des « jouets à la portée de n'importe quel petit atelier cartographique, artisanal et individualiste. (...) On doit donc imaginer des services, par exemple régionaux, où les géographes devraient se préoccuper d'avoir une place » *Ibid.*.

Les bases de données géographiques

L'approche de S. Rimbart, théoricienne de la cartographie (Rimbart 1964) et de l'analyse spatiale (Cicéri, Bertrand et al. 1977) est donc très orientée vers les processus globaux de traitement de l'information. Sous son titre technique, le livre qu'elle écrit en 1976 avec C. Cauvin est un manuel complet de cartographie automatique qui couvre le champ des méthodes de numérisation, d'analyse spatiale, de rendu. Il prend en charge les différents aspects du travail : matériel, logiciel et structuration de données (Cauvin et Rimbart 1976). Cauvin et Rimbart suivent de près l'élaboration des premiers principes des banques de données cartographiques urbaines, routières et cadastrales officielles. Elles se préoccupent aussi de l'inexistence du souci de localisation dans les banques de données sectorielles de tout type qui se constituent dans ces années là : « gestion financière, gestion des stocks commerciaux de contrôle administratif, planification sectorielle, vérification médicale, etc. ». C'est dans un rapport de Sylvie Rimbart pour le Conseil de l'Europe de 1979 que nous avons trouvé pour la première fois dans la littérature géographique française, l'acronyme SIG pour mentionner au détour d'une phrase l'ouvrage de synthèse publié par Hägerstrand et Kuklinski (Rimbart 1979).

L'aide à la décision

S. Rimbart voit deux apports possibles de la « cartomatique » à l'aménagement et la planification. Le premier est l'aide à la décision. La « prévision spatiale » permet de construire des scénarios d'utilisation du sol, fondés sur des techniques d'analyse spatiale et de modélisation. Il convient de se préoccuper de la modélisation dès le stade initial de la collecte des observations : « à la limite, une "donnée" n'existe que si elle peut entrer dans un modèle. Sinon les renseignements collectés par enquêtes, recensements ou satellites restent de simples observations ». Elle insiste aussi sur l'importance de la visualisation dans l'analyse. L'intérêt de pouvoir faire varier les modes de représentation en fonction de stratégies diverses d'interrogation est mise explicitement en avant : « Le lecteur de cartes d'inventaire traditionnelles se trouvait devant des représentations imposées par un auteur lointain et souvent inconnu. Information et interprétation graphiques étaient choisies en dehors de lui, sans tenir compte de ses besoins particuliers. Il ne disposait d'aucun moyen rapide pour transformer "ce produit fini" et parfaitement figé, en une carte "à sa demande". Or le choix d'une représentation n'est pas neutre : l'impression visuelle que donne la vue globale d'une carte, et donc l'interprétation qui s'en suit, sont différentes suivant les procédés employés. Aussi son intuition et sa culture géographiques se trouvaient-elles, malgré lui, orientées vers certaines conclusions, tandis que certaines hypothèses restaient écartées » (*op. cit.* p. 3).

Peut-être optimiste, S. Rimbart considère que la question technique ne se pose pas et que les outils informatiques permettant de répondre aux principales interrogations sont déjà opérationnels à l'époque. Les freins qu'elle met en évidence sont d'un autre ordre. Le premier est la disponibilité de l'information. Les inventaires cartographiques d'origine très ancienne des différents états ne doivent pas seulement être retranscrits sous forme informatique, ils doivent être repensés pour un usage informatique : « Mais ce serait garder une vue très étroite des

possibilités informatiques, que de se contenter de remplacer le travail de plusieurs semaines de dessinateur artisanal par celui de quelques minutes d'opérateur d'imprimante électrostatique, pour aboutir aux mêmes "instantanés fixes" d'une certaine représentation de l'état des lieux, pourtant en perpétuel devenir. » Les problèmes de repérage, qu'on appellerait aujourd'hui le géoréférencement, sont aussi mis en avant, couplés avec la question des unités de références, car dans le contexte technique de l'époque, S. Rimbart envisage un géoréférencement par quadrillage de grille hectométrique ou kilométrique, dans la continuité des propositions d'Hägerstrand. Enfin la question de la mise à jour est abordée dans ses aspects techniques, utilisation des digitaliseurs, description des premiers scanners en insistant sur l'utilité de la télédétection encore récente.

Cette première analyse est très novatrice et anticipe une bonne partie du questionnement qui se déploiera plus tard à propos des SIG.

De la micro-informatique à la géomatique

Dans les années soixante-dix, le travail sur ordinateur passait par l'utilisation d'un langage de programmation, le plus souvent le langage FORTRAN. Les géographes pouvaient alors utiliser des *packages* statistiques tout faits comme BMDP (BioMeDical computer Program), adapter des programmes spécifiques, dont le code était fourni par des publications spécialisées telles que *Catmog* (Concepts and Techniques in Modern Geography) publié par le Quantitative Methods Study Group de l'Institute of British Geographers, ou en développer de nouveaux sur les ordinateurs des centres de calcul, souvent en collaboration avec les informaticiens (Guermond et Leduc 1975). La diffusion rapide des micro-ordinateurs au début des années 80 change la donne. Ceux-ci permettent une autonomie par rapport aux centres de calculs. Les interfaces clavier-écran donnent une interactivité bienvenue par rapport aux perforateurs/listings des mini-ordinateurs et surtout offrent des capacités graphiques nécessaires aux géographes. Ils s'accompagnent aussi d'autres langages de programmation, supposés être plus simples à apprendre comme le BASIC ou le PASCAL. Le travail d'implantation de modèles en est facilité. On voit se multiplier les travaux de modélisation à Paris (D. Pumain, L. Sanders) et à Rouen (Y. Guermond, M. Bussi, G. Lajoie).

Le développement de progiciels géographiques

Les progiciels sont des ensembles de programmes interreliés dans un tout cohérent pour répondre à un ensemble large de fonctions. Ils sont destinés à être utilisés par des spécialistes d'un champ d'application et non par des informaticiens. Les progiciels existent avant le développement de la micro-informatique mais le développement de celle-ci est largement fondé sur eux et va contribuer à les généraliser. Les différentes équipes qui s'étaient spécialisées dans des applications de géographie quantitatives vont développer des progiciels, soit pour répondre à des thématiques spécifiques, soit pour des objectifs plus généralistes.

Le logiciel *Cartel*, conçu et développé sous l'impulsion de S. Rimbart principalement par J. Hirsch à l'Université de Strasbourg, est plutôt spécialisé en télédétection. Dès le début des années 80, avant l'arrivée des IBM PC, P. Dumolard développe à Lyon un logiciel de cartographie sur micro-ordinateur. A Besançon, T. Brossard et D. Joly mettent au point pour leurs propres besoins un outil de cartographie et d'analyse statistique spatiale complémentaire des logiciels d'analyse des données développés dans leur laboratoire à la fin des années soixante-dix (Brossard et Tourneux 1986). Depuis la création du Laboratoire de micro-infographique en 1970, Rouen a toujours été un centre important en informatique géographique. Au début des années quatre-vingt, Y. Guermond crée des outils de cartographie et de base de données par carroyage, sur le principe duquel seront développées de nombreuses applications.

P. Langlois conçoit en 1985 un logiciel généraliste de cartographie automatique vectoriel écrit en Pascal et fonctionnant sur Apple 2 utilisable par des non informaticiens (Langlois 1984b; Langlois 1984a). Celui-ci donnera suite à un ensemble logiciel (EdiCart, EdiStat et AutoDigit), commercialisés par la société Edigraphie à la fin des années quatre-vingt. Toujours à Rouen, L. de Golbréry et A. Chappuis se consacrent au développement de logiciels de cartographie statistique appliquant rigoureusement les règles de la sémiologie graphique de Bertin qui sera mis sur le marché. P. Waniez développe des outils utilisables sur Macintosh qui seront distribués très largement (Waniez 1989). Un peu plus tard J. Charre et P. Dumolard créent un logiciel destiné aux étudiants et chercheurs en géographie et accompagné d'un manuel d'utilisation sous forme de livre, qui apparaît comme le pendant informatique du manuel statistique de Chadule (Charre et Dumolard 1989). Enfin l'informaticien M. Souris développe à l'ORSTOM depuis le début des années 80 TIGER, un "véritable" système d'information géographique à noyau SGBD (Système de Gestion de Base de Données), qui deviendra le système Savane (Souris 1986). Il existe certainement un grand nombre d'autres progiciels développés à la même époque¹.

Ce développement de progiciels est un phénomène très important. C'est une manière pour les géographes d'être indépendants et de ne pas dépendre de structures de données inadaptées à leurs besoins. Les outils développés répondent aux intérêts et modes de pensée des équipes de géographes qui les emploient et peuvent être adaptés en fonction de leurs problématiques. Les progiciels développés par les équipes de Besançon, de l'ORSTOM, de Rouen et de Strasbourg supportent très solidement les travaux de recherche de ces équipes. Enfin, ils contribuent à un progrès conceptuel et théorique : « Écrire (un logiciel de cartographie) oblige à une réflexion sur les objets spatiaux, sur les données spatiales, sur le travail du cartographe concernant les unes et les autres, sur les diverses formes de cartographie. » (Charre et Dumolard, *op.cit.*). Langlois tire une conclusion identique du développement d'EdiCart. La conception d'un progiciel oblige à réfléchir à une conception du monde, dans sa réalité matérielle et spatiale (Langlois 2001).

S'ils ont grandement contribué à la réflexion conceptuelle et aux applications pratiques, il est plus difficile d'évaluer leur rôle de vecteur de diffusion des techniques de l'informatique géographique. Ces logiciels développés pour la recherche sont souvent restés confinés, pour des raisons variables, dans les équipes qui les ont développés. Il est vrai que la diffusion et la maintenance d'un logiciel est un travail souvent très lourd. De plus la logique de fonctionnement des équipes de recherche ne favorise pas la fédération des initiatives. Beaucoup de ces progiciels n'ont pas survécu à la vague des logiciels commerciaux d'origine nord-américaine qui a déferlé en France au début des années 90, même si certains continuent à être utilisés en complément de ces derniers (à Besançon, Strasbourg et à l'ORSTOM par exemple).

La généralisation de la micro-informatique

Dans les années quatre-vingt, la diffusion accélérée de la micro-informatique change la place de l'informatique en géographie. D'outil complexe d'abord difficile, l'ordinateur dans sa version micro devient un instrument assez simple et relativement docile grâce aux progiciels. Même si une résistance se manifeste, son utilisation se banalise pour l'exécution de certaines tâches géographiques non "quantitatives", le dessin des cartes, la cartographie ou le calcul statistiques. Un plus grand nombre d'étudiants a aussi accès aux outils de l'informatique géographique. L'apparition des tableurs permet de disposer d'un outil de calcul simple et puissant, utilisable individuellement pour analyser des tableaux, tester ou construire rapidement des petits modèles pédagogiques (Hardisty, Taylor et al. 1993). Il ne semble pourtant pas avoir donné lieu à beaucoup d'applications en France à part en géomorphologie (Mercier 1992).

¹ D'autant plus que nous laissons de côté l'ensemble des logiciels développés pour les données de télédétection.

L'informatique géographique reste une activité de spécialistes regroupés en équipes autour d'infrastructures de calcul importantes. Mais d'autres formes de pratique se diffusent, à caractère individuel ou par petits groupes. A côté des structures précédentes qui perdurent, (Groupe Dupont, rencontres de Théo Quant), une forme de travail en réseau se généralise qui, selon Guermond (1991), permet aux chercheurs d'échanger plus facilement les programmes et les données.

Un acteur important de cette époque est le Groupe RECLUS, fondé en 1983, qui regroupe 25 organismes de recherches en géographie. Son objectif scientifique est, selon son fondateur, de « sortir du carcan d'une géographie traditionnelle (parfois dite «vidalienne»), survalorisant la nature, le catalogue et le discours, et se méfiant de la théorie, pour favoriser la curiosité d'esprit, la rigueur de la mesure et du raisonnement, l'analyse spatiale, le travail sur les acteurs et les processus de production de l'espace géographique, l'implication dans les questions d'environnement et d'aménagement » (Brunet 1999). L'objectif scientifique n'est donc pas méthodologique et dépasse le cadre de la géographie quantitative. Le GIP accorde cependant tout de suite un intérêt aux méthodes informatiques. Il construit une chaîne de traitement intégrant des progiciels statistiques sur les ordinateurs du Centre de calcul de Montpellier et des logiciels graphiques sur les nouveaux micro-ordinateurs Macintosh. Du point de vue informatique, le GIP RECLUS a contribué à l'organisation de bases de données communales à l'échelle de la France et à la diffusion d'Atlas sur CD-ROM. Il a aussi publié un grand nombre de guides méthodologiques, qui ont largement contribué à populariser des méthodes, techniques et outils nouveaux pour une cartographie et statistique informatisées.

La géographie française saisie par les SIG

Le GIP RECLUS avait un intérêt méthodologique essentiellement orienté vers l'aval du traitement de données : analyse statistique, cartographie thématique et statistique, en support à son intense travail d'édition. Le GIP a joué, en tant que structure, un rôle faible dans le développement des SIG, même si certains des géographes du GIP ont individuellement joué un rôle très important dans la structuration de la géomatique (on pense entre autres à J-P. Cheylan et P. Mielliet). La première et unique publication du GIP dans ce domaine est d'ailleurs assez tardive et reflète un scepticisme certain à propos de l'outil (Charre, Mielliet et al. 1991). Il est surprenant de remarquer que le principal réseau qui œuvre à l'époque pour une rénovation méthodologique de la géographie semble ignorer une innovation technique d'importance dont l'émergence en France lui est strictement contemporaine. Outre son tropisme vers la cartographie de publication, fonction qui n'était pas le point fort des logiciels SIG de l'époque, les raisons qui peuvent expliquer cette réserve du GIP sont vraisemblablement à chercher dans le croisement/cloisonnement de réseau que Reclus produit par rapport à la géographie quantitative. Seule une analyse précise des stratégies et des enjeux de l'époque permettrait de comprendre les raisons de cette indifférence.

Il n'existe pas beaucoup de traces bibliographiques de la maturation des SIG dans la recherche géographique entre le rapport de S. Rimbart au Conseil de l'Europe en 1979 et la conférence SIGéo'88, adossée au colloque GéoPoint de 1988 d'Avignon, prélude à ce qui est souvent considéré comme la première vraie conférence du domaine, "SIGéo'89", organisée par Yves Guermond à Rouen l'année suivante et qui sera à l'origine du réseau Cassini et de la fondation de la géomatique en France (GDR Cassini 2000). Il faut nécessairement citer la journée d'information sur « Infographie et Systèmes d'Information Géographique » organisée en décembre 1984 à l'initiative des géographes de l'ORSTOM (maintenant IRD) (ORSTOM 1986). Le livre reprenant les communications constitue en effet un premier et remarquable cadrage de la problématique future des méthodes, applications et outils de la géomatique d'un

point de vue géographique. Marc Souris y fait un exposé très complet et informé des concepts informatiques des SIG (Souris 1986).

La suite de cette histoire relève du domaine propre de la géomatique, qui se constitue comme un domaine de recherche spécifique à partir de 1990 et sort du champ que nous avons délimité pour cette analyse. A partir des années 90, l'informatique est reconnue comme un domaine technique à part entière de la géographie. Le livre de A. Bailly sur les concepts de la géographie humaine, qui l'ignorait dans son édition de 1984, l'intègre à partir de 1991 (Guermond 1991). Un chapitre de l'Encyclopédie de géographie dirigée par A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain est consacré en 1995 aux techniques informatiques. Il est d'ailleurs largement dominé par les SIG (Guermond 1995). Un an plus tard, un manuel de M. Derruau intègre un chapitre sur les applications et implications de l'informatique, en géographie physique cette fois (Charre 1996). Les techniques informatiques sont plus ou moins superficiellement mais désormais systématiquement mentionnées dans les dictionnaires, manuels et guide méthodologique de la géographie (Gumuchian, Marois et al. 2000). On peut remarquer que cette reconnaissance des outils informatiques se fait au moment de l'émergence de la géomatique. Les SIG prennent progressivement à partir de 1990 une place centrale, bien que discutée, au milieu des outils classiques de cartographie thématique et statistique, d'analyse spatiale, de modélisation et de simulation.

Cette petite histoire de l'informatique dans la géographie française d'avant les SIG, évidemment encore très superficielle, est plus proche et mieux connue que l'histoire américaine. Encore une fois, il ne s'agit que d'un premier cadrage qu'il faudrait affiner, de concert avec ses différents protagonistes, pour comprendre les enjeux, contraintes et stratégies de l'époque. Dans les articles publiés qui nous ont servi de sources, la dimension proprement technique (type d'ordinateur, de programme, de langage) est rarement mentionnée. Il y a une raison tactique. Les auteurs font très attention à ne pas être cantonnés « à l'arrière-boutique de la géographie (...), le devant de la scène étant exclusivement tenu par le discours » (Guermond 1989). Alors qu'on leur demande de « mettre leurs algorithmes en annexe » *Ibid.*, il est compréhensible qu'ils ne placent pas leurs outils les plus techniques en avanture. La deuxième raison est plus profonde. L'enjeu scientifique de ce mouvement est épistémologique et porte sur des questions de formalisation de l'approche géographique, de méthodologie d'analyse et de modélisation spatiale. Les outils et techniques informatiques sont donc très en retrait des questions importantes. Pourtant il est légitime, dans une logique de compréhension scientifique de ce courant de la géographie, de comprendre en quoi les enjeux méthodologiques et scientifiques ont pu être plus ou moins liés à des choix ou des contraintes techniques.

Comme en Amérique du Nord, la plupart des domaines d'application de la géographie sont présents, ainsi que les grands ensembles de traitements : cartographie, analyse, modélisation. Dans l'état de notre documentation, les questions liées à l'organisation et à la structuration de bases de données en amont de ces traitements semblent toutefois en retrait de l'intérêt des chercheurs français. A part celles de S. Rimbart, les références trouvées sont plus tournées vers la cartographie, l'analyse et la modélisation des données que vers leur structuration, leur collecte et leur accessibilité, qui ne viennent au premier plan qu'à l'extrême fin de la période, au moment où les SIG apparaissent. C'est une hypothèse que seule une recherche systématique permettra de vérifier. Comme on le verra plus loin, le fait que les géographes doivent toujours utiliser des données produites par d'autres est en effet une critique portée très tôt à la géographie quantitative. S. Rimbart pointe cependant dès 1979 le problème de la rétention d'information qui rend les sources d'information non accessibles à cause du secret administratif : « La

législation qui, dans différents pays, limite l'accès aux sources, est révélatrice des tendances anti-démocratiques que suscite l'informatique » (Rimbert 1979 p. 6).

On constate par ailleurs que tout se passe comme si la collaboration locale et informelle entre géographes et informaticiens sur laquelle s'était fondée la géographie quantitative des années soixante-dix, s'autonomise en quelque sorte à la fin des années quatre-vingt dans une nouvelle discipline, la géomatique, dont les liens avec la géographie restent à éclaircir.

2. La place de la géomatique dans la géographie française: un essai de bilan quantifié

Tenter d'évaluer la part que les travaux sur les SIG occupent dans les recherches géographiques françaises, nous oblige à sélectionner artificiellement les travaux de géographes ou non géographes sur ou avec les SIG qui sont visibles dans l'espace scientifique de la géographie. Notre analyse est donc construite à partir de sources relevant de la géographie : le Répertoire des Géographes, édité par le laboratoire Intergéo puis Prodigé, le fichier des thèses et un corpus d'articles parus dans des revues de géographie collectés à cet effet. Il est évident que par ce biais nous éliminons de nombreuses recherches intéressantes, peut-être les plus intéressantes : celles menées par des géographes dans le contexte même de la géomatique, à l'intérieur du groupe Cassini ou publiées dans la Revue Internationale de Géomatique par exemple. Nous éliminons aussi les recherches géomatiques que les géographes mènent dans les champs des disciplines connexes, urbanisme, histoire, agronomie, économie, écologie, ou dans des contextes plus appliqués. Enfin nous laissons de côté aussi toutes les recherches effectuées par des non géographes dans le contexte de la géomatique. Deux remarques : 1) notre objectif est bien ici d'analyser la recherche sur les SIG dont les résultats sont facilement accessibles aux géographes, qu'elle soit produite ou non par des géographes ; 2) les stratégies de publication font qu'il est rare qu'un auteur ne publie pas une nouvelle fois les résultats, même déjà présentés ailleurs, qui peuvent être acceptés dans les revues de sa discipline. Analyser la part des recherches correspondant à l'investissement des géographes dans la géomatique, et surtout les travaux menés dans un contexte interdisciplinaire, est bien sûr indispensable. Cela nécessite d'autres moyens et une autre approche.

Établir un bilan quantitatif nécessite de trouver des sources d'information régulières. Celles que nous utilisons ne sont pas sans biais, mais ces derniers peuvent être considérés comme plus ou moins invariants au cours du temps. Les indicateurs restent grossiers mais pourraient assez facilement être affinés. Vu ses sources, cette analyse ne prend nécessairement comme référence que la géographie française et non francophone. Il serait nécessaire de compléter cette approche car les recherches géomatiques belges, suisses et québécoises sont nombreuses et importantes. Le Québec, vu sa situation nord-américaine, joue un rôle de passeur original qui nécessiterait de plus une étude spécifique¹.

2.1. La montée de la thématique SIG en géographie

Nous essayons d'abord d'évaluer l'évolution dans le temps du volume des travaux géomatiques en géographie à travers le nombre de contributions SIG aux colloques européens de Géographie quantitative, la liste des thèmes de recherche déclarés par les géographes dans le Répertoire des Géographes français et la proportion d'articles de recherche et de thèses en géographie portant les mots-clés SIG ou géomatique.

¹ Ces résultats ont fait l'objet d'une présentation un peu différente au Colloque international : Géomatique et applications, apports des SIG au monde de la recherche à Orléans en mai 2003 (Joliveau 2003)

Les thèmes de recherche

Une des voies de diffusion des SIG en France se fait, on l'a vu, par l'intermédiaire des équipes de géographie quantitative. On peut observer cette diffusion à travers l'analyse rétrospective de l'activité de l'*European Colloquium in Quantitative and Theoretical Geography (ECQTG)* que fait Unwin (1999). La référence à l'ECQTG n'est pas déplacée dans une analyse portant sur les géographes français. Ce sont des rencontres auxquelles ils sont fidèles (c'est souvent la nationalité la mieux représentée, bon an mal an entre 15 et 30 % des participants).

Comme le montre la Figure 5-1, le thème des GIS (Geographical Information Systems) n'apparaît pas avant 1980 dans ces colloques et occupe une place relativement faible dans les rencontres des géographes quantitatifs européens jusqu'en 1989. Alors que ces colloques se sont tenus 21 fois entre 1978 et 1999, 10 % du total des papiers se réfèrent à la thématique SIG. La répartition chronologique montre une apparition du thème en 1983, une stagnation relative jusqu'en 1989, un boom entre 1989 et 1993 et une stabilité à un niveau légèrement plus bas (14 % des papiers) depuis cette date. L'apparition de l'intitulé GIS dès 1983 au colloque d'Augsbourg témoignerait donc d'une antériorité «quantitativiste» des SIG dans la recherche en géographie. 1989 serait l'année de leur plus large diffusion dans le cercle des géographes "quantitativistes" avant de partir à la conquête d'un public plus large et de créer des cénacles spécialisés. Unwin explique la relative stabilité du nombre de papiers SIG dans l'ECQTG par le fait que ce type de colloque n'est pas le lieu le plus direct des publications SIG.

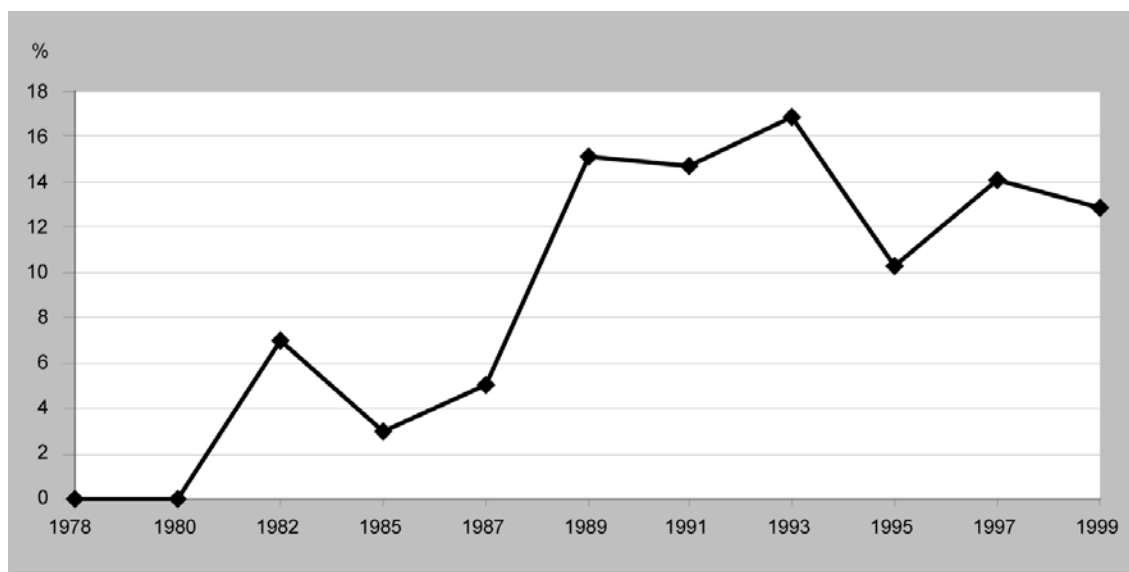


Figure 5-1. Pourcentage des communications sur le thème des SIG aux colloques ECGT.
Source Unwin (1999)

Le Répertoire des Géographes, publié assez régulièrement depuis 1969 (Joly 2002), est une source intéressante pour mesurer la diffusion de la thématique SIG chez les géographes français ou exerçant en France (Matoux-Lambert 1993). Ceux-ci sont en effet régulièrement invités à décrire leur activité sous forme de mots-clés. Il est donc possible à travers cette source de pointer les thèmes mobilisateurs ou en perte de vitesse. Bien sûr, le répertoire présente un certain nombre de biais. D'abord, tous les géographes ne remplissent pas de fiche dans le répertoire. En cas de non réponse, la fiche de l'édition précédente est maintenue, si elle existe. Par ailleurs, le Répertoire ne regroupe pas que les géographes du monde de la recherche, même s'ils y sont très largement majoritaires. De plus, les mots-clés sont à sélectionner dans une liste pré-établie qui évolue au cours du temps : le répertoire peut donc parfois saisir les innovations avec retard.

Enfin, déclarer un mot-clé n'est pas toujours le signe d'un travail de recherche effectif dans le domaine considéré ; il existe un effet mode dans les déclarations, qu'il ne serait d'ailleurs pas inintéressant d'étudier. Ces défauts ne semblent pas nous empêcher de répondre à cette question simple. A partir de quel moment les géographes français s'intéressent-ils à la géomatique ?

Le terme SIG apparaît dans la liste fournie par les auteurs du Répertoire en 1989 et se trouve aussitôt choisi par 40 personnes. Le pic de contributions SIG à l'ECQTG est donc aussi l'année de reconnaissance officielle des SIG comme objet et moyen de recherche dans le Répertoire. Comme on l'a vu plus haut, c'est bien entre 1984 et 1989 que se diffuse en France le thème des SIG, ce qu'entérine le Répertoire. Une rapide vérification a montré qu'en 1984 aucun géographe n'avait déclaré SIG parmi les mot-clés qu'il avait le loisir d'ajouter à ceux proposés. Le terme SIG vient donc rassembler sous une étiquette unique et explicite des notions qui étaient en l'air depuis plusieurs années. 1986 est certainement l'année de la cristallisation. On le voit en comparant deux contributions de P. Dumolard de cette année-là. La première publiée par les Brouillons Dupont de 1986, qui reprend les communications françaises au congrès de géographie quantitative d'Eindhoven, ne cite jamais le mot SIG. Il propose pourtant la conception d'un nouvel outil pour la cartographie électorale qui en a toutes les caractéristiques mais qui est nommé système de gestion des données spatiales ou système d'information structurée interrogeable (Dumolard 1986b). La même année au Géopoint, Dumolard fait une présentation de la notion de SIG à un auditoire supposé découvrir la notion (Dumolard 1986a). Mais la terminologie n'est pas stabilisée puisque le titre d'un autre article sur le même thème deux ans plus tard redevient « système de gestion de données spatiales », l'année où se tient "SIGéo88" à Avignon (Dumolard 1988).

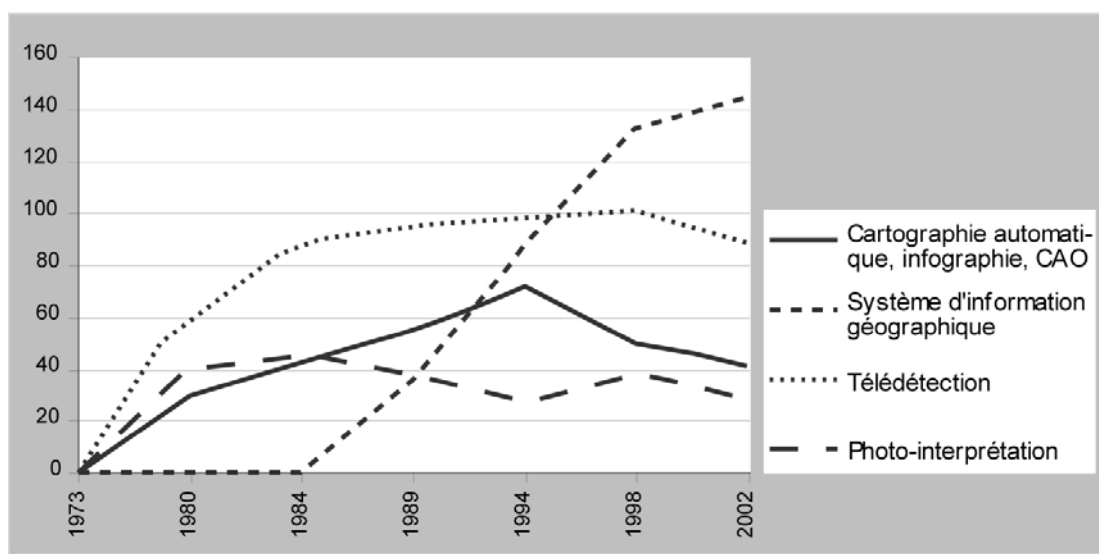


Figure 5-2. Nombre de citations de différents mots-clés dans les Répertoires des géographes

C'est très nettement dans l'orbite de la cartographie automatique que le terme SIG fait irruption dans la communauté des géographes. Près de la moitié de ceux qui déclarent en 1989 le thème SIG déclarent aussi le thème «cartographie automatique», proposé depuis 1980 dans le répertoire. Il y connaît rapidement un vif succès, comme le montre la Figure 5-2. La croissance est régulière de 1989 à 1998, et s'infléchit légèrement ensuite. On passe ainsi de 37 géographes répertoriés à 146 dans la dernière édition en 2002. La diffusion est donc rapide. En comparant la

courbe à celle d'autres thèmes méthodologiques tels que cartographie automatique et infographie ou télédétection, on constate un décalage d'une dizaine d'années, avec une pente plus forte et des valeurs absolues plus élevées. Alors que le mot-clé télédétection culmine à 99 géographes en 1998, 25 ans après son apparition, et la cartographie automatique à 72 en 1994, les SIG concernent presque 150 notices du dernier répertoire, moins de 15 ans après son émergence. En valeur relative, l'effet est moins évident. En effet, le nombre de notices de géographes s'élève au cours du temps (de 1300 en 1989 à près de 2000 en 2002). En 1984, juste avant le lancement du satellite SPOT, 8,3 % des géographes déclaraient s'intéresser à la télédétection. Les SIG n'atteignent que 7,2 % en 2002. Les géographes officiellement "convertis" aux SIG pour leurs travaux de recherche restent très minoritaires en 2002. L'inflexion de la courbe est-elle le premier signe d'un fléchissement à venir ? Il est trop tôt pour le dire mais la forme des courbes des autres thèmes méthodologiques peut laisser augurer une croissance continuant à vitesse plus lente pendant plusieurs années suivie d'un plafonnement à un nombre relativement élevé de pratiquants.

Qui sont les géographes qui s'intéressent aux SIG ? Dans l'attente des résultats d'une analyse typologique plus fine, on peut constater d'abord que le mot-clé SIG grignote régulièrement le mot-clé cartographie automatique au cours du temps, sans l'annihiler cependant. A la fin de la période, plus de la moitié des géographes spécialisés en cartographie automatique associent les SIG à leurs thématiques (Figure 5-3). Les SIG constituent donc au début, au moins pour partie, un nouveau nom des recherches de cartographie automatique. Cependant, on constate que le thème cartographie automatique continue à croître jusqu'en 1994, avant de baisser ensuite. Il conserve toutes ces années un nombre d'adeptes qui résistent aux SIG. Si ces derniers trouvent donc vraisemblablement une origine dans les travaux de la cartographie automatique et de l'infographie des années 80, ils ont une dynamique propre, qu'illustre le fait que les géographes mentionnant les SIG et pas la cartographie automatique deviennent rapidement les plus nombreux.

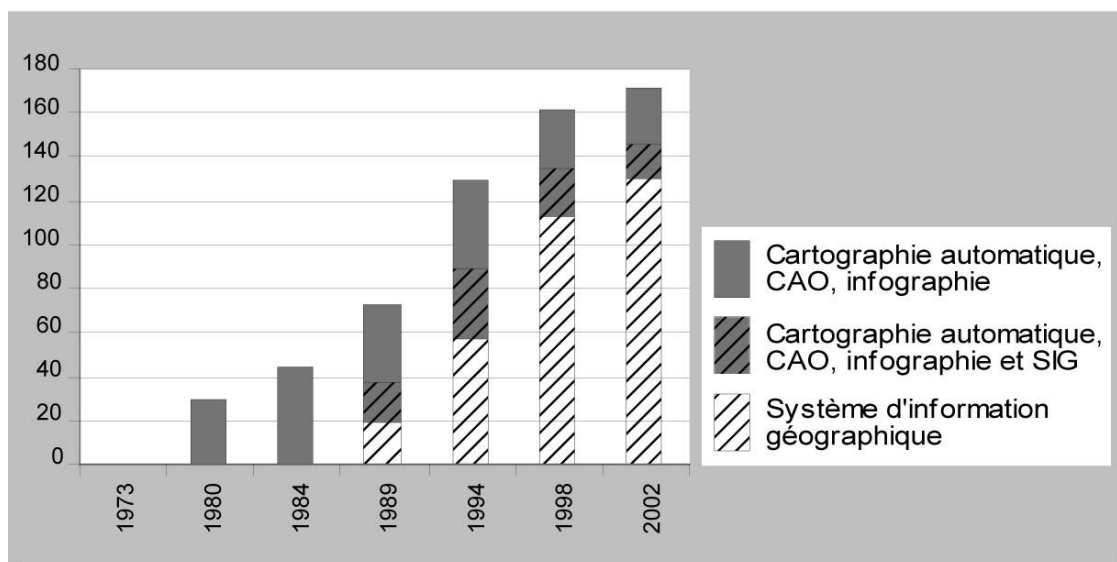


Figure 5-3. Les mots clés «Cartographie automatique» et «SIG» dans les Répertoires des géographes

Les articles scientifiques

Le bilan sur les articles de géographie concernant les SIG ou la géomatique que nous proposons ici n'est pas fondé sur une recension exhaustive. Nous avons retenu un panel de 5 revues, choisies en diversifiant le type de comité de rédaction (national ou régional), l'orientation plus ou moins moderniste ou traditionnelle et le mode de diffusion (édition papier ou Internet) : l'Espace géographique, les Annales de Géographie, La Revue de Géographie de Lyon (RGL)-Géocarrefour, Mappemonde et Cybergéo. On peut noter qu'il s'agit de revues généralistes et qu'aucune revue spécialisée (en géographie physique par exemple) n'est retenue¹. La sélection des articles dans le corpus se fonde sur la mention du mot-clé SIG ou Géomatique (en fait, ce dernier n'apparaît pas). Même si leur contenu aurait pu conduire à les sélectionner, nous avons exclu les articles dans lesquels l'auteur ne mentionnait pas SIG comme mot-clé. De même, nous n'avons pas retenu les types de texte non munis d'un indexage par mots-clés, comme par exemple les *Notes* des Annales de Géographie. La recension a eu lieu à partir des tables récapitulatives par mots-clés, quand elles existaient. Les (rares) oublis constatés ont été corrigés. On a compté 95 articles ou textes portant le mot-clé SIG entre 1989 et 2002 : 11 dans l'Espace Géographique, 2 dans les Annales de Géographie, 13 dans RGL-Géocarrefour, 49 dans Mappemonde et 20 dans Cybergéo.

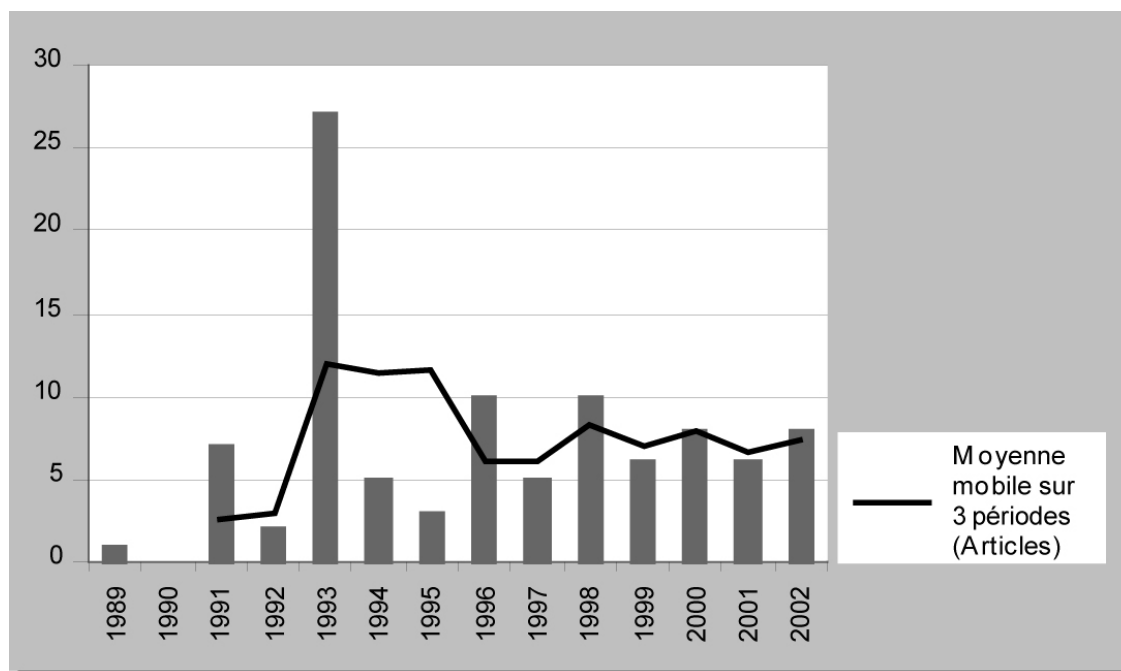


Figure 5-4. Nombre d'articles dans des revues de géographie portant le mot clé SIG

¹ Les relevés postérieurs que nous avons faits dans la revue Géomorphologie ne semblent pas invalider les résultats.

On constate sur la Figure 5-4 que les articles pionniers apparaissent eux aussi en 1989, avec un pic très fort en 1993 et un pallier de 6 ou 7 articles par an ensuite. Certains chiffres sont cependant en trompe-l'œil. Pour la RGL (en 96) et Mappemonde (en 93), un seul numéro spécial contribue pour presque la moitié de la production d'articles de la revue. Par ailleurs, les articles du numéro spécial de Mappemonde 4/93 sont très nombreux et ne dépassent pas deux pages. On constate un intérêt pour le thème des SIG très variable selon les revues. Les Annales de Géographie par exemple ont complètement ignoré le thème jusqu'à la fin 2002. Certaines années, Cybergéo et Mappemonde représentent à elles deux la totalité des articles édités sur ce thème, et chaque année au moins la moitié. 10 % des articles de ces deux revues portent le mot-clé SIG sur la période, alors que les 95 articles SIG correspondent approximativement à 5 % de la production totale des 5 revues entre 1989 et 2002. Ce sont donc les revues les plus récentes : Mappemonde (fondée en 1986) et Cybergéo (fondée en 1992), qui sont les vecteurs les plus actifs du thème des SIG en géographie. Plus jeunes, elles se révèlent aussi plus ouvertes à un thème émergent.

Une autre manifestation de l'intérêt des géographes pour la géomatique est leur lecture des revues spécialisées dans ce domaine. Un indicateur est fourni par l'enquête récente du CNRS sur les Revues en Sciences Humaines et Sociales, qui a sélectionné dans son panel d'étude la Revue Internationale de Géomatique. Entre 1992 et 2001, la Revue Internationale de Géomatique est assez faiblement citée par les revues de Géographie. Le palmarès est le même que précédemment (Cybergéo exceptée) : 29 citations en dix ans pour Mappemonde, 26 pour l'Espace géographique, 10 pour Géocarrefour. Toutes les autres ont moins de 5 citations (CNRS 2004).

Les thèses

Le nombre de thèses soutenues est un autre indicateur (Figure 5-5). On a pris comme source le site Web *SUDOC* en sélectionnant les documents de type thèse de géographie, dont n'importe quel mot de la notice est SIG ou Système d'Information Géographique. On obtient 55 réponses (notons que les thèses de géographies sont minoritaires parmi les 125 thèses mentionnant les SIG). On constate une croissance régulière des thèses de 1991 à 1997, suivie d'un creux marqué en 98-99 et une reprise ensuite à un rythme de 7 thèses par an. La valeur de 2002 est incomplète, le fichier n'étant certainement pas à jour à la date de consultation. On ne constate donc pas de baisse récente après le creux. La courbe est décalée de trois ans par rapport à celle des articles, ce qui correspond bien au temps de gestation minimal d'une thèse.

Il faudrait s'intéresser à d'autres sources : les livres, les séminaires, les manuels spécialisés, les encyclopédies de la géographie, mais la place manque. Il faudrait surtout procéder à une analyse qualitative de ces documents peu nombreux. Il n'existe pas de livre ou de manuel consacré spécifiquement aux SIG à l'attention des géographes. Et les colloques sont rares. Si l'on écarte les rencontres de Cassini, ou celles de SIGéO qui les précédaient, par essence pluridisciplinaires, et les quelques colloques de géographie et cartographie où ont été abordés accessoirement les SIG, le seul où ils furent le thème central semble être celui de Géopoint en 1994. Organisé par le groupe Dupont en pleine montée de la vague des SIG, le colloque qui portait sur « S.I.G., Analyse spatiale et aménagement » a regroupé 137 participants, partagés entre 7 ateliers (Groupe DUPONT 1994a). Là encore, une fois passée cette période d'innovation, le thème des SIG n'a plus donné lieu à la tenue d'un colloque spécifique à la géographie.

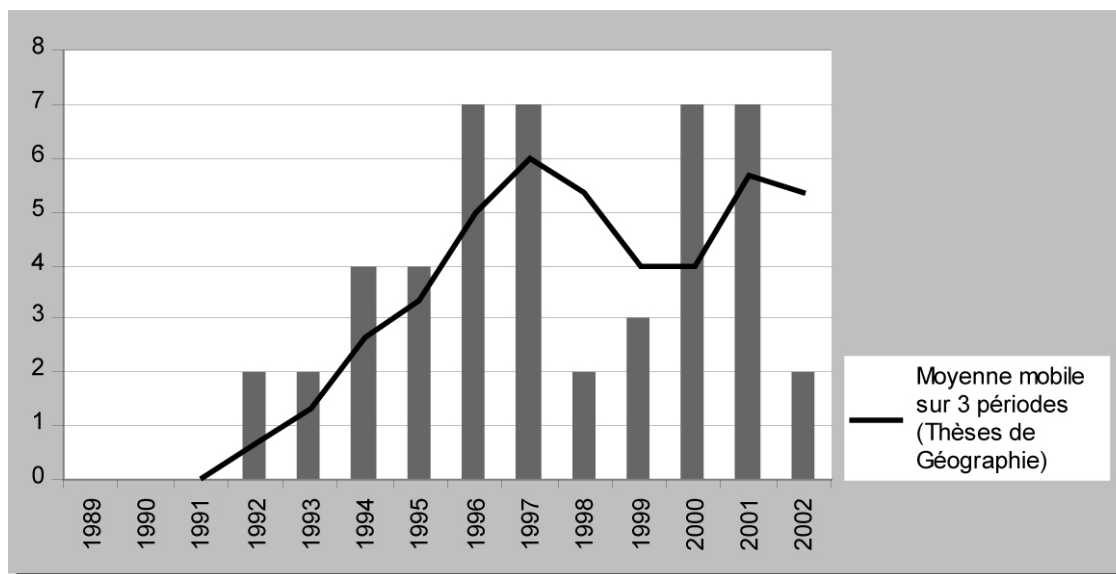


Figure 5-5. Thèses de géographie soutenues mentionnant le mot SIG

2.2. Les caractéristiques des publications

De quoi parlent les articles de recherche indexés SIG accessibles aux géographes non spécialistes ? Nous avons voulu dépasser un simple bilan quantitatif, en analysant les champs thématiques abordés dans le corpus d'articles rassemblé. Celui-ci se compose donc des articles estampillés du mot-clé SIG parus dans les 5 revues citées plus haut, auxquels on a ajouté les communications à Géopoint 94. Le corpus est donc de 132 références, écrites par 200 auteurs (doublons compris).

Pour analyser ces articles, nous proposons quatre descripteurs : le(s) domaine(s) disciplinaire(s) de l'article, la ou les finalités de la recherche relatée, le point de vue adopté sur les SIG et les dimensions méthodologiques des SIG abordés. Chaque article a été lu et un ou plusieurs mots-clés pour chaque descripteur lui ont été associés. Même s'il a été réalisé avec le plus de soin possible, le descriptif reste subjectif et reflète le jugement de l'auteur¹. Par ailleurs, on l'a déjà dit, le corpus est hétérogène. Il est dominé en nombre par le numéro spécial de Mappemonde de 1993 et les communications du colloque Géopoint de 1994 qui se caractérisent par leur brièveté.

¹ Auteur qui est juge et partie, puisque certains de ses articles font partie du corpus.

Regroupant plus de 40 % des textes, ces deux documents totalisent moins de 30 % des pages produites.

Ces limites énoncées, il nous semble intéressant cependant de repérer le poids relatif des intérêts thématiques et, éventuellement, de leur évolution dans le temps. Pour simplifier l'analyse, nous avons distingué deux périodes : avant 1996, période de jeunesse des SIG dans la recherche en géographie en France, sont parus 60 % des articles et 40 % après 1996, qu'on pourrait appeler l'ère de la maturité.

Les grands domaines d'application

On peut d'abord faire une distinction entre les articles dont le SIG est l'objet même de l'exposé et ceux pour lesquels il apparaît comme le moyen d'une autre fin. Dans le corpus qui nous intéresse, le deuxième type de posture devrait être dominant, puisque la réflexion portant sur l'objet SIG en lui-même relève plus directement des revues de géomatique. Ensuite, on peut distinguer les articles relevant d'une approche explicitement géographique de ceux relevant plutôt d'autres disciplines ou démarches. Un article peut appartenir à plusieurs catégories.

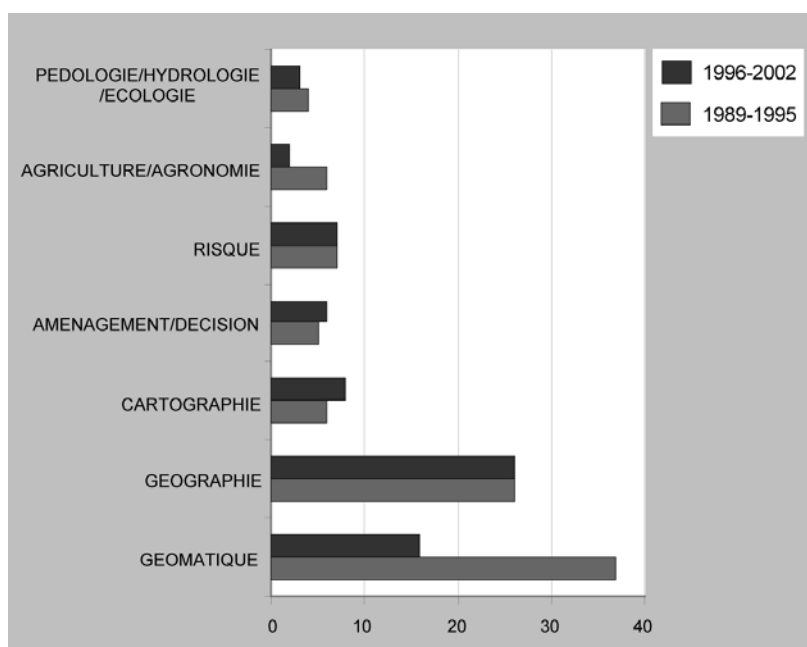


Figure 5-6. Nombre d'articles SIG par grands domaines disciplinaires

Ce qui frappe dans la Figure 5-6, c'est la permanence des structures au cours du temps, à l'exception de la baisse très significative après 1996 des articles que l'on a appelés géomatiques, c'est-à-dire dont la problématique porte sur le SIG pour lui-même. C'est la baisse de ce type d'articles qui explique la baisse générale constatée. Une fois passée la période de découverte des SIG, il semble que ce soient les applications qui intéressent prioritairement les géographes et plus la théorie.

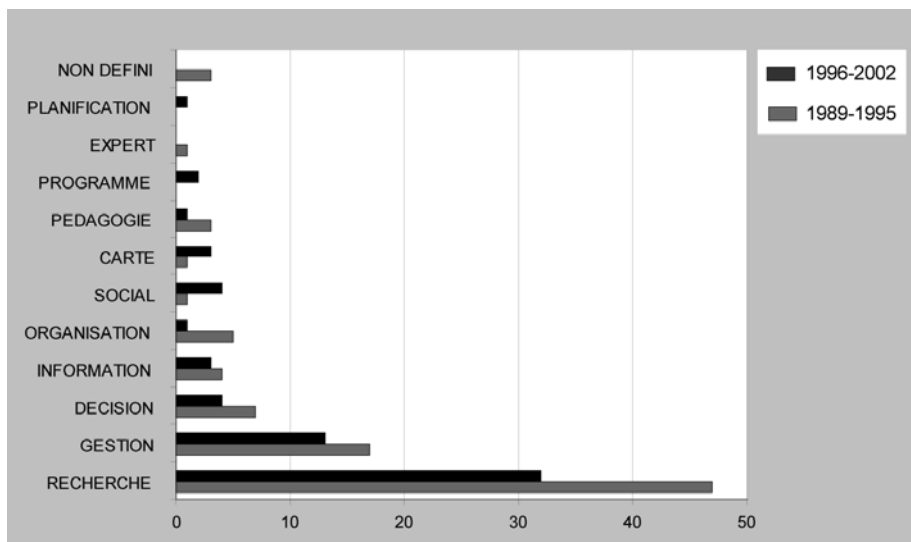


Figure 5-7.
Nombre
d'articles SIG
par grands
domaines de la
géographie

La Figure 5-7 récapitule la répartition thématique à l'intérieur du grand domaine Géographie et illustre la diversité des approches géographiques qui utilisent les SIG. Le terme Géo-modélisation caractérise les articles dont l'intérêt pour les méthodes et techniques de modélisation spatiale au sens large est manifestement fort, qu'un domaine d'application soit ou non mentionné. Ce tableau confirme aussi une perception généralement partagée, selon laquelle les SIG concerneraient prioritairement les thèmes de géographie environnementale ou physique. C'est d'autant plus vrai, que le thème du risque a été isolé comme un grand domaine à part. On constate cependant un certain rééquilibrage dans la période récente.

Les finalités de la recherche

Le second descripteur distingue les articles en fonction de la finalité générale du projet relatif (Figure 5-8). L'étude du corpus nous a conduit à une liste de 11 finalités possibles, un article pouvant relever de plusieurs finalités. Il peut rendre compte des résultats d'une *recherche*, éclairer une application de *gestion*, aider à une procédure de *décision*, construire un outil ou une démarche de *pédagogie*, mener une analyse à dimension *sociale* ou *organisationnelle*, mettre en place une démarche de *planification*, un système d'*information*, réaliser un logiciel ou un programme *informatique*, publier une *carte*, mettre en œuvre une démarche d'*expert*.

Le type d'article sélectionné met bien entendu la finalité recherche en tête des résultats. Malgré cela, il faut noter la présence forte des problématiques de gestion (de l'espace, de l'environnement, de l'aménagement, ...) mais aussi de l'aide à la décision. Ce dernier thème fait, par l'intermédiaire du SIG, une entrée significative dans la recherche en géographie. Les autres finalités sont en trop petit nombre pour être interprétées. On pourrait s'interroger sur la baisse de l'analyse organisationnelle et la montée symétrique de l'analyse sociale, mais le point saillant est leur caractère marginal dans la littérature géographique sur les SIG.

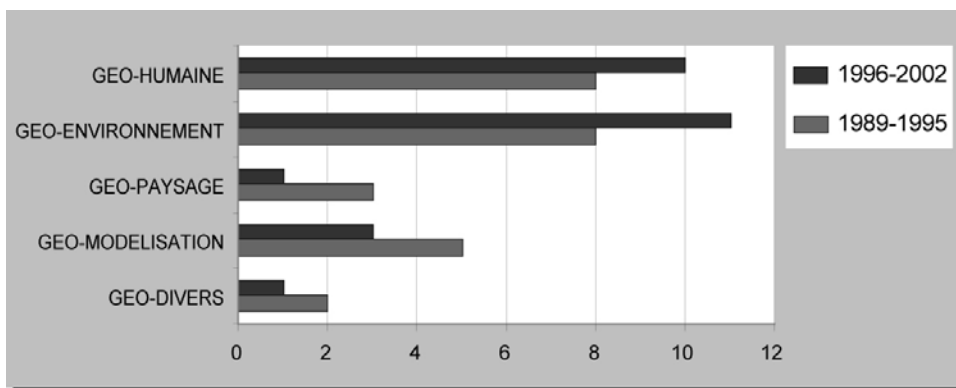


Figure 5-8. Nombre d'articles SIG par grande finalité

Les points de vue sur les SIG

Le troisième descripteur rend compte du point de vue que l'article ou la communication adopte sur le thème des SIG, indépendamment de sa thématique (Figure 5-9). Nous avons appelé *méthodologiques* les articles qui visent à exposer une démarche permettant de répondre à un problème ou à une question spécifique. C'est le point de vue le plus représenté dans les publications. Vient ensuite le point de vue *conceptuel*, qui consiste à proposer de nouveaux concepts ou de nouvelles notions pour penser une situation. Le point de vue *technique*, qui accorde une grande place aux procédures pratiques de la discipline concernée (outils, programmes ou logiciels dans le domaine de la géographie, algorithmes ou structures de données en géomatique, ...), vient en troisième. Notons qu'il baisse significativement dans la seconde période. Le point de vue *épistémologique* qui s'intéresse aux enjeux et conséquences des SIG sur la discipline de référence de l'auteur, arrive ensuite.

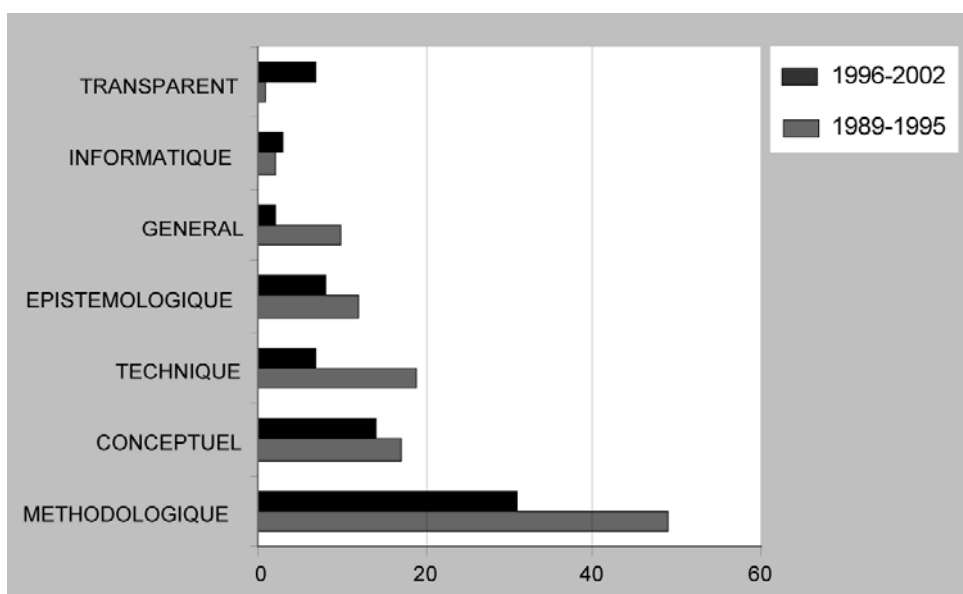


Figure 5-9. Nombre d'articles par point de vue adopté sur les SIG

Les autres points de vue sont minoritaires. Le point de vue *général*, qui vise à présenter et expliquer des notions sur les SIG caractérise assez naturellement la période de découverte. Le

point de vue *informatique*, qui prend la question des SIG dans leur aspect de méthodes et de questions informatiques est quasiment absent de la littérature géographique. Enfin, le point de vue que nous avons appelé *transparent*, c'est-à-dire pour lequel le SIG n'est mentionné que par formalité en mot-clé, mais ne fait l'objet d'aucun exposé spécifique n'apparaît que dans la période de maturité. Devenu outil parmi les autres outils, le SIG est mentionné pour mémoire mais non développé. Deux remarques : 1) Cela peut caractériser aussi bien des articles à forte composante de modélisation quantitative, pour lequel le SIG n'est souvent qu'un réceptacle habituel et anodin des données, que des études de géographie plus descriptive utilisant les fonctions des SIG pour produire des cartes ; 2) Cela peut souligner en creux les lacunes de l'étude. Il est possible que dans des articles non répertoriés les SIG soient utilisés aussi sans le mentionner dans un mot-clé. En fait, ce cas est vraisemblablement assez rare. A contrario, le grand nombre d'articles où le SIG n'est pas « transparent » pourrait être le signe d'un certain maintien du questionnement sur le rôle et le statut des SIG dans la recherche géographique.

Les fonctions des SIG

Le quatrième descripteur vise à repérer les grandes fonctions des SIG privilégiées dans les articles, en particulier ceux à dimension méthodologique. Il est à utiliser avec discernement car il est périlleux à établir à partir de comptes-rendus parfois très succincts. La typologie des fonctions est justifiée dans le Parcours 1.

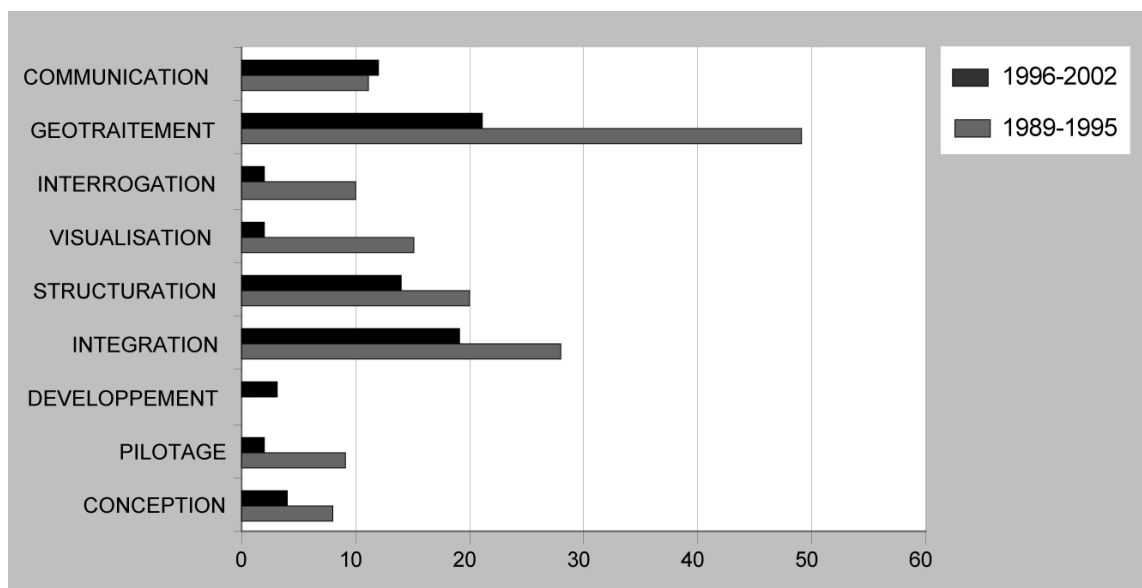


Figure 5-10. Nombre d'articles par grandes fonctions SIG

La Figure 5-10 montre que les fonctions de *géotraitement* (traitements géométriques, mesures et calculs de distance, algèbre de cartes, interpolation spatiale et géostatistique, analyse topographique, analyse de densité et de potentiel, etc.) sont les plus citées (trois auteurs sur quatre s'y réfèrent) mais que leur domination diminue avec le temps. Les fonctions de *symbolisation* (construction de documents à la sémiologie élaborée : cartes thématiques et statistiques, diagrammes, atlas papier ou électroniques ...), proches de la cartographie et privilégiées par un support comme Mappemonde, devançant les fonctions de *visualisation-navigation* (exploration attributaire et spatiale, navigation 2D/3D, liens entre les vues, ...) plus interactives et plus souples. Les fonctions d'*interrogation* (requêtes attributaires, spatiales,

calculs attributaires, ...) sont plus rarement mises en avant. Ensuite viennent dans l'ordre les fonctions situées en amont, *l'intégration* des données (saisie et acquisition, géoréférencement, mesure des erreurs, métadonnées, ...) et *la structuration* (choix des structures informatiques, organisation des données, modes et formats, généralisation, ...) dont l'intérêt occupe une place relative plus importante après 1996. Les fonctions de *conception* (modélisation d'un territoire ou d'une activité, stratégies de description numérique des phénomènes, modèles de données) et de *pilotage* (gestion du projet, questions organisationnelles, ...) concernent peu, et de moins en moins avec le temps, les géographes. Enfin, les tâches de *développement* informatique liées au SIG sont très peu citées dans notre corpus, et même si elles se concentrent dans la deuxième période elles restent trop rares pour indiquer l'émergence d'une culture, même embryonnaire, du développement informatique chez les utilisateurs de SIG de cet échantillon.

2.3. Commentaires

Tous les indicateurs convergent pour indiquer une croissance rapide du thème SIG dans la recherche géographique à partir de 1989 avec un ralentissement ensuite, mais qui, selon les indicateurs se produit en 1993, 1996 ou plus récemment. Un socle stable de travaux se maintient une fois que s'atténue l'effet nouveauté. Le pic suivi d'une baisse peut s'interpréter de deux manières différentes. L'explication la plus simple est l'effet de mode. Une fois celui-ci évanoui, il ne reste dans les publications que les recherches de fond. On peut aussi l'expliquer par une banalisation de l'usage des outils SIG dans le même temps qu'ils se diffusent. Le mot-clé SIG perdrait son intérêt comme mot-clé d'un article car il n'est plus le marqueur d'une innovation méthodologique. Le SIG devenu banal, il devient transparent. Une question se pose alors sur le statut de cette transparence. Est-elle le signe d'un apprivoisement des technologies SIG, ou d'une utilisation sans réflexion particulière d'outils techniques ? Un signe que cette deuxième réponse n'est pas à rejeter d'emblée est le peu de citations de la Revue Internationale de Géomatique dans les revues de géographie qui reflète « le décalage existant en matière de recherche entre les communautés de géographes et de géomaticiens » (CNRS 2004).

Il existe une production scientifique régulière sur le thème des SIG dans la littérature géographique française. Elle représentait ces dernières années 7 à 8 % des chercheurs, 5 % des articles, 5 à 7 thèses bon an mal an. Mais on n'observe pas à travers nos indicateurs cette déferlante de la géomatique sur la géographie dénoncée ou espérée par certains commentateurs. En tout état de cause, la place des SIG dans la production de la recherche géographique apparaît un peu en retrait de l'intérêt déclaré des géographes dans le Répertoire. Plusieurs explications peuvent être avancées. Il est possible que les SIG soient moins utilisés dans le domaine de la recherche en géographie que dans celui des études appliquées ou des travaux de gestion environnementale et d'aménagement, qui donnent plus rarement lieu à des publications scientifiques dans des revues générales. Une autre explication pourrait être que les géographes français écrivent moins sur les SIG dans les revues de géographie générale que dans d'autres supports plus spécialisés, et que la majeure partie de la littérature sur les SIG se trouve hors des revues traditionnelles. C'est la question de l'existence d'un noyau commun de la géographie en tant que discipline qui se pose alors, ainsi que la place des techniques géomatiques dans ce noyau.

Les 132 articles répertoriés couvrent une grande variété d'applications, de démarches et de domaines thématiques de la géographie. Ils illustrent le caractère multiforme des SIG qui peuvent servir à de multiples applications de recherche. Cette diversité participe aussi du sentiment général que l'on a des SIG dans la recherche française en géographie : une multitude d'expériences et d'approches, entre lesquelles le seul point commun semble être les outils employés. Or, si l'on prend le temps de réfléchir sur des clés de regroupement et de typologie,

on peut esquisser les lignes de forces qui structurent l'activité des SIG en géographie : un intérêt essentiellement méthodologique, avec une permanence des réflexions conceptuelles et épistémologiques ; un accent très appuyé sur les fonctions analytiques et un questionnement qui se reporte du thème de l'interrogation et de la visualisation vers celui de l'intégration et de la structuration des données ; un désintérêt général pour les questions liées à la dimension organisationnelle, à la gestion des projets et aux techniques informatiques. On peut aussi remarquer que coexistent dans cette littérature, à des niveaux d'intensité différents, les différentes vues classiques des SIG : le SIG comme logiciel, le SIG comme système de gestion de base de données, le SIG comme système d'information, et le SIG comme construction sociale. Un des enjeux pour les géographes serait certainement de mieux articuler ces vues complémentaires et d'en proposer une approche géographique plus intégrée.

3. Géomatique et géographie, débats et enjeux

Dans notre première section nous avons montré que l'idée d'une irruption soudaine des SIG dans la recherche en géographie est fautive. Ceux-ci ont fait l'objet d'une construction technique et conceptuelle lente et continue, dont les racines se trouvent dans les dernières machines mécanographiques et qui s'est poursuivie en élargissant son audience au fur et à mesure que les ordinateurs étaient plus faciles d'emploi pour finir par se banaliser avec le micro-ordinateur. Depuis l'origine, l'informatique géographique combine plusieurs questions : celle des bases de données géographiques, de la cartographie automatique, de l'analyse (spatiale) des données et de la modélisation. Ce travail continu ne s'est pas fait majoritairement en géographie, loin de là. Il a touché de nombreuses disciplines de recherche, les milieux industriels, l'administration et les collectivités locales. Les géographes y ont cependant toujours été présents, à différents titres : inventeurs de méthodes et de modèles, développeurs de programmes, collecteurs de données, producteurs de cartes, fournisseurs d'analyse, conseillers des planificateurs.

Les géographes n'ont pas simplement adopté les SIG comme outils. Ils ont contribué à l'élaboration conceptuelle de leur principe technique, créé des outils propres, réfléchi à leur mise en œuvre. Comme on vient de le voir dans le cas français, l'intérêt que les géographes portent aux SIG est d'ordre méthodologique et conceptuel, avant d'être utilitaire. Le rôle des SIG, leur place dans la discipline et leur impact sur les pratiques de la recherche en géographie ont été débattus. Nous allons tenter de reconstituer rapidement deux de ces débats. Inversant la chronologie, nous retracerons d'abord les arguments échangés dans la géographie française à propos des SIG puis nous tenterons une présentation synthétique de la violente et polymorphique controverse qui a traversé la géographie anglo-saxonne des 15 dernières années.

3.1. En France, un débat entre spécialistes

La question des enjeux et conséquences de l'utilisation des SIG en géographie a été posée très tôt dans la géographie française. Dès la fin des années 80, quelques critiques sont apparus à propos des SIG dans des articles de revue. Les ateliers du colloque Géopoint de 1994 constituent la première et unique retranscription d'un débat des géographes sur la question des SIG au moment de leur émergence (Groupe DUPONT 1994b)¹. Il s'agit parfois de réflexions construites mais le plus souvent d'incidentes ou de remarques allusives. En combinant ces différentes sources, nous avons tenté de mettre en évidence, en quelques points clés, les principales questions que posent à cette époque les SIG aux géographes².

SIG et création d'information

Tout un atelier de Géopoint est consacré à la collecte et à la production des données. La discussion tourne essentiellement autour du problème institutionnel de l'accès des chercheurs aux bases de données de l'IGN. Il ne s'agit pas d'une question spécifique des SIG, mais la diffusion de ceux-ci souligne le décalage de plus en plus important en France entre les capacités de traitement dont disposent les chercheurs et les données effectivement disponibles dans les bases de données officielles, compte tenu de la politique tarifaire et juridique adoptée. Les SIG ne semblent pas poser de problèmes techniques très différents du point de vue des données que les outils précédents. Aucune explication n'est fournie cependant au paradoxe soulevé par G. Feyt et J-P. Cheylan : pourquoi les SIG de recherche apparaissent-ils davantage dans le secteur de l'environnement où les données sont rares, que dans d'autres domaines tels que la recherche urbaine et la géographie socio-économique où elles sont plus abondantes ? (Groupe DUPONT 1994b). C'est pour nous le signe que la question des données, de leur production et de leur organisation devient centrale.

SIG et analyse spatiale

Selon S. Rimbart, les SIG n'ont pas à devenir la priorité des chercheurs, qui feraient mieux de se consacrer à l'amélioration de la sémiologie graphique dans les logiciels, à la diffusion des méthodes d'analyse spatiale et à l'étude des surfaces cartographiques (Rimbart 1989). Le caractère insuffisant et inadapté des fonctions analytiques des SIG est très souvent pointé mais selon Dumolard (1994), il peut être corrigé. Pour lui, vouloir se passer de la puissance des SIG serait rétrograde. Pour Charre, l'alternative est simple. Les SIG peuvent devenir « l'équivalent du Quid et alimenter des inventaires » ou « être associés à un ensemble méthodologique nécessaire à l'analyse spatiale » et s'intégrer dans une méthodologie géographique (Charre 1994). Pour Mathian et Sanders, l'intégration des méthodes d'analyse spatiale et de modélisation au sein d'un SIG serait une évolution d'ampleur aussi importante pour la géographie que la diffusion de l'informatique en géographie dans les années 1970 (Mathian et Sanders 1994). Le débat dans les Ateliers de Géopoint 94 met en évidence une opposition entre ceux qui doutent que l'intégration des outils de modélisation et des SIG soit possible (M. Le Berre) et ceux qui non seulement pensent le contraire mais défendent l'idée que les SIG, bien utilisés, sont même un facteur de facilitation et d'amélioration de la pratique de l'analyse spatiale (J. Charre, H. Mathian, D. Pumain, L. Sanders,).

¹ Pour ne pas alourdir le texte, nous renverrons aux interventions orales dans les Ateliers de Géopoint par un simple nom d'auteur, suivi de cette référence (Groupe DUPONT 1994b).

² Il s'agit d'une version complètement remaniée de la contribution que nous avons présentée au Colloque d'Orléans (Joliveau 2003)

Qu'apportent les SIG à la géographie ?

Les avis divergent sur les apports des SIG à la géographie. Pour certains, les SIG ne changent rien, ou presque. Ils permettent pourtant de faire la même chose qu'avant mais plus rapidement et donc de réaliser des traitements cartographiques que l'on ne réalisait en fait jamais (Voiron et Dagonne 1994). Pour H. Dao, les SIG sont le nouvel outil central de la géographie, même s'ils sont mieux adaptés à la prise en compte de la réalité dans ses aspects matériels, biophysiques et techniques que dans ses dimensions sociales et culturelles. Pour P. Dumolard (1994), l'intérêt des SIG est proportionnel à la place que le géographe accorde à l'information spatiale dans sa démarche. Un avis assez largement partagé est qu'ils permettent d'intégrer dans l'analyse des données hétérogènes, ce qui était impossible ou difficile à réaliser sans eux. J. Charre (1994) craint, on l'a vu, que les SIG ne produisent une régression idiographique de la discipline, conduisant par combinaisons successives de critères à différencier chaque lieu de son voisin : « Verticalement on combine des couches d'information, on entasse, on fait de l'inventaire. Il se dégage de cela une odeur qui rappelle un peu celle de la synthèse géographique, donc une odeur un peu rance ». Mais il remarque qu'il est possible aussi de les utiliser toujours "verticalement" pour explorer des covariations entre distributions spatiales et "horizontalement" dans une approche d'analyse spatiale en introduisant la notion de distance. D'autres pensent cependant qu'ils obligent à réfléchir sur ce qu'est vraiment l'information géographique. Pour Thériault (1996), le principal défi des SIG aux géographes est d'ordre conceptuel ; ils vont obliger ces derniers à formaliser des concepts, qui, bien qu'utilisés dans la discipline depuis longtemps, n'ont jamais reçu de définitions strictes et rigoureuses. L'intérêt des SIG pour l'enseignement de la géographie est aussi mis en avant.

Enfin, les critiques portent sur le risque d'hégémonie des SIG en géographie. Durand-Dastès s'inquiète du rôle central que l'on semble donner aux SIG, alors que c'est l'analyse spatiale qui lui paraît devoir primer dans le travail du géographe. Waniez, Vizintim et al. dénoncent la mode « tout SIG » et l'engouement irréfléchi pour un outil à tout faire qui prétendrait remplacer tous les autres (Waniez, Vizintim et al. 1993). F. Voiron et Dagonne (op. cit.) critiquent comme S. Rimbart en 1989 le syndrome de la base de données, piège que constituerait pour le géographe la quête de la donnée pour la donnée, indépendamment d'une problématique. Waniez, Vizintim et al. (op. cit.) pointent aussi le risque « d'ensiler » des données indépendamment de toute question préalable.

SIG et rapport de la géographie avec les autres disciplines

Certains soutiennent que les SIG renouvellent en la modernisant l'image de la géographie dans le grand public comme parmi les décideurs. Ils lui donnent aussi un nouveau statut dans le concert des disciplines : « Il est satisfaisant de voir qu'à côté des autres disciplines littéraires, où il n'y a pas de contrats avec l'industrie, la géographie se met au même plan que les disciplines scientifiques grâce aux SIG » (Guermond 1994a). Vidal (Géopoint 1994) pense qu'avec les SIG les géographes peuvent avoir un rôle de médiateur entre les concepteurs des systèmes et leurs utilisateurs, tels que les décideurs par exemple. Ils auraient aussi un rôle didactique en aidant les gestionnaires territoriaux à passer d'une culture sectorielle à une culture spatiale. T. Saint-Gérand et al. (1994), ainsi que plusieurs autres auteurs, insistent sur la nécessité impérieuse d'un travail commun entre thématiciens et informaticiens pour développer de nouveaux outils. Pour Thériault (op. cit.), les SIG sont des outils fondamentalement interdisciplinaires et les géographes doivent apprendre à travailler dans cet esprit. A. Ruas (1994) pense aussi que le croisement de données multi-sources permis par les SIG permettra enfin une interdisciplinarité des sciences géographiques, économiques et sociales. Mais dans les débats, une inquiétude latente est perceptible. Faute de compétences techniques, la maîtrise de l'information géographique ne risque-t-elle pas d'échapper aux géographes (G. Feyt) (Géopoint 1994) ? Les

géographes sauront-ils être à la hauteur des coûts et de la complexité technique de ces systèmes ?

SIG et géographie appliquée

Pour P. Dumolard, une géographie appliquée n'est crédible que si elle privilégie « la représentation et la communication de l'information spatiale comme moyens heuristiques de découverte, de validation et de diffusion ». Le SIG devient alors « l'outil incontournable » de cette géographie appliquée. P. Pottier (1994) est plus dubitatif. Pour lui, la conception de l'espace géographique que proposent les SIG est d'essence structuraliste et se limite à des relations d'ordre géométrique. Elle est peu adaptée « aux appréciations non visibles et immatérielles des dynamiques territoriales » qui sont dominantes en aménagement. La question politique n'est pas non plus oubliée, Y. Guermond conclut Géopoint94 sur le thème de la relation entre SIG et démocratie, qui lui semble moins une question d'outil que de volonté politique.

Un bilan

A la relecture de ces débats, on mesure combien dans leurs échanges, les intervenants se réfèrent à des conceptions différentes des SIG au sens de notre Parcours 1. Certains adoptent une conception *logiciel*, d'autres une conception *système d'information/base de données* et d'autres enfin une conception *méthodologie intégrée*. Les propositions et arguments passent sans cesse d'un niveau à l'autre, et l'on ne perçoit pas toujours à quoi il est fait référence : une méthode d'analyse, une technique quantitative, une fonction logicielle ? La définition des SIG n'est pas encore très affirmée.

Il ressort aussi très nettement de ce débat que nombre d'intervenants sont plutôt critiques et réservés par rapport à un usage généralisé des SIG en géographie. Une forte minorité les perçoit comme des outils complexes et lourds, au mieux insuffisants, au pire dangereux, la plupart du temps inadaptés à des problématiques géographiques. Pour de nombreux membres du Groupe Dupont, les SIG sont trop peu équipés en fonction d'analyse spatiale, et déficients du point de vue de la sémiologie. Surtout, ils mettent la question des données au centre de la problématique, ce qui est perçu comme une régression vers l'inventaire, la description, la compilation irréfléchie et non problématisée.

Ils apparaissent autant comme un risque que comme une opportunité pour la géographie, qu'on la nomme « quantitative », formalisée ou modélisatrice comme on voudra. Cette réaction était déjà celle de S. Rimbert en 1989. Elle critiquait les SIG car ils développaient les capacités de traiter les données sans diffuser en parallèle une culture de l'analyse spatiale et de la sémiologie graphique (Rimbert 1989). Pour elle, confrontés au développement très rapide de ces outils de gestion et d'aménagement, les géographes ne devaient pas se tromper de programme scientifique. La priorité n'était pas de céder au syndrome « des SIG et des Bases de données » ni de concourir à la promotion de systèmes qui n'avaient pas besoin des chercheurs pour cela. La priorité était de travailler au rattrapage des lacunes de la cartographie assistée par ordinateur.

L'explication de cette réticence ou de cette méfiance se trouve dans la nouvelle configuration de l'informatique géographique qui se met en place à la fin des années 80¹. Dominé par l'industrie et par les sociétés privées, piloté par les administrations et les collectivités locales, le secteur de l'informatique géographique change. La mise à l'écart de la recherche d'un système devenu essentiellement commercial est soit crainte (Guermond 1994b) soit revendiquée (Rimbert). Chez S. Rimbert l'analyse de ce changement de contexte prend l'allure de la fin d'une période :

¹ Une transcription burlesque et humoristique de cette période confuse se trouve dans (Miller et Thériault 1991)

« En un sens, le succès de la production commerciale géomatique est l'expression de l'intérêt de vingt années de recherche en géographie théorique et quantitative. En quelque sorte, les SIG sont le triomphe de deux à trois décennies d'analyse spatiale. (La façon dont les SIG sont utilisés est une autre histoire !) ». (Rimbert 1999).

Une question pourtant : les géographes n'ont-ils rien à dire à propos de cette autre histoire ?

3.2. Le débat de la géographie anglo-saxonne à propos des SIG

Cette question est abordée, entre autres, par le débat qui a agité la géographie anglo-saxonne tout au long des années 90. Débat n'est même pas le mot approprié. Il s'agit d'une véritable querelle scientifique, au ton virulent et polémique, qui vit s'opposer frontalement deux camps : les géographes de la géographie sociale et humaine d'une part et les géographes des SIG d'autre part. Il n'est pas possible de rendre compte ici des différents arguments échangés. Nous utilisons essentiellement l'article synthétique de Schuurman (2000) pour présenter les termes principaux d'une querelle complexe, qui eut plusieurs temps et fut marquée par des tentatives de conciliation plus ou moins réussies.

Le débat fut lancé au début des années 90, par Taylor (1990) qui mettait en cause la direction erronée que prenait la géographie sous l'influence du développement des SIG. Cette première attaque, et les réponses de défense ont contribué à établir une liste d'arguments visant à critiquer l'utilisation des SIG en géographie.

Le positivisme des SIG

Un premier reproche porte sur le *positivisme* des SIG à travers leur prétention à rendre compte d'un monde objectif sous une forme numérique et dans un système de données cartésien, qui les conduirait à trahir la complexité du réel, en oubliant l'irréductibilité de l'espace social et culturel et en écartant tout ce qui n'est pas observation ou expérience. Les SIG seraient ainsi épistémologiquement liés à un mode de raisonnement hypothético-déductif de type positiviste et écarteraient sans procès d'autres modes de raisonnement tout aussi valides (dialectique, déconstructiviste,...). Taylor parle de la pire forme de positivisme, l'empirisme le plus naïf. Cette critique de l'empirisme est aussi la critique de la géographie quantitativiste et modélisatrice et de la mouvance de la "science spatiale" qui a dominé la géographie-anglo-saxonne des années soixante. Ce qui sous-tendrait cette conception de la géographie est que les problèmes géographiques peuvent la plupart du temps se traduire sous la forme d'une description pertinente de la structures spatiale d'une distribution. La critique porte alors sur le caractère non théoriquement expliqué des modèles spatiaux mis en œuvre. Les SIG sont présentés comme un resourcement de la "science spatiale", qui s'était épuisée dans les années quatre-vingt et que les tenants d'une géographie marxiste, radicale et post-positiviste pensaient avoir éradiqué.

Réalisme naïf

Une autre critique porte sur le réalisme naïf qui caractériserait les spécialistes des SIG, assumant que les SIG représentent le monde « réel » de manière adéquate, même si c'est de manière imparfaite. La représentation spatiale des phénomènes est en effet un moyen de lier les théories scientifiques au monde réel (Schuurman 2002). Cela les conduirait à ignorer le fait que les SIG sont d'abord des constructions sociales qui dissimulent les jugements de valeur qu'ils stockent implicitement et qu'il existe des différences subjectives dans les manières de percevoir la réalité.

Anti-humanisme et naïveté politique

Les SIG conduiraient aussi à privilégier en géographie des questions techniques plutôt que les interrogations fondamentales de la discipline. Les recherches avec les SIG seraient pilotées par les données, le plus souvent de seconde main, sans théorie cohérente pour les guider. Elles seraient extrêmement dépendantes des intérêts privés ou des enjeux des pouvoirs locaux et nationaux et conduiraient leurs concepteurs à soumettre leurs travaux à des objectifs extrascientifiques, essentiellement pratiques et acritiques. On a ainsi beaucoup dénoncé le fourvoiement politique et éthique de la géographie des SIG dans la participation aux appareils de surveillance et d'encadrement des individus et des groupes. Son utilisation militaire a été mise en cause de manière très violente. On a par exemple associé les morts irakiens de la première guerre en Iraq à l'utilisation de technologies de l'information géographique (Smith 1992). Cette cécité porterait aussi sur les conditions humaines et sociales du monde virtuel et de la société numérique dont seraient porteuses les technologies de traitement de l'information.

La défense des géomaticiens

Les géographes des SIG ont répondu sur plusieurs plans. Ils ont d'abord mis en cause les compétences des "social scientists" à juger de matières techniques qu'ils ignoraient (S. Openshaw a même parlé « d'infirmités de l'ordinateur »). Ils ont discuté les méconnaissances des applications réelles des SIG qui sous-tendaient ces attaques et dénoncé un combat d'arrière-garde qui serait le reflet de stratégies de pouvoir pour le contrôle de la discipline géographique. Ils ont aussi avancé, un peu imprudemment peut-être, que la mise en œuvre des SIG par des géographes, et non par des informaticiens ou des ingénieurs, était justement la garantie d'une utilisation socialement adéquate des données et des outils. Ils ont défendu la légitimité d'approches scientifiques de type positiviste en sciences sociales et dénoncé l'obscurantisme d'une position qui refuserait non seulement « toute quantification mais même tout travail fondé sur l'utilisation de données » (Unwin 1994).

Beaucoup de spécialistes des SIG ont vu dans ces accusations l'expression extrême des errements anti-scientifiques et relativistes d'une certaine géographie post-moderne et déconstructionniste nord-américaine. Mais elles ont été cependant entendues comme un appel à mieux explorer la question des usages sociaux des SIG, qui est maintenant un domaine de recherche très développé outre-atlantique. Elles ont aussi conduit les géomaticiens anglo-saxons à réinterroger leur positionnement scientifique. C'est ce qui a conduit Chrisman par exemple à enrichir son cadre conceptuel des SIG des dimensions institutionnelles et sociétales (Chrisman 1997) (voir Parcours 1). Ces critiques ont aussi conduit aux programmes de recherche des "Public Participation GIS" analysés au Parcours 4. Enfin, elles ont contribué à la tentative de conceptualiser une Science de l'Information Géographique autonomisée par rapport à la Géographie.

Ce débat trouve au fond sa source dans le même malaise que celui des géographes français au début des années 90, mais il s'est exprimé dans un contexte différent. Les géographes américains et anglais étaient beaucoup plus impliqués dans la construction des outils de la géomatique. Celle-ci est devenue plus tôt et plus rapidement une activité économique florissante dominée technologiquement par les compagnies privées au service des pouvoirs locaux et étatiques. La question de la responsabilité des géographes dans les utilisations qui étaient faites de ces technologies s'est donc posée plus fortement. Et elle a été soulevée par les chercheurs les plus sensibles aux questions sociales liées à l'espace, les spécialistes de la géographie sociale et

culturelle¹. Même si la question de la séparation entre “GIS scholars” et “social scientists” s’est à un moment posée, il faut remarquer que la coexistence s’est organisée. Les publications des uns ont souvent laissé la place aux vues des autres. Par ailleurs les géomaticiens anglo-saxons n’ont jamais renié leur appartenance à la géographie.

3.3. Géomatique et géographie, les enjeux

Le projet scientifique de la géomatique

L’approche adoptée ici a conduit à laisser de côté une discussion approfondie du projet scientifique de la géomatique. C’est une question complexe, impossible à traiter en quelques lignes, mais il faut revenir sur quelques questions importantes.

Comme on l’a vu, la question d’une recherche en géomatique est apparue quand le développement de l’information spatialisée numérique et des outils informatiques mis en oeuvre pour la traiter a obligé à repenser sous forme d’un champ commun un ensemble d’activités plus ou moins autonomes jusqu’alors. Les géomètres, photogrammètres, topographes et cartographes travaillaient traditionnellement de manière indépendante, même s’ils échangeaient des résultats. L’hypothèse qui sous-tend le terme de géomatique est que la numérisation de l’information sur l’espace terrestre conduit, non à la fusion de ces métiers, mais à l’échange et à la compatibilité systématiques de leurs données, techniques, méthodes et outils. C’est très clair dans l’éditorial de 1993 qui salue le changement de nom de la Revue des Sciences de l’Information géographique (au pluriel) à la Revue de Géomatique (au singulier). « Le terme “géomatique” (...) tend de plus en plus à exprimer une approche synthétique qui associe à la matière du géographe, du géologue, du géodésien, du géomètre, etc., l’outil et la recherche informatique la plus actuelle où l’espace devient une composante essentielle de l’information à traiter et analyser. Un seul terme pour faire converger des approches qui demeurent trop souvent composites. N’est-ce pas, en soi, un beau programme ? » (Boursier, Cheylan et al. 1993). Convergence, intégration de métiers et d’activités diverses, la géomatique en tant que discipline des SIG s’est constituée dans les années 80 sur ces bases.

Au États-Unis, au Canada puis en France et dans le monde, la géomatique est devenue un véritable secteur d’activité, une industrie, qui regroupe les activités de photogrammétrie, d’arpentage foncier, de topographie, de géodésie de télédétection, de cartographie automatique et de base de données spatiales. Il est animé par des salons commerciaux, une presse spécialisée, des associations professionnelles, des forums sur Internet ... La géomatique apparaît comme une *technoscience* pour reprendre le mot de G. Balandier (Balandier 2001), mot qui traduit bien une activité orientée vers la production de nouvelles connaissances au moyen de « la traduction technologique des acquis sans cesse accumulés par l’activité scientifique, la conversion non différée de chaque découverte en outils plus performants, en moyens d’actions nouveaux et bénéfiques » (p. 41-42).

Le débat dans la géographie anglo-saxonne traduit la réaction méfiante d’une partie de la communauté géographique par rapport à cette technoscience triomphante. C’est une réaction du même ordre qui a conduit les géomaticiens français issus de la géographie comme de l’informatique à veiller à se placer en dehors de cette vague de la géomatique “industrielle et commerciale” et à travailler en amont, sur des questions et des concepts, des méthodes ou des outils non pris en compte dans les produits logiciels du marché. Il est très frappant de constater combien les chercheurs géomaticiens français participent peu aux activités du secteur professionnel de la géomatique. Ils se font rares, par exemple, aux salons et aux rencontres des

¹ C’est une particularité de la géographie, et un problème de cette situation, que les critiques soient de la même discipline que ceux qu’ils critiquent.

métiers de la géomatique et sont généralement peu actifs dans les listes de diffusion à caractère professionnel. Du point de vue de la recherche en informatique, cette coupure est une nécessité intrinsèque à la discipline qui ne pose pas de problème. Du point de vue des chercheurs issus de la géographie, cela peut se comprendre à la fois comme une continuation de la tradition de la géographie modélisatrice et quantitative (Rimbert 1999) et comme une volonté d'indépendance politique et conceptuelle par rapport aux intérêts commerciaux colossaux qui émergeaient. Mais cela se traduit par une coupure des chercheurs avec les usages et les usagers quotidiens et professionnels de la géomatique. La lecture des articles et des ouvrages de la GIScience nord-américaine montre un intérêt beaucoup plus large pour la communauté des utilisateurs des GIS, qu'il s'agisse de géographes académiques ou de cadres du privé.

Mais cette méfiance ne peut remplacer une réflexion scientifique sur le statut des connaissances produites. Vu de la géographie, une question se pose alors. La géomatique peut-elle être envisagée comme une nouvelle forme d'ingénierie géographique ? L'ingénierie géographique renvoie à une mission ancienne de la géographie, celle de la description et de l'inventaire de la surface terrestre. Longtemps le travail du géographe a consisté à mesurer, explorer et raconter la diversité du monde. Il s'agit de cette géographie fondamentale dont parle Lacoste (1980), celle d'avant la géographie moderne et scolaire. Les géographes sont alors autant des explorateurs que des savants. Dresser la carte d'un espace c'est permettre son exploitation et sa mise en valeur pour un État ou une compagnie industrielle. Ce n'est qu'ensuite, au XIXe siècle, que la tâche d'élaborer des cartes sera détachée de la géographie sous forme d'une discipline autonome, la cartographie. Si tous les géographes ne sont pas des explorateurs à l'égal d'Humboldt, cette géographie a nourri la vogue des sociétés de géographie et accompagné l'aventure coloniale. Il est d'ailleurs intéressant de constater que la constitution d'une géographie comme discours scolaire puis comme discipline « explicative » universitaire à la fin du siècle dernier coïncide avec la fin de l'exploration du globe.

Est-il exagéré de voir dans la géomatique, un nouvel avatar, à la mode informatique, de cette géographie fondamentale ? N'y a-t-il pas au cœur du projet de la géomatique l'idée de raccorder la géographie des ingénieurs et la géographie des professeurs ? Si l'aventure numérique de la fin du XXe siècle est moins risquée que l'exploration au XVIIIe siècle, elle a quelques points communs avec elle. Quand le géographe La Condamine part au Pérou en 1735, il est associé à un mathématicien, un astronome et un naturaliste. Il procède avec eux dans le même temps à la mesure très précise de l'arc du méridien terrestre, par force de calculs, tout en analysant l'hydrologie et la forme des vallées, l'activité volcanique et les moeurs des habitants (Trystram 1993). Cette activité multidisciplinaire préfigure celle de la géomatique contemporaine, associant géographes, informaticiens, topographes et télédéTECTEURS. Un autre signe, même s'il est anecdotique, est le nom que se choisit le réseau de recherche français sur les sciences de l'information géographique, qui se constitue au début des années 1990 : "Coordination pour l'Analyse Spatiale et les Systèmes d'INformation géographiques Intelligents" : C.A.S.S.I.N.I. Clin d'œil à la fameuse famille d'astronomes et géographes qui réalisa la première carte topographique du Royaume de France. Cette géomatique là traite d'inventaires localisés, de constitutions de bases de données de référence, de méthodologies de description du réel, de modèles de données spatio-temporels, d'ontologies. Elle est associée à un nouveau mode de description de la surface terrestre, appuyée sur des données, des méthodes et des outils numériques. Les relevés ne concernent plus seulement la topographie mais tous les domaines : services techniques des communes, parcs naturels, gestionnaires de réseaux, opérateurs téléphoniques, compagnies de transports. Partout se constituent des bases de données numérisées, à différentes échelles et plus ou moins coordonnées entre elles. C'est d'ailleurs sa nouveauté : elle unit et standardise des pratiques d'ordres différents.

On comprend que ce programme d'ingénierie géographique ne passionne pas tous les géographes. La tradition explicative de la géographie savante, qu'elle soit formalisée et modélisatrice, qualitative ou empirique, ne se satisfait pas d'un programme perçu comme essentiellement descriptif et principalement technique. La tradition critique de la géographie sociale y voit même un projet dangereux.

Confrontés depuis le début à ce type de critiques et de réticences, les chercheurs de GIScience anglo-saxonne ont été conduits à approfondir leur réflexion épistémologique. On se référera ici au programme présenté par Longley, Goodchild et al (2001), qui se construit sur une opposition entre deux paradigmes scientifiques (Hills 1999) :

- Une approche scientifique correspondant au premier paradigme est spécialisée dans ses objets et ses thématiques. Sa curiosité scientifique est d'ordre plutôt théorique, à finalité objective et désintéressée. Elle est à la recherche de lois générales mais sans avoir d'obligation de réussite dans cet objectif. Le travail est fondé sur la neutralité et le caractère impersonnel du chercheur. Elle procède par suite de conjectures et de réfutations, selon des méthodes scientifiques anciennes et validées. Les publications se font de manière personnelle ou collective dans le cadre homogène de journaux scientifiques avec une évaluation par les pairs. Elle est pratiquée par des chercheurs de carrière, souvent permanents.
- Une approche scientifique relevant du second paradigme est au contraire à caractère holistique et non réductionniste. Elle répond à une mission plus stratégique et appliquée que théorique et elle est pilotée par le contexte et non par l'objet. Elle a des obligations de résultat. Elle est fondée sur une approche réflexive plutôt que sur des jugements absolus. L'organisation du travail est collective. Le cadre de publication est hétérogène et utilise beaucoup Internet. Une non-publication des résultats est envisageable pour des raisons d'avantage compétitif. Cette approche reflète le monde non académique, celui dans lequel travaillent la majorité des diplômés. Elle est pratiquée par des équipes mixtes de chercheurs et de professionnels qui s'assemblent en fonction d'une logique de projet.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, Longley, Goodchild et al ne classent pas la géographie dans le premier paradigme et la géomatique (au sens de GIScience) dans le second. Pour eux si la géographie relève en effet du premier paradigme par son objectif général de recherche de vérités universelles, ses recherches souvent appliquées relèvent dans la pratique plutôt du second. A l'intérieur de la géographie, la géomatique travaille, elle, exclusivement dans le contexte du second paradigme. Ses travaux mobilisent souvent les sciences naturelles, les sciences sociales et les sciences économiques et permettent rarement de formuler des lois universelles, tout en utilisant ces dernières. Comme le travail interdisciplinaire en équipe est une nécessité, les valeurs et références des différents chercheurs en géomatique ne peuvent pas être semblables. Les projets associent aussi souvent des scientifiques et des acteurs parties-prenantes des problèmes. Les critères d'évaluation de la réussite des projets de recherche communs sont donc variables en fonction des équipes, et même en fonction des origines des différents membres à l'intérieur des équipes. Les chercheurs en géomatique peuvent et souhaitent souvent travailler successivement dans différents domaines d'application. Les formes de publication varient du simple rapport et du site Web à la publication académique.

Il n'est pas question d'accepter cette proposition sans analyse critique. Elle apparaît comme une tentative pour conceptualiser a posteriori une pratique scientifique des SIG qui pourrait s'extraire de cette démarche positiviste classique que les chercheurs en géographie sociale reprochaient à la géomatique. Elle est aussi fondée sur un modèle d'organisation institutionnelle

de la recherche complètement nord-américain. Pour notre part¹, ce paradigme correspond bien, dans certains de ses aspects, au contexte dans lequel nous avons mené les projets rapportés dans les parcours précédents. C'est le cas en particulier de la méthode de gestion paysagère que nous tentons de mettre au point dans le Parcours 2. Il s'agit de projets pluridisciplinaires orientés vers la résolution de questions pratiques et menés en liaison avec des acteurs ou des parties prenantes du problème. L'objectif est d'inventer ou, plus souvent dans notre cas, d'assembler de manière si possible innovante des solutions méthodologiques *ad hoc* répondant au problème donné. Pour comprendre la manière dont les questions se posent dans ce type de projet, prenons l'exemple des modèles spatiaux. Un géographe modélisateur n'a guère besoin d'un SIG : les outils ont de faibles performances et sont mathématiquement limités. Un SIG devient utile si la question scientifique interfère avec un problème concret, pose des questions multidisciplinaires, renvoie à une réalité spatiale complexe et nécessite impérativement une représentation spatiale du problème et des solutions envisageables (Goodchild 2003a). Ces problèmes nécessitent donc bien ce qu'on pourrait appeler une ingénierie géographique, ingénierie bigarrée et complexe, articulant des connaissances scientifiques générales et des savoirs vernaculaires, des méthodes naturalistes et des approches culturelles, des analyses sociales et des modèles spatiaux. Le géographe n'est certes pas un ingénieur, mais certaines des questions pratiques auxquelles il tente de répondre peuvent renvoyer à des questions fondamentales intéressantes, en géographie physique ou sociale comme en analyse spatiale.

Cette capacité à produire de la connaissance lors de la résolution de problèmes conduit nécessairement vers les épistémologies constructivistes (Le Moigne 1999) : « Le sujet connaissant ne représente pas des choses mais des opérations (ou des interactions) et la connaissance qu'il en construit par des représentations est elle-même opératoire, ou active » (Le Moigne 1999, op. cit. p. 69). Cela ouvre la question de la possibilité de sciences de la *conception* (Le Moigne 1990) ou de *l'intervention* (Goodchild 2003b) dont la géomatique pourrait relever. Ce mode de travail scientifique pose cependant de multiples problèmes, en particulier celui de la validation des résultats, comme nous l'avons vu dans le parcours précédent à propos des recherches sur les représentations spatiales. Cela conduit à renouveler la problématique de la géographie appliquée, telle qu'elle se posait traditionnellement (Philipponneau 1999). Nous n'irons pas plus loin dans cette direction.

Une question importante est de savoir si un tel contexte épistémologique est compatible avec la culture scientifique des géographes de la modélisation et de l'analyse spatiale. Il conduit en effet à travailler en fonction d'applications pratiques et applicables assez rapidement, même s'il est possible d'articuler des travaux théoriques et fondamentaux aux temps de retour plus longs, ce qui demande un dispositif de recherche plus complexe. La géomatique, qui regroupe en plus des informaticiens et des géographes, des agronomes, écologues, hydrologues ... apparaît comme un bon cadre de travail pour ce type d'approche mais elle devrait s'ouvrir encore à des spécialistes de sciences humaines et sociales : sociologues, historiens, économistes ...

Le rapport des géographes à l'informatique

Les critiques des SIG du débat anglo-saxon auront sans doute rappelé d'autres débats plus anciens. P. George était parti en 1972 à l'assaut de « l'illusion quantitative en géographie » (George 1972). Il est frappant de constater que nombre de ses arguments correspondent point par point à ceux des critiques actuels des SIG.

1^{er} argument : Avec l'informatique, « le mesurable devient objet majeur, sinon exclusif, de

¹ Mais il nous semble que c'est une posture adoptée aussi par des chercheurs plus directement orientés vers l'analyse spatiale. Voir par exemple l'intervention de D. Josselin au colloque d'Orléans en mars 2003 et l'ensemble des travaux de S. Lardon.

recherche » et le problème principal devient celui de la mobilisation et de l'exploitation des données. L'outil informatique induit toute une méthode de recherche. Il est indissociable d'une approche déductive, fondée sur la vérification d'hypothèses a priori : « On mesure ce que l'on veut mesurer parce que l'on a fait un choix théorique préalable. Et l'on écarte explicitement ou implicitement ce qui n'entre pas dans le schéma conceptuel initial. ». Il y a donc un risque « à confier à la machine le soin de cautionner une opinion ou une thèse, plus que de prospecter un inconnu » et on découvre souvent ce que l'on a consciemment ou inconsciemment évoqué au départ. La géographie étant une science d'observation « qui doit garder son indépendance à l'égard de tout a priorisme », les méthodes deductives doivent être cantonnées « aux recherches de spécialités préalables à l'étude géographique ». La géographie, elle, dresse *in fine* les bilans de ce que peuvent apporter toutes les méthodes de recherche y compris celles qui se fondent sur l'intuition.

Les SIG sont là plutôt du côté de P. George contre la science spatiale. On a vu que les géographes de l'analyse spatiale leur ont reproché justement leur incompétence dans les questions d'analyse et leur caractère d'outils fourre-tout et empiriques. Leur utilité dans une exploration non dirigée d'une base de données leur vaudrait peut-être l'absolution (!) de la part de P. Georges. On a vu cependant des défenseurs des SIG défendre à la fois l'intérêt d'une démarche hypothético-déductive fondée sur des raisonnements à partir de modèles de données spatiaux appliqués à un jeu de données, et une approche inductive utilisant les bases de données géographiques constituées dans les SIG des agences publiques ou des sociétés privées pour tester les modèles de la science spatiale afin de répondre à des questions d'ordre pratique.

2^{ème} argument : « Une géographie quantitative repose sur des données incomplètes et fausses ». Les données numériques qu'utilise le géographe sont entachées de toute une série de biais qui les rend inutiles ou trompeuses. Elles ont été collectées à des fins pratiques et non scientifiques. Les données administratives ou les fichiers industriels ont finalement un intérêt limité dû au caractère sectoriel des objectifs auxquels ils répondent, aux erreurs d'enquête, aux contraintes budgétaires, aux réticences ou falsifications des enquêtés, etc.. En définitive, « les données statistiques séduisantes par la rationalité du chiffre n'apportent que des approximations plus ou moins biaisées dans des sens variés par la subjectivité même de leur objet ». Par ailleurs, pour améliorer ces données, le géographe est obligé de se livrer à des ententes et des compromis avec les organismes producteurs, « ce qui constitue une autre forme de déviation de la recherche pure vers des objectifs partiels de caractère conjoncturel, mais rentables ».

L'extrême dépendance des SIG par rapport aux intérêts privés ou aux enjeux des pouvoirs locaux et nationaux et le risque de la déviation des objectifs de recherche pour des raisons politiques ou financières est un vieux classique de la critique anti-SIG.

3^{ème} argument : « Il est superflu de répéter que certains de ces faits et de ces éléments ne sont pas saisissables par le calcul ou que leur dimension échappe à la formulation mathématique, des facteurs religieux, nationaux, des mentalités, des structures sociales, des niveaux d'instruction, des états sanitaires et endémiques, par exemple. » Toute situation géographique à expliquer combine « des données mesurables et des variables incommensurables. L'influence de ces dernières est, sinon décisive, du moins toujours importante. » Pour George les ensembles complexes que sont un paysage naturel ou une société, s'ils sont composés d'éléments mesurables, n'ont pas en propre de dimension, ne peuvent s'exprimer en formule numérique.

Il s'agit là de l'argument classique des représentations sociales, culturelles, esthétiques et idéelles qui ne peuvent être correctement encodées dans les SIG.

4^{ème} argument : « Les plus précieuses des données servant à la qualification et à l'interprétation d'une situation sont les virtualités, les tensions, les contraintes chargées de possibilités multiples

entre lesquelles le « hasard » historique tranche. Se condamner à les ignorer est faire une géographie stérile sans valeur prévisionnelle ou prospective. (...) C'est aussi dissocier, et de façon purement abstraite, la géographie et l'histoire en revenant à une conception abandonnée il y a plus de vingt ans, suivant laquelle la géographie donnait l'image d'équilibres immuables – à l'échelle humaine – dont l'histoire récente a montré toute l'inanité ».

La difficulté à prendre en compte correctement les dynamiques temporelles est une faiblesse reconnue par les spécialistes des SIG et constitue un des programmes de recherche actif du domaine.

5^{ème} argument : « On présente souvent un faux dilemme. Si le géographe ne participe pas à l'élaboration des données, c'est-à-dire à la préparation des programmes (...) il ne saurait en conséquence se plaindre de leur inadéquacité (sic) à ses recherches. (...) S'il se place au rang des techniciens programmeurs ou préprogrammeurs, il sectorialise son action, et au lieu d'être juge des pièces du procès, prépare une plaidoirie, défend une thèse. Il a aliéné son indépendance au bénéfice d'une idéologie, celle qui commande le choix de l'hypothèse à modéliser. »

L'argument de la nécessaire compétence informatique pour juger de la recherche en SIG a été un argument de défense des défenseurs des SIG. Cet argument renvoie aussi au second.

6^{ème} argument : P. George ne rejette pas « cet instrument prestigieux » qu'est l'ordinateur, pas plus qu'il ne rejette l'avion mais « les méthodes quantitatives appliquées à des faits d'intérêt géographiques (...) sont un instrument de documentation. Leur traitement d'ailleurs est du ressort des techniciens de la documentation et d'opérateurs de calculs (il n'est pas sans utilité que les premiers, dans la mesure où ils sont appelés à traiter des données d'intérêt géographique, aient une culture géographique). Le travail proprement géographique se situe à l'aval de celui du documentaliste. »

30 ans plus tard, certains continuent à s'inquiéter d'une dérive technique de la géographie à cause des SIG (voir plus loin).

Ce qui est saisissant dans ce texte de P. George est que les arguments pour ou contre l'informatique géographique n'ont pas changé en trente ans – le débat anglo-saxon l'a prouvé et on l'entend tous les jours dans les couloirs des universités – alors que le niveau d'informatisation de la société, les techniques informatiques et les outils géographiques n'ont strictement plus rien à voir avec ceux d'alors. On a l'impression que le rapport à l'informatique d'une majorité de géographes s'est en quelque sorte figé, et ne se corrige guère malgré le rajeunissement des cadres. On pourra en conclure que c'est simplement P. George qui avait raison : la pratique de l'informatique est accessoire en géographie, ce que les géographes prouvent tous les jours. Nous nous inquiéterions nous plutôt de la cécité de ceux qui peuvent tenir imperturbablement pendant 30 ans un discours sur un objet en aussi forte évolution. Et nous gardons pour la fin le 6^{ème} argument de George : « Le propre de l'ordinateur et des méthodes quantitatives est de conditionner toutes les réalités humaines au gabarit de modèles : n'est-ce pas le sort des villes modernes et le rêve de certains urbanistes technocrates ? Mais les réactions de l'espèce sont imprévisibles à l'égard d'une mise en carte perforée totale de toute la condition et de toute la quotidienneté humaine. Et c'est encore être géographe que d'étudier ces réactions en chaque moment et en chaque lieu. » A l'heure où la Terre est numérisée plusieurs fois dans des bases de données, peut-on être géographe au sens de P. George, et continuer à refuser de considérer par principe des outils qui donnent accès à cette nouvelle réalité humaine ?

Cette réticence d'un grand nombre de géographes à l'informatique a des conséquences très dommageables sur la diffusion d'une culture géographique dans l'usage des SIG. Elle s'explique par deux problèmes connexes. Le premier est lié à une méconnaissance des questions de mesure et de quantification. On l'impression que dans l'esprit des étudiants, et plus tard des

chercheurs, il existerait deux univers différents en géographie, l'univers du qualitatif (avec un petit q) et l'univers du Quantitatif (avec un grand Q). Le choix de l'univers dans lequel on va vivre sa vie de géographe se fait tôt, avant le bac et pour la vie ... J. Charre a montré pourtant de manière lumineuse que pour ce qui compte, c'est-à-dire le traitement d'une information géographique au sens le plus large du mot, l'important est moins l'opposition qualitatif/quantitatif que la distinction informel/formel qui met au centre de la démarche scientifique la question de la formalisation du raisonnement géographique, y compris au moyen de nomenclatures qualitatives (Charre 2000). La deuxième question est celle de la culture informatique des géographes, qui prolonge cette question. En effet comme le remarque Charre, les SIG ont au moins eu une conséquence favorable. Ils ont contribué à mettre de l'ordre dans la conception de l'information géographique. De ce point de vue, ils devraient donc être enseignés extrêmement tôt en géographie, non pas pour des questions de mode, mais parce qu'ils contribuent à formaliser les traitements de l'information sans nécessairement procéder à une quantification nécessitant des compétences mathématiques élevées. Leur emploi nécessite essentiellement une logique de définition, de classement, d'organisation portant sur des entités ou des traitements. Mais l'équation simple qui demeure dans les esprits depuis l'âge du FORTRAN (ordinateur = Quantitatif), ajouté au fait que l'on enseigne étrangement les techniques selon l'ordre de leur apparition dans l'histoire de la géographie fait que le niveau de formation des étudiants géographes aux SIG reste faible.

La question de la formation sérieuse des géographes aux outils de l'informatique est centrale pour une meilleure utilisation des SIG en géographie et une meilleure participation des géographes au projet de la géomatique. Pour en être triviale, elle n'en est pas moins fondamentale.

Les enjeux de la géomatique dans la géographie française

Les SIG, une dérive technique de la géographie ?

On peut penser que la teneur du débat anglo-saxon sur la place des SIG dans la géographie est très liée au contexte spécifique de la géographie nord-américaine. En regard, la puissance de la géographie de l'analyse spatiale française n'a rien à voir, l'industrie géomatique reste encore sous-développée et la géographie sociale est peu tournée vers l'étude des objets techniques. Pourtant, on a vu apparaître quelques velléités de critique des SIG venant de la géographie culturelle et sociale française. Staszak écrit par exemple que «... de plus en plus d'étudiants en géographie se tournent vers la cartographie et les SIG, fascinés par la puissance et le prestige de ces outils, mais également en réponse à la demande croissante des entreprises et des collectivités locales. Les publications techniques sur ces sujets se multiplient. Sur le plan épistémologique, ceci correspond à un glissement dangereux. (...) La dérive de la géographie vers les SIG risque de réduire la discipline à une technique de manipulation de données, abandonnant à d'autres le soin (et la responsabilité) de poser les bonnes questions, de construire les bonnes interprétations. » (Staszak 2001a), (p. 86-87). Cela peut apparaître comme une version édulcorée de la critique des social scientists anglo-saxons. Ceux-ci étaient plus radicaux. Ils ne parlaient pas de dérive technique mais de déviance complète, d'erreur à la fois « ontologique, épistémologique, méthodologique et éthique » (Sui 1994). Mais, surtout ces critiques étaient reliées, pour les plus intéressantes d'entre elles, à des observations et des enquêtes précises et à une connaissance concrète des outils et applications en cause. Est-ce bien le cas en France ?

Est-il raisonnable de craindre une dérive technique de la géographie française ? L'analyse quantitative des travaux présentée plus haut conduit à dissiper l'idée d'une dissolution de la géographie dans la géomatique. Il semble qu'une fois retombé l'effet de la nouveauté, une sorte d'indifférence épistémologique et méthodologique se soit installée chez la majorité des

géographes français vis-à-vis des SIG. Le débat plutôt technique de “Géopoint94” n’a pas mobilisé au-delà des praticiens des SIG, de l’analyse spatiale et de la modélisation. Aucun nouveau débat n’a eu lieu depuis, et pas non plus d’article, de discussion ou d’échange formel à propos de la place, du rôle, de l’intérêt, des contraintes ou des dangers de ces outils dans la discipline à différents niveaux : formation des géographes, organisation de la recherche, travail interdisciplinaire, effets politiques sous-jacents, nouvelles formes d’expertise en aménagement et gestion environnementale... Les questions de fond sont rarement abordées. Pourtant les SIG n’ont jamais été autant utilisés dans la gestion territoriale, l’environnement, l’aménagement. Leur utilisation se banalise rapidement dans les disciplines voisines (archéologie, écologie, agronomie, hydrologie, économie spatiale ...). La diffusion des SIG dans la société et la recherche en France multiplie les exemples concrets à observer et devrait justement donner lieu à une multiplication des recherches.

Pour de nombreux géographes français, les SIG sont essentiellement un domaine technique dans lequel les étudiants trouvent des débouchés professionnels. Pour d’autres, ils constituent un outil utile pour stocker les données nécessaires à l’analyse spatiale, la modélisation ou la cartographie. Pour peu d’entre eux, ils constituent un objet de questionnement, pour ne pas dire de recherche pleinement géographique. Le nombre de géographes français impliqués dans la géomatique reste faible et n’a guère tendance à augmenter. Les études de la géomatique n’intéressent pas beaucoup les géographes au-delà d’un petit noyau. Les géographes semblent peu lire d’articles de géomatique, et ceux qui le font sont essentiellement les spécialistes intéressés par les questions de formalisation et de modélisation présents à “Géopoint94”.

Pour le coup, c’est cette indifférence méfiante de la majorité qui risque finalement d’être la cause de la dérive technologique soi-disant redoutée. La coupure entre géomaticiens et géographes risque en effet de s’étendre. Les géographes non spécialistes vont se trouver incapables de suivre le développement des techniques géomatiques. Et les liens des géographes-géomaticiens avec leur discipline d’origine se distendront. La pratique des SIG par les géographes se trouvera déconnectée à la fois des travaux théoriques en géomatique et de l’avancée théorique, conceptuelle et critique de la géographie. Les systèmes d’analyse et les bases de données spatialisées se feront sans esprit géographique. Quant aux bonnes questions et aux bonnes interprétations à faire avec ces outils, ce seront les spécialistes d’autres disciplines ou des équipes interdisciplinaires sans géographes qui les poseront et les donneront. Sans faire preuve de machiavélisme, on peut même se demander si cette coupure n’est pas le souhait secret de J-F. Staszak. Introduire un recueil de texte intitulé *Géographies anglo-saxonnes, tendances contemporaines* (Staszak, Collignon et al. 2001) par un exposé exclusivement consacré au courant post-moderne de la géographie américaine (Staszak 2001b), n’est-ce pas implicitement rejeter en dehors de la géographie l’autre grand courant actif (et antagoniste, on l’a vu) qu’est la Geographical Information Science ?

Un projet géomatique en géographie

Régulièrement, des appels ont été lancés pour prévenir les géographes du risque d’être exclus du prochain train de l’informatique géographique. 1969, S. Rimbart : « Faut-il laisser aux ingénieurs, aux architectes, aux sociologues, le soin de multiplier des expériences qui pourraient tout aussi bien être dans leur domaine. Les géographes ont-ils une place ? » (Rimbart et Lengellé 1969). 1994, Y. Guermond : « Est-ce que ça ne va pas se passer en dehors de nous ? Est-ce qu’on ne va pas devoir ramasser les miettes ? » (Guermond 1994b). 2001, M. Thériault : « Les géographes peuvent-ils se permettre d’être virtuellement exclus de tous ces domaines d’application parce qu’ils n’ont pas acquis les habiletés techniques et les connaissances fondamentales nécessaires ? » (Thériault 2001). Ceci dit, Thériault analyse très bien les enjeux de la géomatique et les handicaps dont souffre la géographie québécoise pour y répondre dans

de bonnes conditions. Si la situation est un peu différente de ce côté de l'Atlantique, les difficultés sont analogues pour des géographies qui relèvent des sciences humaines, contrairement aux géographies britannique et du nord de l'Europe : une insuffisance de formation en mathématique et en sciences, une formation géomatique tournée vers l'utilisation d'outils plus que vers la connaissance des principes et des concepts et un manque « d'arrimage conceptuel entre les concepts de la géographie et les principes fondamentaux des SIG » (Thériault, op. cit.).

Ces insuffisances ont des répercussions au niveau de la concurrence des géographes avec les spécialistes d'autres disciplines dans deux domaines qui sont liés : l'emploi des diplômés et la recherche. Au Québec, Thériault distingue deux types de géographes diplômés : pour une majorité, ils ont été seulement initiés à la géomatique et suivent des recettes pratiques. Leur formation est insuffisante pour détecter les problèmes conceptuels et ils pourraient devenir, individuellement, ces techniciens non critiques dont parlait Staszak. Les seconds sont une minorité ; ils maîtrisent la technologie géomatique, les méthodes d'analyse spatiale et les approches formalisées. Ils sont capables d'élaborer des approches adéquates à l'étude des dynamiques spatiales et les relations entre les phénomènes géographiques. Le problème pour Thériault est que la perception de la compétence des géographes en géomatique au Québec est fortement liée à la survisibilité de la première catégorie, qui est la plus nombreuse.

Si on trouve aussi en France ces deux types de profil, il nous semble que cette typologie, qui présuppose un continuum qui irait du technicien au concepteur, ne correspond pas tout à fait au marché de l'emploi de la géomatique tel qu'il se développe en France. Les profils sont plus diversifiés, aussi bien côté technique que conception. Ils dépendent de la position fonctionnelle du spécialiste SIG, qui peut être variable, comme nous l'avons rapidement évoqué dans le Parcours 1. Ces profils sont d'ailleurs en évolution permanente au fur et à mesure des changements de la technologie et des restructurations organisationnelles liées à la diffusion des SIG. Par ailleurs pour les géographes, les débouchés professionnels de la géomatique sont traditionnellement en France en concurrence avec ceux des concours pour l'enseignement primaire et secondaire, ce qui complique encore un peu plus l'élaboration de programmes de formation en géographie.

Du point de vue de la recherche, il est amusant de constater que Thériault prévoit, comme Staszak mais pour des raisons opposées, qu'avec la diffusion des SIG dans la société comme dans les autres sciences, les champs d'expertise traditionnels des géographes vont être investis par les sciences connexes (mais la connexité disciplinaire de Thériault n'est peut-être pas celle de Staszak !). C'est pourquoi il propose pour la géographie québécoise une stratégie d'ouverture résolument interdisciplinaire vers les SIG, dans un esprit de partage des expertises et de collaboration avec les autres sciences. Pour lui, les géographes ne doivent surtout pas abandonner le front de la recherche méthodologique, s'ils veulent dans le futur continuer à disposer d'outils adaptés à une problématique géographique. Du point de vue de la géographie française c'est tout l'enjeu de la géographie de la modélisation et de l'analyse spatiale que de relever ce défi dans le cadre renouvelé de la géomatique. Le principal facteur dirimant nous semble être le niveau mathématique, scientifique et informatique des étudiants géographes. Ce problème est habituellement tourné par le recrutement dans des formations de troisième cycle en géographie d'étudiants venant de disciplines plus mathématisées et qui sont formés à la géomatique dans des instituts de géographie. C'est une bonne chose sur le fond, mais cela ne facilite pas cet « arrimage » nécessaire entre les concepts de la géomatique et les concepts de la géographie. D'un point de vue plus pratique, cela a aussi pour conséquence d'élargir encore la distance entre les géomaticiens et les géographes. Les premiers travaillent sur les concepts, les méthodes et les outils d'après-demain tandis que les seconds utilisent au quotidien les concepts,

les méthodes et les outils d'avant-hier. On en vient à faire l'impasse sur les enjeux méthodologiques et techniques d'aujourd'hui.

C'est pourquoi à côté de cet axe méthodologique, il nous semble nécessaire de porter au feu de la géomatique un deuxième fer, celui de l'analyse des *usages techniques, politiques et sociaux de l'information géographique dans la société contemporaine*, envisagée comme une question scientifique à part entière. Il s'agit d'un problème éminemment géographique et qui permettrait de mobiliser sur des questions géomatiques d'autres géographes que les méthodologues et les modélisateurs. Les méthodes de la géographie sociale et culturelle sont efficaces dans un tel projet comme l'ont montré les travaux de Roche (2000) à propos de la gestion du territoire des collectivités locales et – nous l'espérons du moins – nos recherches des parcours 2, 3 et 4 du présent mémoire. Les géographes ne sont pas forcément les plus mal placés pour travailler dans ce domaine, comme le montrent, par exemple, les travaux sur les rapports entre espace et technique de Santos (1997). Là encore, les enseignements du débat de la géographie anglo-saxonne peuvent nous faire gagner du temps. L'idée qu'il est nécessaire d'analyser des systèmes techniques tels que les SIG, de l'extérieur et à distance, comme le ferait un sociologue par exemple, a été petit à petit abandonnée (Schuurman 2000). Pour ne pas rester purement théorique et académique, une analyse critique de l'usage des SIG doit pouvoir s'exprimer depuis une position de géographe, dans un langage et selon des catégories compréhensibles et recevables par les praticiens et concepteurs de ces systèmes. Ceci milite donc pour une meilleure formation aux concepts des SIG de tous les géographes, qu'il s'agisse des futurs professionnels, méthodologues et modélisateurs de la géomatique mais aussi des futurs spécialistes de géographie physique, sociale et culturelle, et enfin des enseignants, car c'est notre devoir de donner aux citoyens les codes et les outils pour décrypter le monde numérique.

Encore faudra-t-il avoir un véritable débat à propos de cet "arrimage" conceptuel entre géomatique et géographie. S'il ne vise qu'à associer le SIG/objet technique à une "science spatiale" plus ou moins renouvelée, cela ne peut que contribuer à creuser le fossé entre géomaticiens–géographes et géographes. Si on l'envisage *aussi* comme une association entre le SIG/construction sociale et une géographie critique de la technique, les deux approches travaillant de concert selon un paradigme voisin de celui décrit plus haut, mais qui est encore à inventer, il y a une chance de contribuer par la géomatique à un renforcement de la géographie.

4. Orientations

4.1. Faire le point

C'est un questionnement personnel sur l'origine de notre cadre de travail actuel qui nous a conduit à cette revue bibliographique à caractère historique, très incomplète et critiquable, mais qui a justement été écrite pour être corrigée, complétée, discutée. Dans un milieu très oublieux du passé même récent, et à l'affût de la dernière nouveauté, même la plus futile, il nous semble indispensable et sain de donner une vue du chemin parcouru. Celle-ci permet de prendre conscience de la permanence des thèmes dans les débats qui ont animé les géographes autour de la question de l'informatique géographique.

Notre implication personnelle dans les SIG s'est faite, tout comme celle de nombreux autres chercheurs, au moment de l'explosion commerciale et industrielle de la géomatique. Cette rapide reconstruction historique nous a fait prendre conscience que cette explosion correspondait pour les géographes à une déstabilisation complète d'un champ de recherche organisé depuis des années. C'était à la fois une preuve de la qualité du travail accompli dans le développement d'outils informatiques pour l'analyse spatiale, mais aussi un dessaisissement pour des usages non prévus, et enfin, par certains côtés, une trahison : ces outils commerciaux

qui se diffusaient toujours plus vite et plus nombreux étaient en effet loin de ressembler à ceux dont les chercheurs avaient rêvé, et même parfois ceux qu'ils avaient construits dans leurs laboratoires.

Le principal mérite du bilan quantitatif de ce parcours est de proposer une pesée globale du thème géomatique dans la géographie, et non chez les géographes, puisque seuls les travaux visibles en géographie sont présentés. Malgré son caractère approximatif et ses biais certains, il illustre le caractère solide, quoique très minoritaire, de la géomatique en géographie. Ce qui est plus inquiétant est le fait que l'intérêt pour la géomatique semble y croître moins vite dans le domaine de la recherche que dans celui des applications professionnelles. Par ailleurs le fossé qui existe en France entre géographes et géographes-géomaticiens ne paraît pas en voie de se combler, ce qui nous semble poser un problème grave pour la discipline. Dans l'analyse des enjeux de la géomatique et de la géographie, il est évident que ce qui est présenté ici n'est qu'une esquisse. Mais il nous semble que la proposition de deux axes de travail géographique en géomatique, le premier sur les méthodes et le second sur les usages, serait une bonne manière de conforter à la fois la place de la géomatique dans la géographie et celle de la géographie dans la géomatique.

4.2. Directions

Notre travail historique exploratoire nous amène à penser qu'une reconstruction approfondie et problématisée de la diffusion de l'usage de l'informatique dans la géographie française de 1970 à 1990, c'est-à-dire dans sa période pré-géomatique, ainsi que de la teneur des débats méthodologiques qui l'ont accompagné, est un projet scientifique qui contribuerait de manière utile à l'histoire de la discipline. Cela nécessite bien sûr une enquête d'une autre ampleur que celle à laquelle nous avons procédé. Un tel projet devrait trouver un cadre institutionnel recevable et ne peut s'élaborer que de manière collective, avec la participation active du plus grand nombre possible des chercheurs qui ont participé activement à cette aventure intellectuelle.

Il ne nous semble guère utile d'aller plus loin sur le terrain de l'évaluation quantitative de la place de la géomatique en géographie, sauf à compléter l'échantillonnage de textes par ceux collectés depuis dans le *Bulletin de l'Association des Géographes Français* et dans *Géomorphologie*, ce qui élargit la base de sondage. En revanche, nous envisageons une analyse des données approfondie du Répertoire des Géographes, pour comprendre plus finement la logique, si elle existe, de l'évolution des mots-clés liés aux SIG (cartographie, cartographie automatique, statistique, analyse spatiale, modélisation, etc..).

Pour ce qui est des enjeux géomatiques en géographie (et réciproquement), les directions des thèmes de recherche de nos parcours 2, 3 et 4 sont autant de voies tracées sur le thème des usages techniques, politiques et sociaux de l'information géographique.

5. Bibliographie

- Balandier G.** (2001). *Le Grand Système*. Paris, Fayard. 272 p.
- Baudoin A.** (1997). *La sémiologie graphique à l'épreuve du froid. L'introduction de la sémiologie graphique en Norvège ; réflexions d'un acteur.*, in 30 ans de Sémiologie graphique, Cybergéo.
- Bergeron M.** (1992). *Vocabulaire de la géomatique*. Québec, Office de la langue française.
- Berry B. J. L.** (1958). *Shopping Centres and the Geography of Urban Areas. A Theoretical and Empirical Study of the Spatial Structure of Intra-urban Retail and Service Business*. PHD Thesis, University of Washington.

- Berry B. J. L. et Marble D. F.**, Eds. (1968). *Spatial Analysis, a reader in statistical geography*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 512 p.
- Birrien J.-Y.** (1990). *Histoire de l'informatique*. Paris, PUF. 126 p.
- Bonin S.** (1997). *Le développement de la graphique de 1967 à 1997*, in 30 ans de Sémiologie graphique, Cybergéo.
- Boursier P., Cheylan J.-P. et Rouet P.** (1993). Editorial. *Revue internationale de géomatique* Vol. 3 n°1-2: 7-9.
- Breton P.** (1987, 1990). *Une histoire de l'informatique*. Paris, La Découverte, Seuil 1990. 261 p.
- Brocard M., Pumain D. et Rey V.** (1977). Analyse de données : traitements visuels et mathématiques. *L'Espace Géographique* n°4 1977: 247-260.
- Brossard T. et Tourneux F.-P.** (1986). *DIGICART : logiciel de cartographie assistée par ordinateur*, in 4ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative, Eindhoven, 9-13 septembre 1986, Brouillons Dupont, 14-1986. 17-25.
- Brunet R.** (1977). Perception et calcul dans l'analyse typologique. *L'Espace Géographique* n°4 1977: 260.
- Brunet R.** (1999). *Le GIP RECLUS*. 2004. <http://www.mgm.fr/ARECLUS/gipf.html>
- Bunge W.** (1962). *Theoretical Geography*. Lund, Sweden, Gleerup.
- Burrough P. A.** (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford, Clarendon press. 194.
- Cauvin C. et Rimbert S.** (1976). *Les méthodes de la cartographie thématique, fascicule 1: la lecture numérique des cartes thématiques*. Fribourg, Suisse, Editions Universitaires de Fribourg. 172 p.
- Chadule G.** (1994). *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*. Paris, Masson, 3ème édition, 1ère édition : 1976. 203 p.
- Charre J.** (1994). *SIG, analyse spatiale et modélisation*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 37-42.
- Charre J.** (1996). Applications et implications de l'informatique in *Concepts et composantes de la géographie physique*. M. Derruau. Paris, Armand Colin.
- Charre J.** (2000). Quantitatif, qualitatif et informel en information géographique. *L'espace géographique* (2000-3): 273-278.
- Charre J. et Dumolard P.** (1989). *Initiation aux pratiques informatiques en géographie, le logiciel infogéo*. Paris, Masson. 199.
- Charre J., Miellet P. et Waniez P.** (1991). *Pratique des systèmes d'information géographique raster*. Montpellier, G.I.P. Reclus. 56 p.
- Chauviré Y.** (1977). L'utilisation des matrices ordonnables par les géographes français (1967-1976). *L'Espace Géographique* n°4 1977: 261-267.
- Chrisman N.** (1988). The Risks of Software Innovation: a Case Study of the Harvard Lab. *The American Cartographer* Vol. 15, n°3: 291-300.
- Chrisman N.** (1997). *Exploring geographic information systems*. New-York, John Wiley & Sons. 298 p.
- Chrisman N.** (1998). Academic Origins of GIS in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 33-48.
- Cicéri M.-F., Bertrand B. et Rimbert S.** (1977). *Introduction à l'analyse de l'espace*. Paris, Masson. 173.
- Claval P.** (1972). La réflexion en géographie et les méthodes d'analyse. *L'espace géographique* n°1, 1972: 7-22.
- CNRS** (2004). Numéro spécial : les revues en sciences humaines et sociales. *Sciences de l'Homme et de la Société* n°69.
- Cole J. P. et King C. A. M.** (1968). *Quantitative Geography, Techniques and Theories in Geography*. London, John Wiley & Sons. 692 p.
- Coppock J. T. et Rhind D. W.** (1991). The History of GIS in *Geographical Information Systems : Principles and Applications*. D. J. Maguire, M. F. Goodchild et D. W. Rhind. Harlow, Longman Scientific and Technical, 1: 21-43.
- Davis W. S.** (1992). *Principes d'informatique, concepts*. Québec, Addison-Wesley. 194 p.

- Dumolard P.** (1986a). *Avant la carte, l'information géographique*, in Géopoint 1986, Avignon, 30-31 mai 1986, Université d'Avignon. 51-52.
- Dumolard P.** (1986b). *D'une base de données à un système de gestion des données spatiales*, in 4ème Colloque Européen de Géographie Théorique et Quantitative, Eindhoven, 9-13 septembre 1986, Brouillons Dupont, 14-1986. 17-25.
- Dumolard P.** (1988). Vers un système de gestion de données spatiales. *Cahiers de Géographie de Besançon*: 27-40.
- Dumolard P.** (1994). *Systèmes d'Information géographique, une vue d'ensemble*, in Géopoint 94 S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 10-13.
- Ellul J.** (1977). *Le Système technicien*, Le Cherche-Midi, réédit. 2004. 337 p.
- Estes J. E. et Jensen J. R.** (1998). Development of Remote Sensing Digital Image Processing and Raster GIS in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 163-180.
- Faust N.** (1998). Raster Based GIS in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 59-72.
- Foresman T. W.** (1998a). GIS Early Years and the Threads of Evolution in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 3-17.
- Foresman T. W.**, Ed. (1998b). *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. Upper Saddle River, Prentice Hall, 397 p.
- Garisson W. L. et Marble D. F.**, Eds. (1967). *Quantitative geography*. Evanston, Nortwestern University Studies in Geography, n°13-14,
- GDR Cassini** (2000). *Dix années au service de la recherche en géomatique. Bilan 1992-1999*, GDR Cassini 19 p.
- Géopoint** (1994). *Retranscription des débats par ateliers*, in Géopoint 94 S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 187-228.
- George P.** (1972). L'illusion quantitative en géographie in *La pensée géographique française contemporaine, mélanges offerts à André Meynier*, Presses Universitaires de Bretagne: 121-130.
- GIS WORLD** (1996). *Interview Roger Tomlinson: The Father of GIS*, Geoworld. 2004. <http://www.geoplance.com/gw/1996/0496/0496feat2.asp>
- Goodchild M. F.** (2003a). *GIS and Modeling*, Environmental Systems Research Institute. 2004. http://www.csiss.org/aboutus/presentations/files/goodchild_gismodeling_sept03.pdf
D:\Projets\Habilitation\goodchild_gismodeling_sept03.pdf
- Goodchild M. F.** (2003b). *Linking Science to Practice in Landscape Change*, National Science Foundation. 2004. http://www.csiss.org/aboutus/presentations/files/goodchild_nsf_jan03.pdf
D:\Projets\Paysage\goodchild_nsf_jan03.pdf
- Goodchild M. F., Kemp K. K. et eds. a.** (1990). *NCGIA Core Curriculum in GIS. History of GIS*, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara CA. 2004. <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u23.html#UNIT23>
- Groupe DUPONT** (1994a). *S.I.G., Analyse spatiale et aménagement*, in Géopoint 94, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 231 p.
- Groupe DUPONT** (1994b). *S.I.G., Analyse spatiale et aménagement. Comptes-rendus des Ateliers*, in Géopoint 94, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 231 p.
- Guermond Y.** (1989). Toujours la modélisation spatiale. *Cahiers géographiques de Rouen* n°31: 3-4.
- Guermond Y.** (1991). Informatique et géographie in *Les concepts de la géographie humaine*. A. S. Bailly. Paris, Masson, 2ème édition: 205-208.
- Guermond Y.** (1994a). *Conclusion de Géopoint 94*, in Géopoint 94, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 187-228.

- Guermond Y.** (1994b). *Conclusion de Géopoint 94*, in Géopoint 94 S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Université d'Avignon. 187-228.
- Guermond Y.** (1995). Information, informatique et systèmes d'information géographique in *Encyclopédie de géographie*. A. Bailly, R. Ferras et D. Pumain. Paris, Economica: 277-282.
- Guermond Y. et Leduc A.** (1975). Réflexions sur les procédures de classification automatique à propos de l'utilisation agricole du sol en France. *L'Espace Géographique* n°1, 1975: 45-52.
- Gumuchian H., Marois C. et Fèvre V.** (2000). *Initiation à la recherche en géographie, aménagement, développement territorial, environnement*. Paris, Montréal, PUM - Anthropos. 425 p.
- Hägerstrand T.** (1952). The propagation of innovation waves. *Lund Studies in Geography* SER B. HUMAN GEOGRAPHY n°4: 3-22.
- Hägerstrand T.** (1955). Statistika primäruppgifter, flgkartering och "Data processing" - makiner : Eff kombinerings-projekt. *Svensk Geogr. Arsbok* 31: pp. 233-255.
- Hägerstrand T.** (1967). The computer and the geographer. *Trans. Inst. Br. Geographers* (42): pp. 1-20.
- Haggett P.** (1973). *L'analyse spatiale en géographie humaine*. Paris, A. Colin. 390 p.
- Hardisty J., Taylor D. M. et Metcalf S. E.** (1993). *Computerised Environmental Modelling : a Pratical iIntroduction Using Excel*, Wiley. 204 p.
- Hills G.** (1999). The University of the future in *Foresight : Universities in the future*. M. Thorne. London, Department of Trade and Industry: 213-232.
- James P. E., Jones C. F. et Wright J. K.,** Eds. (1954). *American geography, Inventory & Prospect*, Association of American Geographers, Syracuse University Press, 590.
- Johnston R. J.** (1997). *Geography and Geographers, Anglo-American Human Geography since 1945*. London, Edward Arnold., 5ème. 475 p.
- Joliveau T.** (2003). *Les SIG et la recherche française en géographie. Bilan et questions*, in Colloque international : Géomatique et applications, apports des SIG au monde de la recherche, Orléans, 13-14 mars 2003, à paraître. 15 p.
- Joly G.** (2002). *Répertoire des géographes français*. Paris, CNRS-Prodig.
- Jordan L. E. et Rado B. Q.** (1998). Investments in Personal ComputingS in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 73-82.
- Lacoste Y.** (1980). Les objets géographiques in *Cartes et figures de la Terre*. Paris, Centre Georges Pompidou, 1: 16-23.
- Langlois P.** (1984a). Edicart V (1,p) Logiciel de cartographie sur micro-ordinateur - Manuel de présentation. Cartographie automatique sur traceur vectoriel. *Cahiers géographiques de Rouen*: 65-72.
- Langlois P.** (1984b). *Edicart. Cartographie automatique sur traceur vectoriel*. Rouen, Laboratoire de micro-infographique. Université de Rouen 57 p.
- Langlois P.** (2001). *Formalisation des structures géographiques de base. De l'espace-temps-matière au Géosystème*, in Quatrièmes rencontres de THEOQUANT. 11-12 Février 1999, Besançon, Laboratoire THEMA. Université de Franche-Comté. 27-39.
- Le Coadic Y.-F.** (1994). *La science de l'information*. Paris, PUF, 2ème éd. 127.
- Le Moigne J.-L.** (1990). *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod. 178 p.
- Le Moigne J.-L.** (1999). *Les épistémologies constructivistes*. Paris, PUF, 1ère édition : 1995. 127 p.
- Longley P., Goodchild M. F., Maguire D. et Rhind D.,** Eds. (2001). *Geographic Information Systems and Sciences*. Chichester, John Wiley & Sons, 454 p.
- Maguire D. J.** (1989). *Computers in Geography*. Essex, Longman Scientific & Technical. 248.
- Maguire D. J., Goodchild M. F. et Rhind D.,** Eds. (1991). *Geographical Information Systems : Principles and Applications*. Harlow, Longman Scientific and Technical.
- Marble D. F.** (1987). "Geographic Information System: An Overview" in *GIS : For Resources Management: A Compendium*, ACSM/ASPRS, Première publication en 1984 in PECORA 9 Proceedings Spatial Information Technologies for Remote Sensing Today and Tomorrow, october 2-4, Sioux Falls , SD, pp. 18-24: pp. 1-8.

- Mark D. M., Chrisman N., Franck A. U., McHaffie P. H. et Pickles J.** (1997). *The GIS History Project*, NCGIA. http://www.geog.buffalo.edu/ncgia/gishist/bar_harbor.html
- Mather P. M.** (1991). *Computer applications in geography*. Chichester, Wiley. 257.
- Mathian H. et Sanders L.** (1994). *S.I.G. modélisation dynamique et recherche*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 143-147.
- Matoux-Lambert C.** (1993). 20 ans pour un répertoire; le répertoire des géographes in *Matériaux pour une sociologie de la géographie*. D. Dory, Douzant-Rosensfeld et R. Knafou. Paris, L'Harmattan: 29-45.
- Mercier J.-L.** (1992). *Pratique de Lotus 1-2-3 en géomorphologie*. Paris, Hermes. 208 p.
- Miller M. et Thériault M.** (1991). Les systèmes d'information géographique ou la dernière tentation du géographe. *Cahiers de géographie du Québec* Vol. 34, n°91: 81-85.
- Monmonier M.** (1982). *Computer-Assisted Cartography: Principles and Prospects.*, Prentice-Hall. 214 p.
- Nordbeck S.** (1962). Location of Areal Data for Computer Processing. *Lund Studies in Geography* Séries C, General Mathematics and Regional Cartography n° 2.
- ORSTOM**, Ed. (1986). *Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM*. Journée Infographie et SIG, 20 décembre 1984. Bondy, Editions de l'ORSTOM, 304 p.
- Philipponneau M.** (1999). *La géographie appliquée, Du géographe universitaire au géographe professionnel*. Paris, Armand Colin. 299 p.
- Pottier P.** (1994). *S.I.G. et aménagement : avec quelle géographie ?*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 163-165.
- Pumain D., Saint-Julien T. et Vigouroux M.** (1983). Jouer de l'ordinateur sur un air urbain. *Annales de Géographie*: 331-346, repris dans Pinchemel P., Robic M.-C. et Tissier J.-L. (1984). Deux siècles de géographie française - Choix de textes, Comité des travaux historiques et scientifiques, 348-355.
- Quodverte P.** (1994). *La cartographie numérique et l'information géographique. Importance et conséquences du progrès des sciences et des techniques*. Doctorat d'Etat. *Géographie*. Orléans, Université d'Orléans: 3 vol. 769 p.
- Racine J.-B. et Reymond H.** (1973). *L'analyse quantitative en géographie*. Paris, Presses Universitaires en France. 316 p.
- Rhind D.** (1977). Computer-aided cartography. *Trans. Inst. Br. Geographers* (2): pp. 71-96.
- Rhind D.** (1998). The Incubation of GIS in Europe in *The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers*. T. W. Foresman. Upper Saddle River, Prentice Hall: 293-306.
- Rimbert S.** (1964). *Cartes et graphiques*. Paris, SEDES. 236 p.
- Rimbert S.** (1979). *Les possibilités d'utilisation de la cartographie automatique en aménagement*. Strasbourg, Conseil de l'Europe.
- Rimbert S.** (1989). G.I.S. ou pas ? *Mappemonde* 1989, n°1: pp. 1-3.
- Rimbert S.** (1999). *A propos de la " key to the door "*.
<http://www.cybergeopresse.fr/durham/unwin/unwin.htm>
- Rimbert S. et Lengellé J.** (1969). Vers une automatisation de la cartographie thématique. *La revue de géographie de Montréal* (XXIII,2): 187-193.
- Roche S.** (2000). *Les enjeux sociaux des Systèmes d'Information Géographique, les cas de la France et du Québec*. Paris-Montréal, éditions de l'Harmattan. 158 p.
- Ruas A.** (1994). *S.I.G. et grandes bases de données*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 53-58.
- Saint-Gérard T. et Berger M.** (1994). *Adopter ou adapter les S.I.G. pour la recherche en S.H.S.*, in Géopoint 94, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 3 p.
- Santos M.** (1997). *La nature de l'espace*. Paris, L'Harmattan. 275 p.
- Schaeffer F. K.** (1953). Exceptionalism in geography : a methodological examination. *Annals of the Association of American Geographers* (43): pp. 226-246.
- Schuurman N.** (2000). Trouble in the heartland : GIS and its critics in the 1990s. *Progress in Human Geography* 24, 4: 569-590.

- Schuurman N.** (2002). Reconciling Social Constructivism and Realism in SIG. *ACME* Vol. 1: 74-80.
- Sherman J. et Tobler W. R.** (1957). The Multiple Use Concept in Cartography. *Professional Geographer* 9(5): 5-7.
- Shneider D. M.** (1979). *Computer Assisted Land Resources Planning*, Planning Advisory Service.
- Smith N.** (1992). History and Philosophy of geography. Real wars, theory wars. *Progress in Human Geography* 16: 257-271.
- Souris M.** (1986). Systèmes d'Information Géographique et bases de données in *Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM*. ORSTOM. Bondy, Editions de l'ORSTOM: 29-88.
- Staszak, J.-F. , Collignon B., Chivallon, C. , Debarbieux, B. , Généau de Lamarlière I. et Hancock C.,** Eds. (2001). *Géographies anglo-saxonnes. Tendances contemporaines*. Paris, Belin, 315 p.
- Staszak J.-F.** (2001a). La géographie in *Epistémologie des sciences sociales*. J.-M. Berthelot. Paris, PUF.: pp. 77-116.
- Staszak J.-F.** (2001b). Les enjeux de la géographie anglo-saxonne in *Géographies anglo-saxonnes. Tendances contemporaines*. Staszak, J.-F. , B. Collignon, Chivallon, C. et al. Paris, Belin: 7-21.
- Steinitz C.** (1993). GIS : a personal perspective. *GIS Europe* juin, juillet, septembre 1993: pp. 19-22, 42-45, 38-40.
- Sui D. Z.** (1994). GIS and urban studies: Positivism, post-positivism, and beyond. *Urban Geography* 1994 (15): 258-278.
- Taylor P. J.** (1990). GKS. *Political Geography Quarterly* 9: 211-12.
- Thériault M.** (1996). L'intégration des études environnementales et des S.I.G. pour appuyer les décisions d'aménagement. Un objet de recherche prometteur. *Revue de Géographie de Lyon* 71. n°2/96: 2.
- Thériault M.** (2001). Les SIG en géographie. Outil de démocratisation ou instrument élitiste ? in *Géographie et société. Vers une géographie citoyenne*. S. Laurin, J.-L. Klein et C. Tardiff. Sainte-Foy (Québec), Presses de l'Université du Québec: 93-108.
- Tobler W. R.** (1959). Automation and Cartography. *The Geographical Information Review* Vol. XLIX 1959: 527-534.
- Tomlin D.** (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 249 p.
- Tomlinson R. F.** (1987). Current and potential uses of geographical information systems. The North American experience. *International Journal of Geographical Information Systems* vol. 1, n°3: 203-218.
- Tomlinson R. F.** (1988). The Impact of the Transition From Analogue to Digital Cartographic Representation. *The American Cartographer* vol. 15 n°3: 251-261.
- Trystram F.** (1993). *Le procès des étoiles*, Payot. 285 p.
- Unwin D.** (1994). Cartography, Visc and GIS. *Progress in Human Geography* 18 (N°4): 516-522.
- Unwin D.** (1999). EUROQUANT at 21: 'coming of age'? *Cybergéo* No 114,.
- Voiron C. et Dagherne A.** (1994). *Système d'information géographique et analyse d'image*, in Géopoint 94, S.I.G., Analyse spatiale et aménagement, Université d'Avignon, 25-26 mai 1994, Faculté des Lettres et Sciences Humaines. 43-48.
- Waniez P.** (1989). *Cartographie sur Macintosh*. Paris, Eyrolles.
- Waniez P., Vizintin M. et Brustlein V.** (1993). Pour l'expérimentation des SIG en géographie, le SIG Paraná. *Mappemonde* (3/93): 29-34.
- Wieber J.-C.** (1980). Quelques aspects de la pratique française en géographie quantitative in *Recherches géographiques en France*. C. N. F. d. Géographie, CNRS: 21-25.

6. Renvois

Table des figures

Figure 5-1. Pourcentage des communications sur le thème des SIG aux colloques ECGT. Source Unwin (1999)	457
Figure 5-2. Nombre de citations de différents mots-clés dans les Répertoires des géographes	458
Figure 5-3. Les mots clés «Cartographie automatique» et «SIG» dans les Répertoires des géographes.....	459
Figure 5-4. Nombre d'articles dans des revues de géographie portant le mot clé SIG.....	460
Figure 5-5. Thèses de géographie soutenues mentionnant le mot SIG	462
Figure 5-6. Nombre d'articles SIG par grands domaines disciplinaires.....	463
Figure 5-7. Nombre d'articles SIG par grands domaines de la géographie	464
Figure 5-8. Nombre d'articles SIG par grande finalité.....	465
Figure 5-9. Nombre d'articles par point de vue adopté sur les SIG	465
Figure 5-10. Nombre d'articles par grandes fonctions SIG.....	466

Liste des sigles et abréviations

BMDP	BioMeDical computer Program
CAD	Computer Assisted Cartography
CASSINI	Coordination pour l'Analyse Spatiale et les Systèmes d'INformation géographiques Intelligents
Catmog	Concepts and Techniques in Modern Geography
CGAO	Cartographie et Géographie Assistée par Ordinateur
DEA	Diplôme d'Études Approfondies
DESS	Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées
DU	Diplôme d'Université
ECQTG	European Colloquium in Quantitative and Theoretical Geography
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
GIP RECLUS	Groupe d'Intérêt Public Réseau d'Etude des Changements dans les Localisations et les Unités Spatiales
GIS	Geographical Information System
IGN	Institut Géographique National
INRP	Institut National de la Recherche Pédagogique
IBM	International Business Machine
CGIS	Canada Geographic Information System

SYMAP	Synagraphic MAPping System
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
CURA	The Center for Urban and Regional Affairs
ESRI	Environmental System Research Institute
MAP	Map Analysis package
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outremer (IRD)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
SGBD	Système de Gestion de Base de Données
RGL	Revue de Géographie de Lyon
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique

Conclusion en forme d'ouverture

Quand nous avons entrepris ce mémoire, nous pensions suivre à nouveau des cheminements anciens et plus récents dans des contrées familières. Il suffirait de nettoyer un peu le chemin, de jardiner quelques bas-côtés laissés à l'abandon, de tracer des traverses dans des régions déjà bien explorées, de pousser un peu plus loin l'ouverture de quelques pistes à peine esquissées. Le voyage s'annonçait plutôt rapide et aisé. A rassembler les traces que nous avons laissées sur notre parcours et dont une partie se trouve rassemblée dans le deuxième volume de ce travail, nous avons progressivement pris conscience que l'entreprise serait plus ardue. Dans certaines régions, des pistes pourtant défrichées difficilement se trouvaient maintenant banalisées dans des itinéraires bien balisés. Ailleurs, le paysage scientifique avait tellement changé que ce que nous y avons laissé bénéficiait d'autres voisinages et d'éclairages complètement nouveaux. Le tracé des chemins de liaison s'avérait presque impossible, tellement notre itinéraire, certainement guidé par une curiosité trop diverse, avait pris des cours inattendus. « Je m'intéresse à tout, je n'y peux rien » a écrit Paul Valéry, qui avait l'excuse du génie. Il était possible mais peu utile de rédiger dans ces conditions un mémoire qui serait le guide expédié d'un territoire un peu brouillé.

Il fallait donc reprendre l'exploration. Pour ne pas nous perdre en route, nous avons choisi de suivre des parcours qui réempruntaient des allées déjà connues. Nous voulions dans chaque parcours suivre plus loin les pistes à peine explorées et visiter quelques voies jugées à l'époque comme secondaires. Mais celles-ci nous ont conduits parfois plus loin que nous ne l'avions prévu ou voulu. Au cours de nos recherches, nous avons rencontré des voyageurs nouveaux, dont la piste, suivie à contresens parfois, nous faisait découvrir des domaines que nous avions ignorés. Leurs routes menaient aussi à des points de vue inédits sur des lieux que nous croyions connaître. Bref, ces parcours se sont vite transformés en d'assez longues expéditions. Nous espérons que le lecteur nous aura suivis sans trop se lasser dans ces parcours analytiques, où nous avons, parfois longuement, argumenté la voie à suivre. Au terme du voyage, nous pouvons essayer de tracer une carte synthétique du territoire parcouru.

La fin devient le début.

L'informatique géographique est plus ancienne que la géomatique (**Parcours 5**). Elle mêle dès les années cinquante tous les ingrédients de la géomatique actuelle : approche théorique et appliquée, description et analyse, inventaire et modélisation, activité scientifique et, timidement, questionnement socio-politique. Les géographes nord-américains, qui furent partie prenante dès l'origine de cette construction conceptuelle, relèvent de toutes les approches de la géographie : les géographes de la cartographie assistée par ordinateur, qui mettaient au point des outils de visualisation ou de structure de données, les géographes de la "science spatiale" et des méthodes quantitatives qui fournissaient des méthodes d'analyse, de modélisation et de simulation informatique des phénomènes géographiques, les géographes ou paysagistes engagés dans des applications concrètes de ces programmes ou dans la constitution de systèmes d'information régionaux. En France, ce sont essentiellement les géographes du courant théorique et quantitatif qui ont contribué à cette élaboration méthodologique.

Ce travail conceptuel, mêlé à d'autres courants d'innovation tout aussi importants, a débouché sur l'éclosion de la géomatique, devenue très rapidement un véritable secteur d'activité, une branche professionnelle à part entière, mais aussi une technoscience, à la structuration de laquelle les géographes de tous les pays ont aussi largement contribué. Cette dualité de la géomatique, à la fois secteur économique et domaine de recherche, a généré rapidement une violente controverse scientifique au cœur de la communauté géomatique anglo-saxonne, mais surtout nord-américaine.

Conclusion en forme d'ouverture

Celle-ci est en effet à la fois la plus ancienne, la plus puissante et la plus directement liée au secteur industriel américain qui domine la géomatique. Cette controverse porte sur la légitimité à la fois scientifique et sociale d'une discipline géomatique. Celle-ci paraît aux spécialistes de la géographie sociale (mais aussi pour partie à des géographes plus "modélisateurs") comme à la fois a-critique, inféodée à des objectifs politiques et sociaux inquestionnés et dépendante d'intérêts économiques et privés. Elle est accusée de participer, c'est selon, à une régression positiviste ou empirique de la géographie. Dans tous les cas, elle favoriserait une dérive technique de celle-ci (**Parcours 5**).

Cette controverse n'a toutefois de sens que si on envisage la géomatique dans l'orbite scientifique de la géographie. Du point de vue d'un informaticien, d'un ingénieur ou d'un hydrologue, la question de la pertinence sociale et épistémologique de la géomatique n'a guère de sens. C'est parce que la géomatique (la GIScience) nord-américaine et britannique est très liée à la géographie que ce problème a émergé. En France, où les géographes sont moins investis dans la géomatique professionnelle, nous n'en avons eu (pour l'instant ?) qu'un écho affaibli.

La première conséquence de cette controverse a été d'enrichir la vue théorique des SIG. Pour nous, il existe trois grandes conceptions des SIG, qui ont chacune leur utilité et leur rationalité, mais qui se placent toutes dans une problématique générale de résolution d'un problème spatial, plus ou moins permanent et complexe (**Parcours 1**) :

- une conception essentiellement technique et méthodologique liée à la question du traitement des données spatiales (**Parcours 2**),
- une conception organisationnelle de type système d'information d'une organisation (**Parcours 3**),
- une conception qui envisage le SIG comme une construction sociale, un dispositif technique de traitement d'information dont la finalité est de mettre en réseau des acteurs et effectue des traductions entre plusieurs registres de la réalité (**Parcours 4**).

La question se pose alors des relations entre géomatique et géographie dans le domaine de la recherche (**Parcours 5**).

Une première voie est d'envisager la participation des géographes au projet géomatique comme une contribution purement méthodologique, portant sur des questions formelles de structures, modèles, principes et algorithmes liés à la gestion et à l'analyse des données spatiales (ou spatio-temporelles). La question qui s'ouvre alors est celle de la mise en correspondance des concepts géomatiques et des concepts géographiques. L'exemple de l'utilisation du concept de territoire en géomatique et en géographie montre que ce travail indispensable est difficile (**Parcours 3**).

Une seconde voie passe par une contribution des géographes non aux méthodes mêmes de la géomatique mais à leur usage dans la société contemporaine. Nous tentons dans le **Parcours 4** de proposer une réflexion sur les enjeux de la géomatique dans la gestion environnementale et participative du territoire, qui prend en compte à la fois les évolutions de la société contemporaine, les nouveaux paradigmes de la planification et les problèmes pratiques de fonctionnement de structures concrètes de participation.

Ces deux voies ont l'inconvénient de ne mobiliser chacune qu'un type d'approche géographique, les approches formalisées et modélisatrices, quantitatives et théoriques pour la première, les approches sociales pour la seconde, au risque d'accentuer la coupure entre une géographie de l'algorithme et une géographie du discours.

Une troisième voie conduit à proposer une application des méthodes de la géomatique dans des problématiques géographiques. Le **Parcours 2** peut alors être lu comme un essai d'application à un problème concret de gestion paysagère, au moyen de méthodes géomatiques, de différentes approches géographiques (analyse spatiale de l'espace visible, évaluation paysagère, modélisation spatio-temporelle, etc.). Comme le montre notre recherche d'une méthode de gestion paysagère, les modèles de l'analyse spatiale doivent, pour être efficaces dans un tel contexte, s'imbriquer avec d'autres composants (modèles physiques, savoirs vernaculaires, analyses sociologiques...). Ils peuvent être l'occasion pour des géographes de différentes spécialités (sociale, physique, analyse spatiale ...) de travailler ensemble dans l'environnement pluridisciplinaire que constitue la géomatique. Cette voie nécessite d'autres méthodes de travail et pose des problèmes nouveaux liés à une conception constructiviste de la production de connaissance (**Parcours 5**).

On pourra à l'arrivée trouver que ces parcours, et plus encore les différents axes de recherche fournis comme orientations dans chacun d'entre eux, couvrent un champ trop vaste pour un chercheur isolé. Mais la vocation d'un mémoire d'habilitation à Diriger des Recherches n'est-il pas justement de prendre du champ par rapport à des projets de recherches personnels et à proposer des pistes et des axes de recherche plus ambitieux et collectifs, susceptibles d'intéresser de jeunes chercheurs ?

Table des matières

Sommaire

Introduction en forme de bilan	1
1. Itinéraire d'approche	3
Besançon	3
Lyon	4
Lomé	4
Paris	6
Saint-Etienne	7
2. Jalons	9
Diplômes	9
Expérience professionnelle	9
Activité universitaire	9
3. Feuille de route	19
Parcours 1. Les SIG, de l'outil technique à la construction sociale	23
1. A quoi sert un SIG ? Exemples dans la gestion de l'eau	26
1.1. Un SIG à objectif cartographique	26
1.2. Une base de données géographiques pour un service départemental	28
1.3. Un SIG pour une approche écosystémique dans le cadre d'un SDAGE)	32
1.4. Un SIG historique sur l'aménagement de l'espace alluvial d'une grande ville	35
1.5. Permanence et changement	37
2. De quoi se compose un SIG ?	39
2.1. Le SIG comme objet technique, entre boîte à outils et science de l'information géographique	40
Le SIG boîte à outils informatiques	40
Le SIG, environnement informatique	42
Le SIG base de données géoréférencées	42
Le SIG méthode intégrée de gestion d'information spatiale	46
Le SIG Science de l'Information Géographique	48
2.2. Le SIG comme système d'information d'une organisation	48
2.3. Le SIG comme construction sociale, culturelle et politique	53
3. Comment met-on en œuvre un SIG ?	60
3.1. Quel paradigme ?	60
3.2. Données → information → connaissance	64
3.3. Une vue procédurale	67
3.4. Retour sur une question de vocabulaire	70
4. Orientations	71
4.1. Faire le point	71
4.2. Directions	73

5. Bibliographie	75
6. Renvois	78
6.1. Table des figures	78
6.2. Table des encadrés et des tableaux	79
6.3. Liste des sigles et abréviations	79
Parcours 2. Construire un SIG pour la gestion paysagère	81
1. Recherche d'une méthode de gestion paysagère	83
1.1. La gestion paysagère du territoire, définition et principes	83
L'émergence de la gestion paysagère	83
Les références théoriques	84
Discussion des principes	87
1.2. Vers une méthode de gestion paysagère	92
Quel modèle du paysage ?	93
La dimension participative de la gestion paysagère	95
Les modes de représentation	96
L'information des démarches paysagères	97
2. Construire un système d'information paysager	98
2.1. Les terrains de recherche et d'expérimentation	99
2.2. Intégration des données paysagères	101
Décrire les données	102
La composante visible	102
La composante fonctionnelle	108
La composante documentaire	111
Synthèse sur l'intégration des données paysagères	112
2.3. Structuration des données paysagères	113
2.4. Exploration/interrogation de données paysagères	116
2.5. Transformation et analyse de données paysagères	116
Analyse du paysage matériel et fonctionnel	117
Analyse du paysage visible	120
Analyse du paysage idéal	132
2.6. Modélisation et simulation spatiales	134
Modèles de potentialité	135
Modèles spatio-temporels	137
2.7. Visualisation et communication de données paysagères	139
Le principe de construction d'une vue paysagère numérique	140
Des données à la vue paysagère	145
Quelques grands types de vues paysagères numériques	146
2.8. Conception et pilotage d'un projet de système d'information paysager	146
La conception : penser le problème paysager	147
Le pilotage : maîtriser les ressources du projet	150
Les freins à l'utilisation des SIG en gestion paysagère	155
3. Orientations	157

3.1. Faire le point _____	157
3.2. Direction _____	158
4. Planches cartographiques _____	159
5. Bibliographie _____	217
6. Renvois _____	222
Table des figures et des planches _____	222
Table des encadrés et des tableaux _____	224
Liste des sigles et abréviations _____	224
<i>Parcours 3. Les SIG entre organisation et territoire _____</i>	227
1. Une typologie des SIG en tant que systèmes concrets _____	229
1.1. Modes de classification _____	229
Dichotomies et continuum _____	229
Une typologie par domaine d'utilisation _____	231
Une typologie par usage _____	231
Une typologie d'ordre organisationnel _____	233
Une typologie par niveau de décision _____	235
Une typologie par le mode de relation à l'espace _____	236
Une grille taxonomique _____	239
1.2. Application aux SIG d'une grande agglomération _____	239
Les types d'organisation _____	240
Les types de projets SIG _____	242
La dynamique des projets _____	243
Les thématiques abordées _____	244
Le niveau territorial _____	244
L'usage dominant _____	245
Le niveau de décision _____	246
Mode de relation à l'espace _____	247
Éléments de synthèse _____	248
2. Cohérence spatiale et dimension territoriale _____	249
2.1. Liens organisationnels et cohérence spatiale _____	249
Les relations entre différents projets SIG : une vue théorique _____	250
Le cas stéphanois _____	252
Des exemples de fédération _____	256
2.2. Penser la dimension territoriale des SIG _____	258
Une approche territoriale des SIG _____	258
Les systèmes de gestion du territoire _____	263
3. SIG et système territorial _____	269
3.1. Une conceptualisation du territoire _____	269
Le modèle systémique du territoire _____	269
Les systèmes territoriaux _____	270
Une vue "cybernétique" du territoire _____	273
Discussion de l'approche _____	276

3.2. L'informatisation du Système d'Information du Territoire _____	280
L'information du territoire _____	280
Le système d'information informatisé du territoire _____	282
3.3. Les enjeux des Systèmes d'Information territoriaux _____	285
Les cyberterritoires _____	285
La prise en compte de la dimension conflictuelle _____	288
4. Orientations _____	291
4.1. Faire le point _____	291
4.2. Directions _____	293
5. Bibliographie _____	294
6. Renvois _____	297
6.1. Table des figures _____	297
6.2. Table des encadrés et des tableaux _____	298
6.3. Liste des sigles et abréviations _____	298
<i>Parcours 4. Planification participative et géomatique _____</i>	<i>301</i>
1. Le contexte général de la planification _____	305
1.1. Les transformations de la société _____	306
La mobilité _____	306
Individuation et massification _____	307
Dématérialisation de l'information et des communications _____	308
Omniprésence des "systèmes experts" _____	308
Émergence de la société du risque _____	309
La gouvernance et la participation _____	310
Modernité réflexive et perte des certitudes _____	310
Place de l'expertise scientifique dans la décision _____	311
Crise environnementale et lien à la nature _____	312
Un nouveau rapport au temps _____	313
1.2. Territoire et localité contemporains _____	314
Territoire, mixité sociale et mobilité _____	314
La transformation de la localité _____	317
Local et localisme _____	319
1.3. Le renouvellement théorique et pratique de la planification au niveau local _____	321
Le nouveau contexte de gouvernance locale _____	321
Un nécessaire élargissement thématique _____	322
Le projet comme figure centrale de la planification _____	324
Les évolutions théoriques de la planification _____	325
2. La dimension participative de la planification _____	328
2.1. Une approche théorique de la participation _____	328
Aperçu d'ensemble _____	328
La participation au niveau local _____	332
2.2. Un outil de planification participative : forums et ateliers territoriaux _____	340
Les dispositifs _____	340

Deux expériences	345
Un bilan	347
La prise en compte de l'espace	356
3. Géomatique et planification participative	364
3.1. Les effets de la dimension environnementale	365
Inventorier les milieux naturels	365
Prendre en compte les héritages	366
La place de la modélisation	367
Gérer les milieux à partir des usages	368
Ecologie urbaine, le retour ?	371
L'information environnementale pour la participation	372
3.2. Outils et méthodes géomatiques pour faciliter la participation	374
Les outils	374
La production des données	377
La construction de l'information	380
L'élaboration de connaissances	386
La communication de l'information	397
4. Orientations	407
4.1. Faire le point	407
4.2. Directions	408
Les SIG participatifs, un objet de recherche pertinent?	408
Analyser les représentations spatiales mobilisées dans les projets territoriaux	411
Un projet de recherche couplant SIG collaboratif et planification participative	412
5. Bibliographie	414
6. Renvois	426
Table des figures et des planches	426
Table des encadrés et des tableaux	426
Liste des sigles et abréviations	426

Parcours 5. Questions de géomatique en géographie. Essai d'analyse de la situation française. 429

1. Une perspective historique	432
1.1. Éléments pour une histoire de l'informatique en géographie	432
La convergence géomatique	432
Sources et méthodes	434
Une histoire de l'informatique	435
Une périodisation	436
1.2. Informatique et géographie académique en Amérique du Nord (1950-1985)	437
L'état technologique de la géographie américaine dans les années 50	737
1955-1960 : Les pionniers de la première informatique	438
1960-1970 : Les développements parallèles	439
1970-1985 : La "diffusion latérale" de la technologie	443
1.3. L'informatique dans la recherche géographique française avant la géomatique	446

L'ordinateur, outil de la révolution quantitative	447
Cartographie automatique et système d'information	450
De la micro-informatique à la géomatique	452
2. La place de la géomatique dans la géographie française: un essai de bilan quantifié	456
2.1. La montée de la thématique SIG en géographie	456
Les thèmes de recherche	456
Les articles scientifiques	460
Les thèses	461
2.2. Les caractéristiques des publications	462
Les grands domaines d'application	463
Les finalités de la recherche	464
Les points de vue sur les SIG	465
Les fonctions des SIG	466
2.3. Commentaires	467
3. Géomatique et géographie, débats et enjeux	468
3.1. En France, un débat entre spécialistes	469
SIG et création d'information	469
SIG et analyse spatiale	469
Qu'apportent les SIG à la géographie ?	470
SIG et rapport de la géographie avec les autres disciplines	470
SIG et géographie appliquée	471
Un bilan	471
3.2. Le débat de la géographie anglo-saxonne à propos des SIG	472
Le positivisme des SIG	472
Réalisme naïf	472
Anti-humanisme et naïveté politique	472
La défense des géomaticiens	472
3.3. Géomatique et géographie, les enjeux	474
Le projet scientifique de la géomatique	474
Le rapport des géographes à l'informatique	477
Les enjeux de la géomatique dans la géographie française	480
4. Orientations	483
4.1. Faire le point	483
4.2. Directions	484
5. Bibliographie	484
6. Renvois	490
Table des figures	490
Liste des sigles et abréviations	490
Conclusion en forme d'ouverture	493
Table des matières	499