



HAL
open science

Evaluation synthétique de la durabilité des territoires. Forces et faiblesses de la modélisation dans le processus d'aménagement

Vincent Hely

► **To cite this version:**

Vincent Hely. Evaluation synthétique de la durabilité des territoires. Forces et faiblesses de la modélisation dans le processus d'aménagement. Géographie. Université Bourgogne Franche-Comté, 2017. Français. NNT: . tel-01793087

HAL Id: tel-01793087

<https://hal.science/tel-01793087v1>

Submitted on 16 May 2018

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.

UNIVERSITÉ BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

ÉCOLE DOCTORALE

« SOCIÉTÉS, ESPACES, PRATIQUES, TEMPS »

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

GÉOGRAPHIE

ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DE LA DURABILITÉ DES
TERRITOIRES.

*FORCES ET FAIBLESSES DE LA MODÉLISATION DANS LE
PROCESSUS D'AMÉNAGEMENT.*

Présentée et soutenue publiquement par

Vincent HÉLY

Le 22 Novembre 2017 à Besançon

Sous la direction de Jean-Philippe ANTONI

Membres du Jury :

Jean-Philippe ANTONI

Professeur de Géographie, Université Bourgogne-Franche-Comté (Directeur)

Pierre FRANKHAUSER

Professeur de Géographie, Université Bourgogne-Franche-Comté (Président du Jury)

Alain L'HOSTIS

Chargé de recherche HDR, IFSTTAR, LVMT, Université Paris-Est (Rapporteur)

Jean-Pierre NICOLAS

Chargé de recherche CNRS, HDR, LAET, Université de Lyon (Rapporteur)

Damien VERRY

Chargé de projet, CEREMA

*A Greg. A Pépé.
Partis durant cette thèse mais toujours tout près de moi...*

Chaque génération, sans doute, se
croit vouée à refaire le monde. La
mienne sait pourtant qu'elle ne le
refera pas. Mais sa tâche est
peut-être plus grande. Elle consiste
à empêcher que le monde se défasse.

Albert Camus

Comme dit mon père : de nos jours,
c'est l'horloge qui mène le monde,
les aiguilles tournent plus vite
qu'autrefois. . .

Bernard Clavel

Vue de haut, dans ses rapports avec
l'Homme, la Géographie n'est autre
chose que l'Histoire dans l'espace,
de même que l'Histoire est la
Géographie dans le temps.

Elisée Reclus

Changer le monde ? Quelle drôle
d'idée ! Il est très bien comme ça, le
monde ! Pourquoi le changer ?

Hubert Bonnisseur De La Bath

Remerciements

« Je pars pour la géographie, théoriser, modéliser... »

Cette petite phrase issue d'une chanson festive désormais bien connue des géographes bisontins me semble appropriée pour ouvrir mon propos... Elle évoque pour moi le début du parcours qui me conduit aujourd'hui ici. Si la thèse est un travail personnel, ce long chemin n'en a pas moins été balisé, guidé, facilité, agrémenté par bien des personnes à qui je souhaite exprimer ici ma gratitude.

Je commencerai par un remerciement particulier à mon directeur de thèse, Jean-Philippe Antoni. Fidèle à lui-même, il n'a jamais dévié de sa ligne, notamment dans la confiance qu'il m'a accordée tout au long de mon parcours, commencé bien avant le doctorat. D'Alger à Wangenbourg en passant par Arc-et-Senans ou Eindhoven, ou plus simplement sur des mobilités courtes de type bureau-1802-Sirocco, merci pour ces échanges, ces conseils, ces débats, et pour l'aide apportée durant ces années.

Merci à Pierre Frankhauser pour sa disponibilité, sa gentillesse et toutes les discussions intéressantes que nous avons pu avoir ensemble.

Merci à Jean-Pierre Nicolas et Alain L'Hostis pour leur investissement en tant que rapporteurs dans l'évaluation de cette thèse, ainsi qu'à Damien Verry pour son implication et l'intérêt qu'il a porté à mon travail.

Ce long parcours, j'ai eu la chance de l'effectuer dans un cadre de qualité, tant sur le plan professionnel que personnel, que m'a offert le laboratoire ThéMA, sous la conduite de notre directeur Jean-Christophe Foltête. Une pensée pour tous mes collègues du labo et un grand merci à toutes celles et ceux qui m'ont apporté leur aide ou leur soutien durant cette thèse. Notamment, à Gilles Vuidel pour ses précieux

conseils techniques et sa disponibilité, à Jérôme Valance pour son indispensable appui logistique. Merci à Sophie Mariani-Rousset pour son aide dans la réalisation des enquêtes, à Florian Litot pour m'avoir appris à manier LimeSurvey, à Thomas Buhler pour ses relectures et sa sympathie, et enfin à Madeleine Griselin pour son aide précieuse et bienveillante pour répéter l'oral...

Merci à Fred, dont la légende raconte qu'il a fait l'Afghanistan, pour m'avoir épaulé dans l'organisation des cours, pour son soutien moral et amical, pour la lecture de mes travaux.

Le parcours de cette thèse a été bien plus qu'un simple parcours professionnel. Il a permis, dans le cadre de la géographie bisontine, de forger des connaissances, des amitiés, de construire un réseau de joyeux lurons soudés, complices dans les bons moments comme dans les coups durs. Tous ont ainsi leur place dans ces quelques lignes de remerciement.

Je commencerai par avoir une pensée pour mes collègues et amis qui ont, avant moi, passé et brillamment réussi l'épreuve du doctorat.

Marc, qui est entré à l'Université sur les mêmes bancs que moi il y a maintenant plus de 10 ans. Merci pour son amitié indéfectible, son soutien et son aide durant toutes ces années. Merci aussi, en mon nom et certainement au nom de tout Théma, pour ses spotlights, sa musique, ses soirées vins-fromages, bref pour l'impact festif de ces formes de manifestations.

Yohan, dont nos parcours se sont croisés (j'ai commencé avant lui, il a fini avant moi). Merci à lui aussi pour son aide, son amitié et sa bonne humeur, pour ces bons moments passés dans notre capitale comtoise avant qu'il ne parte à l'assaut de l'esthétique des paysages du Bordelais et de la côte Atlantique...

Maxime, le plus Bisontin des Normands, le plus Terre-neuvien des Luxembourgeois. Merci pour ces moments, son amitié chaleureuse, son approche normative de l'aménagement des bars bisontins ...

Une pensée aussi pour Justin, Christophe, Clémentine, Joanne, Samy, Xavier, Alain,

Eric et tous mes prédécesseurs doctorants. Et, évidemment, une pensée et des encouragements pour mes successeurs ! En particulier mes deux collègues de bureau, Val et Mehdi, pour la bonne ambiance qui a aidé nos travaux et pour cette solidarité de fin de thèse, ainsi que Sophie, Boulou (nos complices de l'étage vert) Emilie et Maud.

La géographie, ça sert d'abord à faire la fête, c'est la devise que l'on aurait pu donner lors de nos années étudiantes, notamment dans le cadre de l'Association des Géographes de Franche-Comté (AGFC). Même éloignés par le temps et la distance, les amis de cette grande époque demeurent toujours présents. Salut et merci à Maxime, Nicolas, Luc, Virginie et les autres que je ne peux tous citer mais que je n'oublie pas pour autant...

Une pensée à mes fidèles compagnons masterisés : Anthony, David et l'autre Anthony. Merci les gosses pour cette amitié forgée sur les bancs de la salle Master et poursuivie au delà, avec Alex, Lulu, Aude et Ezio, pour profiter des belles choses de la vie (et regarder les Alpes !)

Pensée également à Alexandre, Lucie et Laura, devenus mes amis il y a plus d'une décennie maintenant (!) entre un CM de géographie physique sur la végétation de la pampa et un TD de statistiques, et toujours présents aujourd'hui, avec Guillaume, Clément, Adèle et Arthur...

Merci enfin à mes proches pour leur soutien durant ces longues années d'études. Merci à mes parents pour leur confiance, leur aide, leur appui (leurs relectures !). Merci pour tout, depuis bientôt 29 ans, pour m'avoir amené là où je suis aujourd'hui. Merci à mon frère Clément pour son soutien depuis le lointain Québec ainsi qu'à toute la famille.

Introduction générale

« **Aménagement du territoire** : *L'action et la pratique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques, voire stratégiques* » (Merlin et Choay, 1988).

Si nous choisissons d'entamer cette introduction par une définition célèbre de ce qu'est l'aménagement du territoire en France, c'est parce qu'elle constitue en fait le point de départ des réflexions et des travaux qui vont être présentés dans cette thèse. Parce qu'elle met bien en lumière l'importance « des actions et des pratiques » inhérentes à l'intervention de l'homme sur son espace. Parce qu'elle souligne bien la volonté de « disposer avec ordre », c'est à dire qu'elle rappelle que, fondamentalement, l'aménagement est un « choix ». Que ce choix intègre une multiplicité de paramètres humains et techniques, et qu'il doit prendre en compte un certain nombre de contraintes, notamment l'environnement existant et les structures sociales et économiques. Enfin, que ce choix implique une vision stratégique basée sur l'évolution à long terme de cet espace vécu, de cet espace que s'approprie une communauté humaine pour l'envisager comme son *territoire*. Nos territoires sont aujourd'hui structurés, imprégnés de choix, de décisions, d'orientations séculaires voire millénaires qui les ont façonnés tels que nous les connaissons, parce qu'il a été jugé que les aménager en ce sens était préférable à une autre évolution. Les territoires urbains, par les concentrations de populations et d'activités qu'ils connaissent, sont logiquement en première ligne dans les choix d'aménagement, et dans les bouleversements qui apparaissent ces dernières décennies. Il a d'abord été estimé préférable de les penser dans l'optique de l'usage de l'automobile, avant d'opérer, sous l'effet de la saturation, un changement complet d'orientation, comme nous aurons l'occasion de le rappeler. Cet exemple nous conduit à évoquer le principe qui guide aujourd'hui les choix d'aménagements : la « durabilité ». Cet impératif est devenu quasiment

incontournable dans les discours, les objectifs, les décisions relatives à la manière de penser l'avenir d'un espace, d'une société sur le long terme. Notre travail n'y fait pas exception : le concept de développement durable s'inscrit au coeur des réflexions relatives aux politiques d'aménagement. Il constitue le pilier de notre travail. Il en représente aussi l'une des principales difficultés !

Un concept ultra-consensuel composé de deux termes sur lesquels personne n'est d'accord. C'est la définition ironique et paradoxale que l'on pourrait faire à l'heure actuelle à propos de cette problématique omniprésente du développement durable. En effet, si ces deux termes sont largement diffusés et déclinés dans de nombreux domaines à l'orée de ce XXI^{ème} siècle, il n'en est pas moins évident qu'il est particulièrement difficile de s'accorder dès lors qu'il convient d'en donner une définition et, plus encore, une application concrètes. Certes, depuis trente ans, l'impératif de protection des ressources et de l'environnement afin d'assurer l'avenir des générations futures a largement progressé dans les opinions publiques et dans les représentations de leurs dirigeants.

En avril 1974, durant la campagne pour l'élection présidentielle française, les téléspectateurs voyaient apparaître derrière leur écran le premier candidat se revendiquant écologiste. René Dumont buvait alors symboliquement un verre d'eau pour dénoncer le gaspillage et mettre l'accent sur la nécessité de préserver les ressources pour satisfaire les besoins primaires des générations à venir. Ce discours qui pouvait paraître incongru à l'époque est aujourd'hui devenu commun à tel point qu'on pourrait le qualifier de banal. Une banalisation obtenue à force de constat de catastrophes climatiques de plus en plus nombreuses, avec leurs cortèges de réfugiés et de laissés-pour-compte, dûs à un réchauffement scientifiquement constaté, visible à l'oeil nu pour quiconque entreprendra une randonnée à proximité d'un glacier ou, plus encore, une expédition scientifique au Spitsberg... Une prise de conscience devant les limites engendrées par l'activité humaine, des pics de pollutions aux problèmes sanitaires provoqués par les activités industrielles ou agro-alimentaires, particulièrement flagrantes lors de catastrophes telles que Bhopal (1984), l'usine AZF (2001) ou la zone industrialo-portuaire chinoise de Tianjin (2015), et bien sûr des accidents nucléaires de Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011). Une sensibilisation devant les tensions grandissantes, génératrices de conflits, dûes à l'insuffisance alimentaire, l'inégal accès à l'eau, la hausse des prix de l'énergie et des matières premières. Bref, un discours banal et convenu à force de situations inédites et exceptionnelles. Encore

un paradoxe.

Cette imprégnation des problématiques environnementales dans les opinions publiques et les discours va conduire, au tournant des années 1980, à la prise en main du dossier par l'Organisation des Nations Unies et la publication du célèbre rapport Bruntland (1987), sur lequel nous reviendrons, institutionnalisant l'impératif de développement durable. Si l'inscription de ce concept dans les politiques publiques a vocation à apporter des réponses aux problèmes soulignés plus haut, elle n'en est pas moins vectrice d'autant voire de davantage de questions. De quel développement, de quelle durabilité parlons-nous ? René Dumont, après avoir bu son verre d'eau, proposait entre autres solutions pour lutter contre le gaspillage productiviste une augmentation du prix de l'essence. Une mesure fortement polémique et impopulaire, pénalisant une population laborieuse aux revenus modestes et dénoncée comme telle par cette population que la protection des ressources est pourtant censée protéger...

Cet exemple simple illustre bien les débats, oppositions et contradictions ayant trait à ce que doit être le « développement durable ». Dans le cadre d'un processus d'aménagement du territoire, ce flou conceptuel, sur lequel nous insisterons, rend d'autant plus difficile la possibilité d'offrir un cadre solide et objectif quant aux choix d'aménagements à effectuer. Evidemment, ceux-ci résultent d'orientations prises par ceux qui les effectuent, selon leur vision, leurs stratégies et les objectifs qu'ils se fixent quant à l'avenir de leur territoire. Le vaste éventail de définitions, d'orientations que l'on peut donner à la durabilité laisse ainsi aux aménageurs une forte latitude pour décider de quelle manière ils souhaitent rendre plus « durables » leurs politiques... Elle rend également plus difficile le travail des experts et des chercheurs qui doivent fournir des outils destinés à mesurer cette « durabilité ». Ce constat nous amène à évoquer un autre point central de notre travail : celui de la prise de décision. En effet, si nous avons souligné plus haut l'importance des choix effectués par les pouvoirs publics, nous devons également nous attacher à prendre en considération les évolutions importantes qui se font jour ces dernières décennies dans la manière de concevoir et de décider d'un projet d'aménagement. Nous verrons que dans le cadre de l'émergence du développement durable, cette question de la méthode de « gouvernance » est elle aussi régulièrement soulevée. La volonté de démocratisation des processus de décision, la multiplication des personnes et des structures intervenant dans un projet conduisent inévitablement à devoir repenser l'organisation d'une réflexion et d'une décision. Il convient d'abord d'identifier les différents acteurs d'un

processus d'aménagement, ceux que nous évoquerons durant ce travail. Là aussi, les définitions sont parfois floues dans la littérature.

- Les décideurs : nous pouvons les identifier comme « en dernier ressort, l'entité qui apprécie le "possible" et les finalités, exprime les préférences et est sensé les faire prévaloir dans l'évolution du processus » (Roy, 1985). Nous envisageons bien ici le décideur comme l'autorité « finale » prenant la décision, généralement l'élu, représentant émanant de la population.
- Les « experts » : les hommes d'études, les ingénieurs, les professionnels permettant au décideur de mieux comprendre les outils à sa disposition, et ainsi de mieux orienter ses choix.
- Les « parties prenantes » (connues souvent sous le terme anglais *stakeholders*) : définition floue et complexe qui désigne généralement des porteurs d'intérêts, organisés ou non en groupes de pression (Leroy *et al*, 2013). Il s'agit en fait d'individus ou de groupes concernés, directement ou indirectement, par un projet, ici une décision d'aménagement. Ces parties prenantes, que l'on pourrait situer au carrefour du lobbying, du corporatisme et/ou du militantisme, sont eux aussi appelés à voir leur rôle s'accroître avec la dimension « participative » que l'on souhaite de plus en plus accoler au processus de décision.

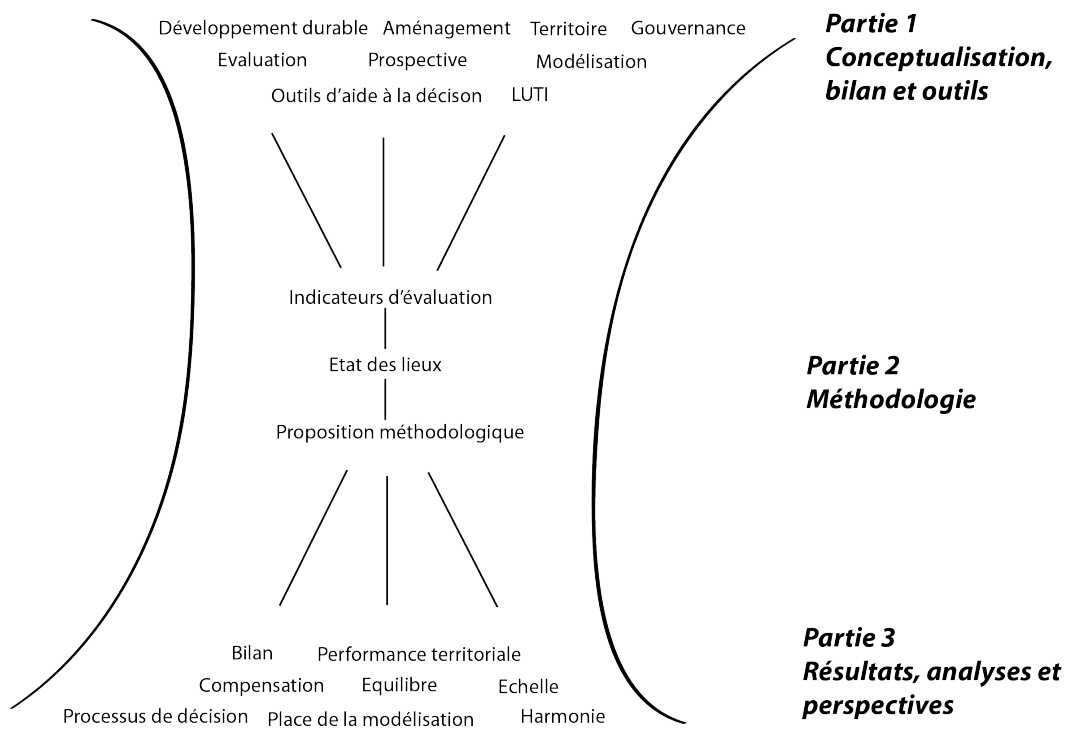
Ainsi, il apparaît là aussi une difficulté à bien appréhender l'organisation qui doit être celle de la prise de décision, et qui fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux. Choisir d'aménager un territoire, d'implanter une infrastructure, d'orienter une politique publique sur le long terme nécessite de penser une organisation mêlant exigence de transparence et de démocratie, d'acceptabilité sociale, de viabilité économique, de soutenabilité environnementale, ainsi qu'une vision stratégique et anticipatrice des impacts potentiels d'un choix sur l'avenir. Autant de paramètres et d'exigences qui compliquent singulièrement la tâche.

Dans ce contexte, le processus de décision doit s'appuyer sur des instruments, des outils, des méthodes dans lesquels il devient possible de puiser des informations, des explications, des simulations permettant de doter les experts de supports d'analyse, de fournir aux parties prenantes des informations objectives sur leur territoire, d'éclairer les décideurs dans leurs orientations et dans leurs choix. Parmi ces outils,

le recours à la modélisation développé par la recherche scientifique apparaît comme une opportunité précieuse. Les progrès de la science permettent aujourd'hui de simuler les impacts des scénarios d'aménagements développés principalement dans les laboratoires de recherches, comme nous aurons l'occasion de le montrer. Le principal écueil réside dans l'opérationnalité de ces modèles. Plus généralement, la question qui nous est posée ici est celle de la place que doit occuper la modélisation dans le processus de décision. Parmi les acteurs d'un processus d'aménagement, quel rôle pour les chercheurs et leurs travaux ? Comment rendre ceux-ci abordables et exploitables en dehors des laboratoires de recherche, alors qu'ils sont souvent critiqués pour leur complexité théorique ? Nous touchons là au coeur de la problématique de cette thèse, illustrée par le recours au modèle de simulation LUTI MobiSim. Après avoir appréhendé les objectifs de durabilité des politiques d'aménagement, comment insérer une méthodologie permettant d'évaluer la durabilité d'un territoire et d'en déduire les actions à mener ? Quelles sont les forces des outils de modélisation et quelles en sont les fragilités ?

C'est ce à quoi nous nous proposons de tenter de répondre. Le plan de cette thèse consiste, dans une première partie, à prendre du recul pour dresser un état des lieux relatif aux questionnements soulevés par la « durabilité ». D'abord, trente ans après la publication du rapport Bruntland, dégager une rétrospective critique du « développement durable », mettant en avant ses fragilités conceptuelles pouvant expliquer ses difficultés d'implémentation dans les politiques d'aménagement. Ensuite, nous pencher plus précisément sur la question de l'évaluation d'un territoire pour « mieux » l'aménager, et des outils actuellement à notre disposition. Cet état des lieux dressés, la deuxième partie, dans une logique d'« entonnoir » (figure 1), se focalise sur la démarche méthodologique nécessaire pour répondre à la problématique que nous avons soulevée. Nous proposons ainsi, à partir d'un état de l'art, un processus méthodologique dont nous étudions les résultats dans la troisième partie, avant d'en identifier les limites et d'ouvrir le champ des réflexions aux divers enjeux qui s'en révèlent, sur le plan technique, conceptuel et philosophique.

FIGURE 1 – *Cheminement de la thèse*



Première partie

Aménager durablement : le besoin d'une vision d'ensemble

Plutôt que d'attendre le futur, il faut le construire, parce que au moins, il sera celui qu'on voudra qu'il soit

Joël de Rosnay

Comment aménager durablement ? Comment penser l'avenir d'un territoire, comment définir ce futur souhaitable vers lequel une communauté humaine va orienter ses actions ? Nous avons vu en introduction que ce futur se doit de penser à la durabilité du territoire. Si cet objectif semble aujourd'hui consensuel parmi les décideurs, nous avons également souligné que son appréhension n'en était pas moins évidente. En conséquence, il convient de s'interroger dans cette première partie sur plusieurs points fondamentaux. D'abord, comprendre concrètement pourquoi ce concept de développement durable est si difficile à appréhender, en brossant un historique critique des grandes théories, courants de pensées et mouvements d'opinions qui ont conduit au rapport Bruntland (ONU, 1987) et au sommet de Rio en 1992. Puis mettre en perspective les exigences qui y ont été formulées avec les politiques d'aménagement conduites depuis, en particulier dans le milieu urbain. La « ville durable » est en effet un concept particulièrement prisé aujourd'hui, nous verrons quels en sont les ressorts et les limites. Après avoir procédé à cette analyse conceptuelle dans le premier chapitre, nous soulèverons, en conséquence, la question des moyens donnés à la mise en oeuvre d'une politique d'aménagement. Comment analyser les caractéristiques d'un territoire ? Quelles sont les différentes approches existantes pour entamer un processus d'aménagement, comment les améliorer pour fournir un meilleur cadre pour la prise de décision ? Nous nous pencherons, dans le chapitre 2, sur les outils d'évaluation et sur ceux de la modélisation, avant de mettre en lumière les difficultés existantes dans la phase d'application concrète de ces différents outils.

Chapitre 1

Concilier aménagement et développement durable

Dans ce premier chapitre, nous avons souhaité nous pencher sur les difficultés d’appréhender le concept de développement durable. Dans la littérature, ces dernières années, il a été procédé à de nombreux états de l’art traitant de la définition et des origines historiques de ce concept. Il ne s’agit pas, ici, de proposer un énième état des lieux mais plutôt d’offrir une approche critique originale des fondements historiques de ce concept, bien antérieurs en réalité au rapport Bruntland qui l’a popularisé en 1987. Nous mettrons cela en perspective avec la volonté politique qui a découlé de ce rapport, d’implémenter le développement durable dans les politiques d’aménagement, notamment dans les espaces urbains. Les difficultés rencontrées depuis une vingtaine d’années nous permettent de mettre en lumière un point central de notre travail, à savoir les enjeux relatifs à ce qu’il est aujourd’hui convenu d’appeler la « gouvernance », c’est à dire l’organisation humaine et politique touchant à la prise de décision, inhérente à tout projet d’aménagement.

1.1 Le développement durable : un concept flou

Comme nous l’avons dit, c’est le rapport Bruntland, publié en 1987 sous l’égide des Nations-Unies qui diffuse l’expression de développement durable dans les esprits, la popularise et l’implémente dans les politiques d’aménagement et les prises de décisions. Il en donne la célèbre définition selon laquelle le développement durable doit se construire comme « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». Très large et assez floue (Veyret, 2007), elle se veut en fait une redéfinition du modèle de

« développement », un concept particulièrement présent, idéologiquement et politiquement, depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale, dans un contexte de guerre froide et d'émergence des pays nouvellement indépendants appelés alors le « Tiers-Monde ». Devant le double questionnement relatif à la finalité à long terme des modèles de développements économiques et de la limitation des ressources terrestres face aux nouveaux modes de vie consuméristes (Jégou, 2007), l'ajout de l'adjectif « durable » au concept de développement vise à assurer un équilibre harmonieux entre l'homme et la nature. Avant d'étudier plus en détails cette période charnière ayant abouti aux problématiques actuelles, il convient toutefois de remonter aux sources, historiquement bien plus lointaines, qui ont peu à peu contribué à forger ce concept.

1.1.1 Aux sources des préoccupations : la révolution industrielle

D'aucuns font en effet remonter la première origine officielle de préoccupation de durabilité des ressources à l'Ordonnance de Brunoy, en 1346, (Clément, 2004 ; Jégou, 2007), où il est question d'entretenir et de préserver les ressources forestières « *en regard de ce que lesdites forez se puissent perpétuellement soustenir en bon estat* ». Il y est effectivement fait allusion à la nécessité d'organiser l'exploitation des forêts de manière à ce qu'elles puissent demeurer pérennes dans le futur. Toutefois, c'est véritablement à l'occasion de la révolution industrielle et de ses bouleversements techniques et humains que l'on peut situer les premières véritables réflexions et problématiques posées quant à la finalité du développement et à la disponibilité des ressources de la planète. En effet, les innovations technologiques, avec pour point de départ la machine à vapeur et donc le recours massif au charbon vont profondément modifier les modes de production, l'utilisation des ressources et l'organisation sociale des sociétés occidentales. On assiste alors à l'émergence des premières industries de masse, l'accroissement de la production agricole (mouvement des enclosures), avec en parallèle un accroissement démographique doublé d'un exode rural voyant de nouvelles concentrations des populations dans les centres urbains, notamment autour des industries. Ces phénomènes vont ainsi faire émerger de nombreux questionnements et problématiques relatifs à :

- la gestion des ressources naturelles face aux mutations industrielles
- la capacité à nourrir et à loger une population qui s'accroît

- le défi de l’urbanisation et de la gestion de l’espace face à l’exode rural et l’apparition de nouvelles populations urbaines
- les conditions de vie, notamment sociales et sanitaires, de ces populations pour la plupart prolétarisées.
- les premiers questionnement relatifs à la sécurité des sites industriels, notamment pour les populations riveraines.

Gestion et préservation des ressources, occupation des sols et aménagement de l’espace, impératifs sociaux, sanitaires, cadre de vie... Ne retrouve-t-on pas là, dans le contexte du XIX^{ème} siècle, le même type d’enjeux et de problématiques que ceux posés 150 ans plus tard sous l’appellation « impératif de développement durable » ? Nous pouvons ainsi voir que les questionnements relatifs à la durabilité d’un modèle de développement n’ont en fait rien d’inédit. Dès lors, de nombreux travaux ont été réalisés à l’époque pour répondre à ces questions. Et, comme aujourd’hui, beaucoup d’antagonismes et de confrontations dans les réponses proposées, notamment chez les économistes.

1.1.1.1 Etat stationnaire et harmonie ou domination et gaspillage ?

Les économistes se saisissent assez tôt de l’enjeu du caractère limité des ressources et s’interrogent sur ses conséquences face à l’accroissement de la population. Le premier et le plus célèbre d’entre eux est incontestablement Thomas Malthus, auteur de *l’essai sur le principe de population*, dans lequel il estime « *que la croissance de la population devait nécessairement se heurter à l’insuffisance de biens alimentaires, puisque la disponibilité de ceux-ci ne pouvait augmenter aussi rapidement que la population* » (Malthus, 1798). Bien qu’appartenant à l’école classique, il s’oppose ainsi en cela à l’idée d’un équilibre harmonieux décrit par Adam Smith. Toutefois, Malthus s’enferme dans une vision radicale, prônant la nécessaire élimination du surplus de population (les pauvres)(Jégou, 2007). Son inquiétude quant à la disponibilité des ressources n’en est pas moins partagée. Après lui, David Ricardo (1772-1823) et John Stuart Mill (1806-1873) développent le concept d’« état stationnaire ». Face à l’augmentation de la population et de sa consommation, les rendements agricoles deviendront décroissants, conduisant à une hausse des prix des denrées nécessitant une hausse des salaires, donc une diminution des profits et des investissements, provoquant un ralentissement de la croissance et ainsi plongeant l’économie dans un

état stationnaire. Ainsi dès cette époque apparaissent des questionnements relatifs à la fin de la croissance, ici théorisée par des économistes libéraux. Ceux-ci imaginent que cet état stationnaire va conduire à une société plus stable, plus respectueuse de la nature et assurant des meilleures conditions d'existence aux hommes (réduction du temps de travail, meilleure équité et meilleure distribution) (Mill, 1848). Nous pouvons ainsi voir se développer ici la préoccupation d'un meilleur équilibre dans la gestion des ressources et des conditions de production, une meilleure répartition des richesses pour aboutir à une meilleure harmonie tant sur le plan humain que dans les rapports à la nature.

Face aux théories des économistes classiques, Karl Marx estime que le capitalisme ne peut assurer une gestion harmonieuse et équitable des richesses de la planète, en raison de sa nature même. Il estime que le capitalisme est un système « *nécessairement en crise qui ne fonctionne qu'en gaspillant des ressources, qu'elles soient matérielles ou humaines* » (Marx, 1867). De plus, enfermé dans les contradictions de l'accumulation du capital, le capitalisme conduit nécessairement à une paupérisation de la classe dominée tandis que la classe dominante ne peut que se réduire à long terme du fait de la demande constante d'une main-d'œuvre à faible coût afin de maintenir des taux de profit qui sont nécessairement décroissants. Cela rend pour Marx impossible l'épanouissement de l'homme au sein d'une société capitaliste. Par ailleurs, il estime que les sociétés contemporaines se doivent de léguer aux générations futures les terres dont elles ont jouies après les avoir améliorées (Boisvert, 2006). A l'inverse des économistes classiques libéraux, Marx rejette l'idée d'une possibilité durable d'équilibre et d'harmonie au sein d'une société capitaliste entraînant inévitablement selon lui crises et inégalités appuyées sur un gaspillage des ressources. Nous voyons ainsi que la révolution industrielle fait apparaître chez les économistes de nombreuses réflexions quand à la durabilité du modèle de développement des sociétés occidentales au XIX^{ème} siècle. Déjà, la question de la limitation des ressources de la planète et des déséquilibres humains et sociaux provoqués par l'industrialisation des sociétés capitalistes taraudent et inquiètent.

1.1.1.2 Les rapports nature/société en question

Les économistes ne sont évidemment pas les seuls à se saisir de la question. Face à la révolution industrielle, des courants littéraires et philosophiques apparaissent dans le but d'améliorer les rapports Homme-nature et les conditions de vie. Nous

pouvons citer, de manière non exhaustive, le courant du transcendentalisme, proche du romantisme et inspiré par les philosophies orientales, qui promeut un retour à la nature pour mieux appréhender les vérités existentielles. A l'inverse, des mouvements d'utopies urbaines font également leur apparition (Ledoux, Owen) dans le but de rationaliser l'organisation du processus de production industrielle tout en contrôlant les relations sociales pour éviter des révoltes ouvrières (Gaillard, 1977 ; Frémond, 2015). On notera également une volonté d'assurer de meilleures conditions sanitaires. De là naîtra l'hygiénisme, visant à promouvoir l'épanouissement de l'individu par l'amélioration des conditions sanitaires et qui impactera fortement le domaine de l'urbanisme et de l'aménagement, comme en témoigne, pour reprendre l'exemple le plus célèbre, les réalisations parisiennes du préfet Haussmann (« *Paris embellie, Paris agrandie, Paris assainie* »).

Les géographes apportent également une importante contribution à la réflexion concernant la viabilité du développement des sociétés occidentales. Faisant écho aux préoccupations relatives à l'exploitation et au gaspillage des ressources de la planète, nous pouvons citer les travaux de George Perkins Marsh (1801-1882) et son ouvrage *Man and nature : or physical geography as modified by human action* (Perkin Marsh, 1864) où il dénonce la destruction des ressources et des espaces naturels par l'exploitation humaine. Considéré comme le premier écologiste américain, il va donner naissance aux Etats-Unis à deux courants opposés quand au sens à donner à la nature et à son utilisation par les sociétés humaines (Veyret, 2005) : le courant « conservatiste » considérant nécessaire de conserver les ressources naturelles afin de pouvoir les exploiter dans le futur, de manière raisonnable. A l'inverse, le courant « préservationniste », partant du principe d'antagonisme entre nature et société, estime que les espaces naturels doivent rester purs de toute exploitation humaine. Ces courants écologistes américains participeront de la création des premiers parcs naturels nationaux, tel que celui de Yellowstone en 1872.

Sur le continent européen, le modèle de développement économique occidental est également critiqué, notamment par des géographes allemands dont F. Ratzel (1844-1904), qui, à l'instar de Karl Marx, dénonce également l'« économie du pillage » (1891) mettant en lumière la problématique de la durabilité d'une croissance basée sur des ressources limitées. Ce problème du déséquilibre croissant entre l'homme et son milieu sera traité par la suite par Carl Sauer (1890-1975), de l'école américaine de Berkley, soucieux de mesurer la trace laissée par l'homme sur son milieu naturel.

Il convient également de citer les travaux de l'école de Chicago relatifs à l'*écologie humaine* (Park, 1936), qui envisagent l'étude des interactions humaines en milieu urbain sur le modèle de l'écologie biologique. Ces travaux seront également repris par un géographe français, Maximilien Sorre (1880-1962) dans *Fondements biologiques de la géographie humaine* (1943) où il mettra en lumière le « complexe pathogène » des sociétés humaines, dans une approche systémique montrant les dangers que la pratique humaine peut avoir sur son milieu.

Un autre géographe français, Elisée Reclus (1830-1905), ira jusqu'à pousser la réflexion sur l'idée même de progrès issu de ce siècle de révolution industrielle, pensant que l'intégration de l'homme dans la nature peut « être aussi bien excellente que pathologique » (Reclus, 1866). Il estimera ainsi dans *L'Homme et la Terre* (Reclus, 1905) que « toute modification, si importante qu'elle soit, s'accomplit par adjonction au progrès de régrès correspondants ». Cette vision, originale à cette époque, des rapports Homme-nature combinée à des convictions anarchistes et libertaires, peut le faire apparaître comme un précurseur des mouvements écologistes qui verront le jour un siècle plus tard.

A l'orée du XX^{ème} siècle, les préoccupations liées à la préservation des ressources, aux conditions de vie et à l'impact des activités humaines sont ainsi bien présentes et déjà largement théorisées. Parallèlement à l'essor industriel, économique, et démographique sont apparus de vives remises en question quant à la durabilité de ce modèle, remettant en cause le principe de l'équilibre harmonieux de la main invisible chère aux libéraux classiques, ouvrant la porte aux grands affrontements idéologiques entre capitalistes et marxistes qui allaient déchirer le XX^{ème} siècle. Dans le même temps, les questions de la qualité de vie, de la préservation des paysages et des espaces naturels feront leurs apparitions et se poursuivront au début du XX^{ème} siècle (Discours du Président Roosevelt en 1909, conférences internationales sur la protection des paysages, de la faune et de la flore : Berne 1913, Paris 1923). Nous voyons donc que **les problématiques du développement des sociétés humaines et de la durabilité de celui-ci apparaissent dès le XIX^{ème} siècle et vont ainsi alimenter les réflexions aboutissant aujourd'hui à la généralisation des objectifs de « développement durable »**. Néanmoins, les idéologies totalitaires et les deux guerres mondiales qui vont ensanglanter le XX^{ème} siècle, puis l'essor de l'idéologie du « tout développement » qui va se façonner après 1945 vont éclipser la volonté de préservation des espaces naturels

et des ressources de la planète.

1.1.2 Du tout-développement au développement durable

A l'issue de la Seconde Guerre mondiale, la reconstruction des territoires ravagés avec en parallèle la poussée du communisme et des premiers mouvements de décolonisation vont inciter les pays occidentaux à ériger la notion de développement en véritable dogme politique.

1.1.2.1 Après-guerre : le développement érigé en dogme

La Guerre Froide a fait son apparition : les pays occidentaux veulent contenir la menace soviétique en empêchant des populations appauvries de basculer dans le camp communiste. De nombreuses régions du monde sont concernées : l'Europe affaiblie par les destructions, les pays n'ayant pas réalisé leur révolution industrielle, les pays colonisés... Les Etats-Unis, par la voix de leur président Harry Truman, en 1949, vont alors mettre en oeuvre une politique de « containment » s'appuyant sur le principe de « développement », qui va faire son apparition dans les discours et les théories économiques. Le terme de « sous-développement » va être employé dans le discours de Truman, pour désigner les pays en retard par rapport au monde occidental. Il s'agit ici d'ériger le modèle de développement occidental issu de la révolution industrielle en référence, et de l'appliquer à tous les pays du monde (Rostow, 1960). En Europe, cela se caractérisera par le célèbre Plan Marshall (1947-1953), aide économique destinée à être un « levier de développement ». Nous pouvons souligner ici qu'à cette époque, les théories libérales des économistes classiques sont fortement remises en cause, discréditées par la crise de l'entre-deux-guerre : il apparaît que l'intervention de la puissance publique s'avère nécessaire pour conduire des politiques de développement destinées à stimuler la croissance. Le courant de pensée keynésien connaît alors son apogée, tandis que les néoclassiques cherchent à démontrer la possibilité d'une croissance équilibrée sur le long terme, appuyée sur le progrès technologique (Solow, 1960). Dans les deux cas, tout est pensé autour de l'impératif d'une croissance que l'on considère comme potentiellement infinie comme source de développement. Cette conception du développement basée sur le modèle occidental est vivement critiquée dans les sphères marxistes. On voit notamment se développer le courant « dépendantisme », (Prebisch, 1950 ; Franck, 1969) qui considère que le fameux « sous-développement » est en réalité le fruit de l'exploitation d'une périphérie (le Tiers-Monde) par un centre (L'Occident) la rendant de ce fait

dépendante. L'affrontement idéologique propre à la guerre froide n'épargne donc pas la vision du « développement ». Cependant, nous pouvons tout de même identifier des constantes de part et d'autre des spectres idéologiques : l'intégration de ce principe « développementaliste » comme condition du progrès humain, qu'il soit basé sur le modèle occidental (pays capitalistes) ou sur un modèle productiviste marxiste (pays communistes). De même, le recours à la puissance publique pour l'aide au développement destiné à faire décoller l'économie : le recours à la planification, déjà présent de manière autoritaire dans les pays communistes, fait également son apparition, de manière plus souple, dans les pays occidentaux, notamment en France (Plan Monnet, 1946-1950). Enfin, à l'Est comme à l'Ouest, on peut constater durant ces années un sentiment commun de toute-puissance de l'homme par rapport à la nature, notamment dans la course aux infrastructures gigantesques défiant l'environnement (barrages, tunnels, canaux, autoroutes, grands ensembles bétonnés *etc.*) sans oublier la course aux armements et ses corollaires...

A cette époque, rares sont les voix mettant en garde face au gaspillage et à la destruction des ressources. Nous pouvons citer celle de F. Osborn (1887-1969) qui, dès 1948, mettait en garde contre l'utilisation abusive de la planète par l'homme dans son essai *La planète au pillage* (Osborn, 1948).

1.1.2.2 L'environnement réhabilité face aux limites de la consommation de masse

Il faudra attendre le tournant des années 1970 pour voir réapparaître significativement les préoccupations environnementales sur le devant de la scène. Si le système de consommation de masse a connu de premières remises en causes à la fin des années 1960, notamment à l'occasion des mouvements de contestation de 1968 (Etats-Unis, France), c'est encore une fois, comme deux siècles auparavant, la question de la croissance de la population qui fait office de sonnette d'alarme. L'émergence des pays dits du « Tiers-Monde » se caractérise par une croissance inédite de la population de ceux-ci, certains pratiquant de surcroît une politique ouvertement nataliste (Chine, Algérie...)(Brunel, 2004). Cette situation, issue d'un tout-développement effréné, commence à inquiéter un Occident se sentant menacé par la pression grandissante des pays « pauvres », faisant ressurgir les analyses malthusiennes. Ainsi, Paul R. Erhlich qui en 1968 publie *La Bombe P., 7 milliards*

d'hommes en l'an 2000 (Ehrlich, 1968), s'alarmant de la croissance démographique des pays pauvres. Parallèlement, le système productiviste commence à montrer ses limites et ses failles : quadruplement des rendements agricoles au prix d'une utilisation massive et dangereuses de pesticides, pollutions dues à l'industrialisation... (Brunel, 2004). Il apparaît clairement que les ressources naturelles sont rendues de plus en plus vulnérables. Dans ce contexte, un économiste américain, Kenneth Boulding, compare en 1966 la Terre à un vaisseau spatial fonctionnant en système fermé, où l'homme ne peut agir en prédateur gaspillant les ressources sous peine de disparaître du système. Nous voyons ici apparaître un plaidoyer pour une vision globale d'un système Terre où l'économie et l'environnement deviennent indissociables, l'homme devant ainsi en tirer les conséquences en modifiant sa façon d'agir (« Grande transition »)(Boulding, 1966). Nous allons ainsi voir se développer à cette époque différents courants militants pour une réhabilitation des préoccupations environnementales dans des politiques de développement (Greenpeace, WWF, premières ONG environnementales) tandis qu'en 1968 l'Unesco organise la conférence « *Biosphère* » promouvant l'idée d'un « développement écologiquement viable ». La sémantique officielle évolue ainsi, mettant en avant l'environnement et les prémices du concept de « durabilité ». Le principe de croissance, inhérent au modèle productiviste, va se voir lui-même remis en question. La remise en cause la plus célèbre étant celle du rapport Meadows, publié en 1972 par le club de Rome ¹ intitulé *Halte à la croissance* (la version originale anglophone, plus nuancée, parle de *Limits of the Growth*, prônant une croissance stagnante pour éviter un accroissement du gaspillage des ressources par une population grandissante)(Meadows *et al*, 1972). Ce rapport défend l'idée d'un « état d'équilibre global », se rapprochant des thèses néoclassiques évoquées plus haut ². Nous voyons ici que **croissance et développement se trouvent dissociés, la première n'apparaissant plus nécessairement comme un objectif crédible pour assurer la pérennité du second. De ce postulat vont émerger des théories plus radicales contre la croissance, comme la deep-écologie (Naess, 1973), inspirée du transcendantalisme et récusant le progrès et la science pour défendre un retour à la Terre, et plus tard des mouvements proches de l'idéologie de la décroissance.**

1. Groupe de réflexion international réunissant scientifiques, économistes, haut-fonctionnaires réfléchissant aux défis à relever par les Etats de la planète

2. D'un point de vue méthodologique, nous pouvons signaler que ce rapport s'appuie sur les premières simulations par ordinateur d'un modèle d'écosystème mondial, prenant en compte différents paramètres et annonçant l'épuisement des réserves mondiales de pétrole et de gaz à l'horizon des années 1990.

Cette remise en cause ne fait évidemment pas l'unanimité : beaucoup estiment en effet que le maintien de la croissance est nécessaire au développement des sociétés et à l'amélioration de leurs conditions de vie. Ce d'autant plus que les années 1970 seront celles des deux chocs pétroliers, marquant la fin des Trente Glorieuses et l'apparition des premiers phénomènes de chômage, en même temps que la crise des ressources énergétiques. Face à ce double écueil de la fin de l'opulence et de la vulnérabilité des ressources en matières premières, une croissance raisonnée va être vue comme un moyen de relancer l'économie, parallèlement à une nécessité d'une meilleure répartition des richesses, tant à l'échelle interne aux pays que dans les échanges Nord-Sud. De ces impératifs va naître le concept d'« éco-développement », issu de la conférence de Stockholm en 1972. Il s'agit pour ses promoteurs de « *penser conjointement l'environnement et le développement* » (Veyret, 2007) afin de mettre en oeuvre « *un développement des populations par elles-mêmes, utilisant au mieux les ressources naturelles, s'adaptant à un environnement qu'elles transforment sans le détruire* » (Sachs, 1980).

Une nouvelle fois, comme au XIX^{ème} siècle, les faits s'imposent brutalement et conduisent à des analyses et prises de positions divergentes pour y répondre. Nous voyons réapparaître notamment deux courants, l'un promouvant une remise en cause radicale de la croissance et du progrès humain, l'autre tentant une synthèse entre impératifs de développement et protection des ressources. Egaleme nt, le retour des préoccupations environnementales imprègne la société. Des mouvements, associations et partis politiques écologistes se développent, des manifestations, appels au boycott apparaissent contre des firmes ou groupes ne respectant pas l'environnement. L'environnement retrouve une place institutionnelle : création d'un ministère de l'écologie en France (1971), de Parcs nationaux, organisation de conférences internationales (*L'homme et son milieu* par l'ONU en 1972, première conférence climat à Genève en 1979).

1.1.2.3 L'émergence du développement durable : des limites, des écueils, des remises en cause

Ainsi, en l'espace d'une décennie, l'idéologie du développement appuyée sur l'idée d'une croissance infinie et d'une espèce humaine sur-puissante se trouve fortement

contestée, la réalité du monde s'imposant par un « alignement de planètes », une conjonction de phénomènes aboutissant à une prise de conscience : l'accroissement massif de la population des pays pauvres, les dégâts environnementaux et sanitaires du modèle productiviste, les chocs pétroliers et la crise sociale, économique et énergétique qui s'ensuit ouvrent des interrogations et une réhabilitation de la place de la nature et du milieu dans lequel vit l'homme. C'est ainsi qu'en 1980, l'expression de « développement durable » fait son apparition dans un rapport d'ONG environnementales³ (IUCN, 1980). Pour autant, si l'analyse d'une nécessité de repenser les modèles de développement par une meilleure protection des ressources naturelles fait consensus, nous avons vu que les avis divergent sur les réponses à apporter. Ainsi, comme nous le disions en introduction, les recherches de solutions font apparaître d'autant plus de questions. Les affrontements idéologiques, comme au XIX^{ème} siècle, ne sont évidemment pas étrangers à ces divergences. Celle de la place de la croissance, notamment, dont nous avons vu qu'elle était une source de clivage. Nous pouvons ainsi distinguer quatre tendances autour de cette question (Nicolas, 2013) :

- Décroissance nécessaire au développement (Georgescu-Roegen *et al.*, 1979)⁴
- Croissance zéro pour assurer développement (Meadows, 1972)⁵
- Croissance raisonnée nécessaire au développement (Sachs, 1980)⁶
- Croissance et développement sont équivalents (Bekerman, 1994)⁷.

A cette époque, beaucoup estiment que la protection de l'environnement ne peut se faire au détriment de l'économie, du progrès technologique et de la croissance sur lesquelles s'est fondée l'idéologie du développement encore très présente, malgré tout, notamment pour les pays du Sud qui le conçoivent comme l'accès à la modernité et au progrès. Le contexte toujours présent de Guerre froide et de compétition en tous genres entre les deux superpuissances rend par ailleurs encore peu audible de telles préoccupations dans les hautes sphères dirigeantes. Dans ce contexte, la troisième tendance, défendue notamment par les tenants de l'éco-développement, sera retenue et privilégiée pour poser les bases du concept de « développement durable » :

3. Stratégie de la conservation. la conservation des ressources vivantes au service du développement durable, PNUE, UICN et WWF)

4. L'auteur pose le problème de l'épuisement inévitable des ressources naturelles et promeut un autre type de développement, basé sur la décroissance, qui permettrait à l'homme de faire perdurer son développement et son économie. Nous y reviendrons dans le 1.3.

5. Rapport « Halte à la croissance » cité plus haut

6. Prône un système fondé sur l'éco-développement, approche combinant politique sociale, préservation de l'environnement et développement économique.

7. Développe le concept de croissance soutenable, où la croissance est considérée comme durable à mesure que le prix des ressources non renouvelables augmente par leur raréfaction et que celles-ci sont remplacées par des substituts issus du progrès technique.

il s'agit de conserver le concept de développement, appuyé sur la croissance, et d'y ajouter le principe de durabilité pour prendre en compte l'impératif de préservation et d'utilisation rationnelle des ressources naturelles (vision similaire au courant « conservatiste » américain de la fin du XIX^{ème} siècle). C'est sur cette vision que va reposer le « développement durable », mais nous pouvons souligner ici qu'il s'agit d'une vision parmi d'autres, ce qui dès lors doit conduire à relativiser la dimension presque sacro-sainte prise aujourd'hui par ce concept. D'autres visions continuent à être défendues, notamment celle estimant que la croissance est incompatible avec toute idée de développement et qu'une amélioration du bien être et des conditions de vies passe nécessairement par une décroissance et une refonte complète des processus de production, de décision, de consommation (Charbonneau, 1980 ; Latouche, 2012). Nous aurons l'occasion d'y revenir.

La notion de durabilité elle-même va se heurter à un clivage dans sa manière de l'envisager : d'aucuns estiment que face aux risques sur la nature et les ressources, doit être appliqué un principe de précaution visant à éviter des dégradations irréversibles, cela nécessitant interdictions et réglementations de certaines activités. Il s'agit des tenants de ce que l'on nommera la « durabilité forte »⁸ (Turner, 1992), par opposition à la « durabilité faible », dont les partisans estiment qu'il faut faire confiance au marché et à l'innovation humaine pour répondre aux enjeux de la préservation des ressources, permettant notamment la substitution entre capital naturel et capital manufacturé (OCDE, 2001). Cela nous amène à distinguer un autre clivage, fondamental lui aussi dans la manière de penser l'intervention humaine sur son milieu : celui de la place et du rôle de la puissance publique. Les années 1980 sont celles de la révolution néo-conservatrice, faisant l'apologie du modèle libéral dans les pays occidentaux où le compromis keynésien-fordiste est remis en question face à la crise, tandis que le monde « socialiste » se dirige vers l'effondrement d'un système communiste à bout de souffle. Il est donc de bon ton de promouvoir la dérégulation, de remettre en cause l'intervention de l'État et les politiques interventionnistes. Pourtant, la réalisation d'un changement de politiques visant à satisfaire les nouveaux objectifs de durabilité du système semble nécessiter une forte implication des pouvoirs publics. En effet, **afin de répondre aux objectifs dictés par les principes sur lesquels repose le développement durable, penser globalement**

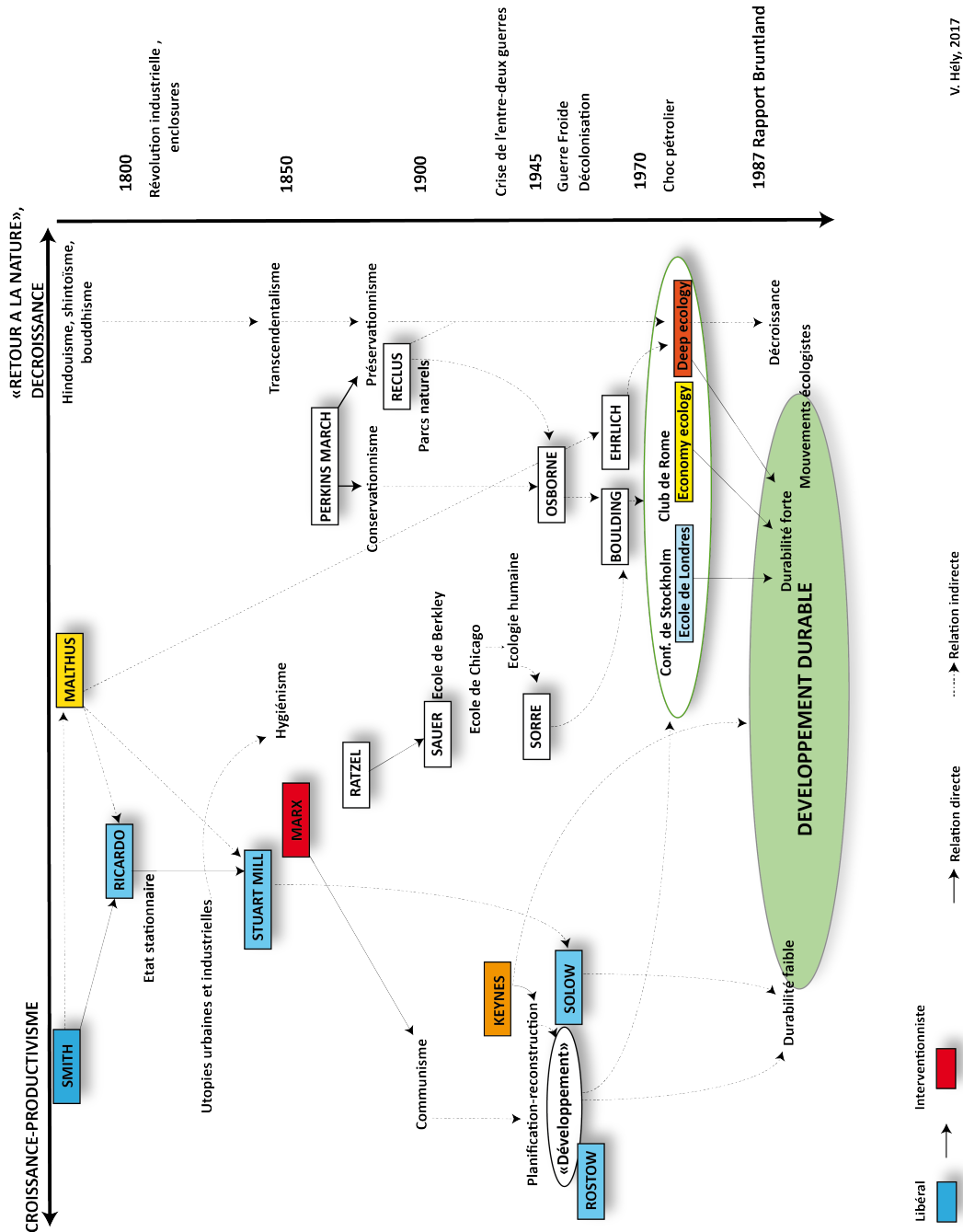
8. Nous pouvons citer plusieurs courants plus ou moins radicaux : l'École de Londres, l'*ecological economy*, la *deep ecology*, les premiers prônant une économie de marché encadrée par des mesures environnementales, les derniers réclamant des mesures autoritaires pour préserver la planète

l'aménagement et l'occupation de l'espace devient une priorité. Partant du principe vu dans l'introduction, que l'aménagement est une « *intervention volontaire sur l'espace, qui vise à créer un ordre jugé souhaitable pour assurer commodité, économie et harmonie* » (Merlin, 2002), un modèle de développement « durable » semble devoir se baser sur le recours à une forme de planification (Antoni *et al.*, 2014; Antoni, 2016) : gestion des ressources, des mobilités, des activités, mesures incitatives et/ou dissuasives, grandes orientations socio-économiques... Ces principes apparaissent en contradiction avec le vent néolibéral qui s'installe sur toute la planète au moment où la notion de développement durable s'imisce dans l'agenda international.

Ainsi, au moment de la parution du rapport Bruntland en 1987, le concept de développement durable souffre de fragilités dues aux clivages et aux oppositions qui président à sa naissance, comme nous tentons de le montrer dans la figure 1.1. Sorte d'entre-deux entre idéologie de développement et idéologie de décroissance, **il se trouve de ce fait critiqué sur ses fondements mêmes, et voit sa mise en application sujette à des oppositions sur le degré d'interventions et de réglementations nécessaires à sa réussite. De ce fait, le rapport Bruntland va en donner une définition la plus vaste et la plus consensuelle possible, permettant de le populariser mais aussi l'handicapant par le flou dans lequel il s'installe.**

En conclusion, nous avons pu montrer que la problématique relative à la préservation des ressources naturelles et aux rapports de l'homme avec son milieu est en fait ancienne, remontant aux bouleversements inhérents au choc de la révolution industrielle. Dès cette époque, des questionnements, théories et idéologies proposant de profonds changements dans la manière d'envisager les modes de production, de vie, de peuplement se font jour, suscitant des oppositions quant au rapport que l'espèce humaine doit avoir avec son environnement. Si une bonne partie du XX^{ème} siècle a éclipsé les préoccupations environnementales, **la fin des Trente Glorieuses a remis sur le devant de la scène toutes ces questions, ressuscitant en même temps les oppositions et les clivages du siècle passé. Au final, émerge dans les années 1980 un nouveau concept qui semble le fruit d'un compromis entre ces différentes tendances, le rendant ainsi consensuel mais fragile.**

FIGURE 1.1 – Origines conceptuelles du développement durable



V. Hély, 2017

1.2 L'aménagement : des politiques au défi de la durabilité

Le retour des préoccupations environnementales va ainsi amener l'ONU a prendre le dossier en main dans les années 1980, par la mise en place de la Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (CMED) en 1983, dirigée par Gro Harlem Brundtland. Cette commission considère que les problèmes environnementaux et ceux du développement sont liés, les uns influençant directement les autres. La réponse à apporter doit donc être envisagée de manière globale en définissant un nouveau modèle de croissance, plus respectueux des ressources, moins énergivore et assurant une meilleure répartition des richesses (Zuindeau, 2010). Cette approche va aboutir à la publication en 1987 de *Notre avenir à tous*, donnant la première définition du développement durable (cf 1.1). Insistant sur la conciliation entre croissance économique et sauvegarde de l'environnement ainsi que sur la nécessaire solidarité internationale afin de réduire les inégalités de développement (Tsayem-Demaze, 2009), il va établir ainsi les principes de base sur lesquels vont s'appuyer les politiques de promotion de ce nouvel impératif de « développement durable ».

1.2.1 La « consécration » du développement durable

Nous l'avons vu, il fut dans un premier temps difficile de mettre sur le devant de la scène les préoccupations environnementales, pour les raisons évoquées plus haut. Mais l'on finira par assister peu à peu à une prégnance de plus en plus affirmée de ces questions, notamment en raison de l'actualité et du changement de contexte international.

1.2.1.1 La prise de conscience

La multiplication des catastrophes environnementales dans les années 1970-1980 (Seveso 1976, *Amoco Cadiz* 1978, Three Miles island 1979, Bhopal 1984 et Tchernobyl 1986), ainsi que les premiers symptômes d'un changement climatique, dû notamment aux gaz à effet de serre produits en grande quantité par l'activité humaine (dégradation de la couche d'ozone, sécheresse, fonte des glaces) vont faire prendre conscience à l'opinion publique de la vulnérabilité de l'environnement face à l'activité humaine. Parallèlement, la fin de la guerre froide et la chute du bloc communiste bouleversent la donne géopolitique : le « développement » érigé en idéologie après-guerre pour contenir la menace soviétique devient inutile et les aides au

développement distribuées par l'Occident s'effondrent, les régimes autoritaires disparaissent pour laisser la place à des systèmes multipartites où la contestation se développe et favorise l'émergence de la société civile tandis que le modèle de mondialisation libérale s'implante pratiquement partout sur la planète, favorisant le rôle des ONG et des grandes entreprises (Brunel, 2004).

C'est dans ce contexte de bouleversements mondiaux et de prise de conscience progressive du besoin de protéger l'environnement et les ressources que le développement durable va pouvoir s'affirmer sur la scène publique et internationale. A la suite de la publication du rapport Bruntland, l'ONU organise en 1992 un « sommet de la Terre » à Rio de Janeiro⁹. L'objectif est, cette fois, d'obtenir une prise de conscience et ainsi un engagement officiel et important des Etats en faveur de la protection de la planète et la transition vers un nouveau système d'organisation fondé sur les principes énoncés dans *Notre avenir à tous*. Ce sommet réunissant 178 pays, 110 chefs d'Etat et de gouvernement ainsi que près de 2500 représentants d'ONG est généralement considéré comme celui de la « consécration » du développement durable. Les principes de celui-ci vont en effet guider les résolutions prises à l'occasion de ce sommet, qui abouti à la « déclaration de Rio » sur l'environnement et le développement, « *Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature. (...) Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.* » (ONU, 1992). Nous voyons bien ici la volonté de compromis entre impératif de développement humain et nécessité de protéger l'environnement. Ce texte composé de 27 principes entérine notamment les principes de précaution et de pollueur payeur, ainsi que les objectifs de lutte contre la pauvreté et de changement de modes de production et de consommation (Tsayem-Demaze, 2009). Un autre texte fondamental va émerger de ce sommet : celui de l'*Agenda 21*. Ambitieux document de 40 chapitres et quelques 2500 recommandations, il brosse un état des lieux des nombreuses problématiques humaines et environnementales et des actions à mener en conséquence pour satisfaire aux objectifs de « développement durable ». Plusieurs niveaux d'actions sont identifiés : national, régional et local, les pays signataires s'engageant à entreprendre les politiques adéquates dans les décennies à

9. Il ne s'agit pas du premier sommet de ce type. Le premier, nous l'avons vu, était la conférence de Stockholm en 1972, suivi dix ans plus tard du sommet de Nairobi, celui-ci étant un profond échec notamment en raison du désintérêt des Etats-Unis pour la question, le Président Reagan se contentant de nommer sa fille comme représentante officielle des Etats-Unis

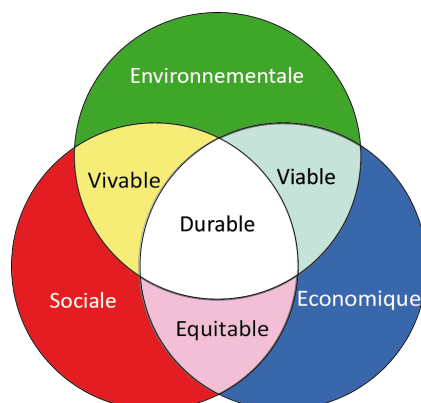
venir. D'autres résolutions sont prises à travers diverses conventions, notamment sur le changement climatique, la diversité biologique, la protection des forêts...

Ce sommet aboutit ainsi à de grands engagements internationaux des différents Etats et de leurs dirigeants, qui semblent intégrer l'impératif de développement durable dans leurs réflexions. Il est intéressant de revenir ici sur les principes qui fondent ces engagements, et d'identifier leurs limites et leurs paradoxes.

1.2.1.2 Principes, ambitions et fragilités

L'un des principes de base du développement durable étant la conciliation entre développement économique et impératifs environnementaux et sociaux, les engagements pris lors du sommet de Rio s'appuient sur ce principe pour tenter d'apporter une réponse globale et de trouver un équilibre entre différents piliers. Mais, nous l'avons vu, le concept de développement durable s'appuie sur des bases conceptuelles aussi vastes que floues. Ce flou « *a conduit à l'élaboration de divers schémas, qui illustrent tout particulièrement la variabilité du concept, ces tentatives de schématisation reflétant les incertitudes quant à son contenu* » (Cans, 2009). A l'issue du sommet de Rio, la mise en oeuvre des politiques de développement durable semble ainsi s'appuyer sur le principe énoncé dans le rapport Bruntland de promouvoir « *un développement efficace économiquement tout en étant socialement équitable et écologiquement supportable ou durable* ». Des interrelations existant entre les champs de l'économie, du social et de l'environnemental, la durabilité doit ainsi se situer à l'intersection des 3 champs. Ce principe sera rapidement formalisé sous la forme du célèbre schéma des trois sphères par Jacob et Sadler en 1990 (Figure 1.2).

FIGURE 1.2 – *Trois sphères du développement durable, d'après Jacob et Sadler (1990)*



Néanmoins, il suscitera de nombreuses interrogations quant à sa pertinence et faisabilité, d'autant que le rapport Bruntland insiste sur la nécessité d'une croissance économique, certes pensée différemment, mais indispensable tout de même à une meilleure répartition des richesses et autour de laquelle doivent s'articuler les politiques de préservation environnementale. **Cette vision peut conduire à considérer que le pilier « économique » est à favoriser pour parvenir à l'équilibre souhaité. Elle est à rapprocher de celle des tenants de la durabilité faible. A l'inverse, des conceptions proches de la durabilité forte peuvent conduire à penser que la priorité est de protéger les ressources, préserver la planète, et donc assujettir les politiques économiques et sociales à l'impératif environnemental.** C'est d'ailleurs l'orientation qui semble se dégager du sommet de Rio, où le domaine environnemental semble privilégié, notamment par les pays du « Nord » face en particulier au problème du réchauffement climatique. Une orientation discutée par les pays du « Sud », pour qui la lutte contre la pauvreté et pour le développement et l'amélioration des conditions de vie est la priorité. Cette divergence de vue recoupe ainsi en bonne partie le clivage entre Nord développé et Sud « en développement ». **Le principe d'équilibre entre les trois sphères montre dès lors ses fragilités face aux approches contradictoires qui le sous-tendent, en particulier celle pouvant conduire à hiérarchiser les sphères pour atteindre l'objectif de durabilité.** Nous aurons l'occasion d'y revenir plus en détails dans la deuxième partie.

Un autre principe fondateur du concept de développement durable est celui de repenser la gouvernance et les jeux d'acteurs. **La nouvelle donne géopolitique évoquée plus haut, l'essoufflement des modèles de démocratie libérale et des partis politiques, l'émergence de nouveaux acteurs issus de la société civile, du secteur associatif conduit à penser le développement durable en donnant la parole à ces nouvelles formes d'expression et de participation à la vie citoyenne.** Ainsi, les documents issus du sommet de Rio insistent sur ces nouveaux jeux d'acteurs. Outre les décideurs traditionnels, institutionnels, l'accent est mis sur la nécessaire participation aux prises de décisions des populations locales, des collectivités, syndicats, entreprises, scientifiques, ONG *etc.* La notion de « démocratie participative » est ainsi promue comme corollaire d'une politique de développement durable réussie. Les résolutions des agendas 21 définissent clairement l'objectif d'approches participatives et de dialogues avec les habitants, notamment au niveau des collectivités. Mais là aussi, ce principe se heurte à de nombreuses

limites. En particulier, le manque de précision dans la définition du rôle et de la place des différents acteurs dans les processus de décision. Quelle gouvernance pour le développement durable (Tsayem-demaze, 2009)? Quelle cohérence, quels effets concrets d'une approche participative (Van den Hove, 2001)? Encore une fois, le manque de précision rend l'application de ce principe aléatoire. Nous avons également déjà cité le problème de la vision libérale s'accordant mal avec une politique interventionniste qui semble pourtant nécessaire à la réalisation des objectifs du sommet de la Terre. Ainsi, le bilan des grands engagements, ambitieux, des Etats lors du sommet de Rio (« la décennie des bons sentiments », comme l'appelle Sylvie Brunel, reposant sur des documents juridiquement non contraignants...(Brunel, 2004)) sera très mitigé, beaucoup de promesses n'ayant été tenues, faute en particulier de moyens.

Enfin, il convient d'aborder la question relative à l'échelle d'intervention et d'application des politiques de développement durable. Ce dernier implique en effet d'adopter une vision globale, « planétaire », tout en favorisant la prise de décision et la participation des acteurs au niveau local : nous avons vu que les Agendas 21 déclinaient trois niveaux d'intervention : national, régional et local. « Penser global, agir local » devient ainsi le slogan phare, porteur en lui même d'un paradoxe. Il faut ainsi concilier une définition d'objectifs et de politiques à l'échelle planétaire et leur déclinaison au plus près des acteurs de terrain, c'est à dire dans un espace restreint. Cet impératif conditionne d'ailleurs la réalisation des objectifs évoqués précédemment : équilibre et harmonie entre différentes sphères et implication des acteurs. Là aussi, il s'agit d'éviter les écueils d'un trop grand flou dans les définitions. A quoi doit correspondre cet « espace », ce « territoire »? Ce dernier ne peut être réduit à une simple distance, source de coûts de déplacements et de transports, à quoi l'ont trop souvent réduit nombre d'économistes (Pecqueur et Zuindeau, 2010). La vision des géographes, lui donnant une triple dimension identitaire/existentielle, matérielle et organisationnelle (Le Berre, 1992 ; Laganier *et al.*, 2002) prend ici tout son sens. C'est par leurs inscriptions dans les différents échelons territoriaux, avec leurs spécificités, leurs acteurs et leurs organisations propres (Graillet et Waaub, 2006 ; Antoni *et al.*, 2014) que les politiques « durables » semblent pouvoir être menées. L'enjeu est ensuite de pouvoir coordonner les politiques *entre* les territoires, en prenant en compte les interdépendances spatiales (Nijkamp *et al.*, 1992) et l'impératif d'équité, la durabilité interne d'un territoire ne devant pas nuire à la durabilité externe d'un ensemble supra-territorial (« *Ne fait pas à autrui ce que tu ne vou-*

drais pas qu'il te fasse » : principe de réciprocité, Zuindeau, 1994). **Le territoire peut ainsi être pensé comme « une brique de base du développement durable »** (Theys, 2002), l'analyse de l'imbrication des différents territoires de manière horizontale et verticale (différents niveaux d'échelles) devant permettre une meilleure optimisation des jeux d'acteurs et des mesures destinées à favoriser la mise en oeuvre des principes du rapport Bruntland. Vaste programme... sur lequel repose une partie de notre travail, comme nous aurons l'occasion de le voir plus loin.

La décennie 1990 apparaît comme celle de la « consécration » du développement durable, de sa mise en avant sur la scène internationale et auprès des « décideurs », grâce au travail de l'ONU et de l'évolution du contexte international. Si le sommet de Rio en 1992 permet de poser les principes de base des politiques de développement durable et la fixation d'objectifs ambitieux, les limites de ces principes et de ces volontés n'en apparaissent pas moins dès cette époque. Il met aussi en lumière la problématique de l'inscription territoriale des politiques durables, préalable à toute politique d'aménagement, qui nous concerne ici au premier chef. Nous allons notamment nous attarder sur un territoire central dans ces problématiques, objet de notre étude : la ville.

1.2.2 La place de la ville dans les politiques « durables »

Nous avons donc souligné l'importance de l'inscription territoriale des politiques visant à réaliser les objectifs du Rapport Bruntland. Dès lors, il s'agit de penser le développement durable selon les caractéristiques de chaque territoire : réflexion sur les modèles de production agricole dans les territoires ruraux, géographie du risque dans les territoires montagneux, reconversion des territoires industriels... Les territoires seront d'autant plus impactés par l'action humaine qu'ils seront source d'implantation des activités économiques. En effet, bien qu'ayant été au départ dissociés, le développement durable et l'étude de la localisation des activités économiques sont en fait étroitement liés (Olszack, 2010).

1.2.2.1 La dimension urbaine du développement durable

Les territoires urbains sont à ce titre les premiers concernés par les évolutions dûes aux activités humaines. Outre qu'ils sont un pôle de concentration des activités économiques, ils sont en conséquence également le lieu privilégié du développement

résidentiel. Nous avons ainsi pu voir que, dès le XIX^{ème} siècle, les villes étaient le théâtre d'une concentration des nouvelles populations « prolétarisées », se concentrant autour des industries. Face aux défis de l'urbanisation apparus lors de la révolution industrielle et plus encore au XX^{ème} siècle, diverses théories relatives à l'aménagement urbain avaient vu le jour, poussant à la naissance d'une nouvelle science : l'urbanisme. Il s'agissait alors d'imaginer un territoire urbain idéal, fonctionnel, reproductible, correspondant à des « types idéaux d'agglomération urbaine » (Choay, 1965), qualifiés d'utopies. Nous avons déjà évoqué les utopies urbaines du XIX^{ème} siècle, notamment celles élaborées autour de la ville industrielle et de l'hygiénisme. Au XX^{ème} siècle, le modèle de la ville fonctionnelle sera dominant, notamment autour de Le Corbusier. Celui-ci, intégrant l'apparition de l'automobile utilisera une approche sectorielle pour diviser l'organisation urbaine en quatre fonctions : « *Habiter, travailler, se recréer, circuler* » (Le Corbusier, 1941). Les fonctions urbaines sont dissociées, la circulation étant optimisée pour assurer la meilleure accessibilité possible (Frémond, 2015). Ces conceptions seront popularisées par la signature de la Charte d'Athènes en 1933, et se concrétiseront en particulier dans le contexte de la reconstruction des villes après-guerre, ou dans la construction de villes nouvelles dans les pays en développement (Brasilia). Cette « ville fonctionnelle » trouve ainsi un écho très favorable dans le contexte du « tout-développement ».

Par la suite, les politiques d'accession à la propriété et le désir des populations urbaines de vivre à proximité des espaces naturels conjugués à l'augmentation des prix du foncier verront se développer les habitats résidentiels faisant s'étendre les villes : c'est l'apparition du « périurbain », avec en corolaire le phénomène d'étalement urbain, d'artificialisation des sols et d'augmentation du trafic automobile. A la construction de grands ensembles et la tendance à l'habitat collectif a succédé l'âge d'or de la maison individuelle. La quête du bonheur individuel, tant du point de vue du statut social (accès à la propriété) que de celui du cadre de vie, amène les ménages à orienter leur choix de localisation résidentielle dans des espaces leur offrant le meilleur compromis. Cette rationalisation des comportements individuels se retrouve notamment dans les théories de la *Nouvelle Economie Urbaine*, issues des travaux d'Alonso (1964)¹⁰, marquant la découverte et la mesure par les économistes des forces d'agglomération et des richesses que celles-ci produisent. Cette école

10. se fondant comme la capacité des individus à acquérir des biens économiques, à partir de la notion de maximisation de l'utilité. On suppose qu'un individu rationnel va orienter ses choix de consommation, de localisation, de transport, à partir d'un arbitrage entre les coûts et les profits qui vont en découler (Fujita, 1989)

connaît son âge d'or dans les années 1970, au moment où le phénomène de périurbanisation s'affirme. La prise en compte du souhait d'accès aux aménités vertes (rente d'externalité, Richardson, 1977) entérinera de fait le phénomène d'étalement urbain.

En résumé, ces comportements de localisation des activités économiques et humaines dans les villes et les projets d'aménagement urbains qui en découlent aboutissent à des conséquences environnementales, économiques et sociales. Les trois sphères du développement durable. Par conséquent, la question de l'aménagement urbain revêt une dimension capitale pour satisfaire à ces objectifs. L'étude des interactions entre l'homme et le milieu urbain est ancienne. L'école de sociologie de Chicago, dont nous avons déjà parlé, a ainsi apporté un éclairage par l'utilisation de l'écologie humaine pour expliquer l'interdépendance des activités en milieu urbain. L'évolution de la composition des territoires urbains est marquée par les comportements collectifs, les compétitions entre groupes sociaux et l'évolution du statut social des individus. Enrichi dans les années 1960 par l'approche de l'écosystémique urbaine (Wolman, 1965 ; Stoddart, 1968 ; Forrester, 1969), cette approche systémique, promouvant par ailleurs un idéal d'autosuffisance géré par les acteurs locaux (Emelianoff, 2010) peut être considérée comme un prémice de ce que l'on nommera plus tard la « ville durable ». **La systémique apporte par ailleurs un élément méthodologique et scientifique qui paraît fondamental pour appréhender le concept de développement durable. Elle permet la compréhension et la modélisation des phénomènes d'aménagement urbains**, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir plus en détail dans le chapitre 2. Les travaux et la manière d'appréhender le territoire urbain fournissent ainsi un cadre conceptuel et méthodologique propice à une application dans le cadre des objectifs établis par le rapport Bruntland. Il s'agit de repenser l'organisation locale des villes, face à l'impératif de sortir du tout-automobile et de l'étalement urbain, deux symptômes identifiés comme particulièrement dommageables à l'environnement et à la viabilité du système. Repenser la forme urbaine et les modes de transport apparaît ainsi comme le fondement d'une politique durable à l'échelle urbaine.

Parallèlement, il nous faut souligner que la ville tient également une place considérable à l'échelle globale. A l'aube du XXI^{ème} siècle, près de la moitié de la population mondiale vit dans un espace urbain. Dans le cadre de la mondialisation libérale et de l'internationalisation des relations, les territoires urbains, métropolitains sont plus que jamais les espaces charnières des échanges et des prises de décision, lieu

de « *maximisation des interactions sociales* » (Claval, 1981) où se développent les processus d'innovation et de diffusion (Hagerstrand, 1953) à la base de véritables dynamiques faisant des villes des territoires en constante évolution (Pumain, 1982, 1997). Les lieux de pouvoirs y sont généralement concentrés, de même que souvent les mouvements de contestation, d'émulsion démocratiques, scientifiques... De sorte que le volet du renouveau participatif, de la prise de décision et des relations internationales devant accompagner le développement durable trouve aussi une place prépondérante en territoire urbain. De cette façon, la ville se révèle comme un territoire moteur dans la mise en oeuvre des objectifs de durabilité, par la double filiation (Hamman, 2012), locale et globale, dans laquelle elle s'inscrit par rapport au développement durable.

1.2.2.2 Repenser l'aménagement urbain par un changement de paradigme : promotion de la ville durable

Au moment où apparaissent les problématiques relatives au développement durable, l'aménagement urbain est donc pensé à travers des théories relevant souvent des utopies urbaines, produisant des modèles urbains « passésistes » ou « progressistes », dont certains sont dominés par une logique fonctionnaliste (Choay, 1965). Celle-ci est souvent critiquée, par manque de prise en compte de l'histoire et du contexte (Choay, 1965 ; Héran, 2011). De plus, ces modèles, par le fait qu'ils soient pour la plupart basés sur la circulation automobile, les rend difficilement compatibles en l'état avec les impératifs de développement durable et de réduction des gaz à effet de serre. Il faut alors repenser la ville à l'aune des nouveaux impératifs issus du rapport Bruntland et du sommet de Rio. Cela nécessite de rompre avec le tout-automobile et de stopper la périurbanisation galopante. La ville doit être auto-suffisante (Morris, 1982) et ne doit pas exporter à l'extérieur ses coûts de développement (Mitlin et Satterthwaite, 1994). De plus, l'approche sectorielle qui prévalait jusque là, notamment dans la vision fonctionnaliste, doit être remplacée par l'approche systémique, évoquée plus haut, qui seule sera en mesure d'envisager les problématiques urbaines dans leur globalité. C'est donc à un véritable changement de paradigme que l'on assiste dans la manière de penser la ville. Celle-ci a vocation à être pensée par une approche plus pragmatique, basée sur les principes de la démocratie participative chère aux promoteurs du développement durable (Héran, 2015). La « durabilité » d'une ville est en effet forcément relative au contexte historique, géographique et culturel qui l'entoure (Emelianoff, 2010). Nous retrou-

vons ainsi la triple dimension permettant de définir le territoire, ici urbain.

Ce changement de paradigme va ainsi porter la « ville durable » sur les fonds baptismaux, fruit d'une double exigence : critique quant à l'organisation des villes au regard des enjeux environnementaux, pragmatique quant à la mise en application, l'expérimentation et la consultation étant préférées à l'application arbitraire d'un modèle théorique (Emelianoff, 2007). L'approche globale, les interrelations entre différents territoires et à différentes échelles propres à l'application des objectifs du sommet de Rio sont évidemment une problématique incontournable. Ainsi, en 1994, G. Haughton et C. Hunter donneront cette définition : « *Une ville durable est une ville dans laquelle les habitants et les activités économiques s'efforcent continuellement d'améliorer leur environnement naturel, bâti et culturel au niveau du voisinage et au niveau régional, tout en travaillant de manière à défendre toujours l'objectif d'un développement durable global* ». Dès lors, des actions concrètes, notamment dans le cadre des agendas 21, sont lancées pour promouvoir la ville durable. En Europe, avec le soutien de la Commission Européenne, un *Livre vert sur l'aménagement urbain* (Commission des Communautés européennes, 1990) est lancé afin d'encourager une réflexion approfondie sur la durabilité dans les agglomérations européennes : les villes européennes sont invitées à partager leurs expériences et à identifier les meilleures pistes possibles pour l'implémentation des politiques durables. La promotion des collectivités locales par le sommet de Rio incite d'autant plus ce type d'échange. Dans cet esprit, 67 collectivités locales vont se réunir en mai 1994 dans la ville danoise d'Aalborg, aboutissant à la signature d'une charte où les villes reconnaissent leur rôle et leur responsabilité historique à assurer des politiques durables, au plus près des citoyens, en s'appuyant sur leur dimension locale (Charte d'Aalborg, 1994). Elles s'engagent à la mise en place d'un programme stratégique d'actions à mener pour le XXI^{ème} siècle, redéfinissant les politiques urbaines dans une optique durable de préservation des ressources et de respect de l'environnement, en s'appuyant sur les acteurs et les citoyens. Cette charte est souvent présentée comme l'opposé de la charte d'Athènes, fonctionnaliste et autoritaire. Elle sera ratifiée par plus de 2500 collectivités européennes dans les années qui suivent, mettant en place un véritable réseau des villes durables. Le mouvement s'internationalise, avec en 1996 la conférence de Lisbonne, s'ouvrant aux pays de la rive sud de la Méditerranée. A l'issue de cette conférence, le rapport *Villes durables européennes* recommande une approche écosystémique dans la manière d'envisager l'aménagement urbain.

En parallèle, de nouveaux courants de réflexion apparaissent afin de promouvoir un nouveau modèle de développement urbain : nous pouvons citer la promotion du *Transit Oriented Development* (TOD) par Peter Calthorpe (1993), qui intègre l'objectif de lutte contre l'étalement urbain, la promotion des modes de déplacements doux et des transports en commun, par exemple par le développement du rail (L'Hostis *et al.*, 2009 ; L'Hostis *et al.*, 2013), dans le cadre d'une ville plus compacte appuyée sur le principe de mixité fonctionnelle. De même, nous voyons apparaître dans les années 1990 les courants nord-américains de la *smart growth* et du *new urbanism* favorisant, par une approche multi-échelle, une ville plus compacte, plus « humanisée », mêlant esthétique urbaine et mixité fonctionnelle (Talen, 2000 ; Al-Hindi et Till, 2013 ; Frémond, 2015). Enfin, l'apparition des éco-quartiers dans les villes européennes est l'un des symboles les plus visibles de ce changement d'orientation des politiques d'aménagement urbain. Soulignons toutefois que l'éco-quartier, conçu et présenté comme le nouveau type d'urbanisme « idéal », ressemble en cela aux utopies urbaines, prenant parfois mal en compte les réalités du terrain (et donc les impératifs locaux de durabilité), ce paradoxe montrant ainsi que la persistance de l'ancien paradigme n'a pas disparu, y compris au sein de l'élaboration de la ville durable (Héran, 2015).

Au tournant des années 1990, le « développement durable » est donc l'option retenue pour appréhender les nouveaux défis économiques, sociaux et environnementaux qui se posent à l'humanité. Compromis entre préservation environnementale et nécessité de croissance économique destinée à favoriser le progrès humain et social, ses fondements en sont ainsi flous et fragiles. Il n'en demeure pas moins que la « durabilité » va s'imposer dans l'agenda international, à partir du Sommet de Rio en 1992. Ce tournant sera l'occasion de repenser la prise de décision, l'aménagement des territoires, aux premiers rangs desquels les territoires urbains. En butte à ses limites et à ses crises, le « système » ville est amené à se repenser sur la base de la durabilité. La « ville durable » deviendra ainsi un des piliers des actions de transformation du territoire. Si cette décennie des années 1990 est celle des grands espoirs d'une transition « durable », cet élan va rapidement montrer des signaux de faiblesse et d'essoufflement.

1.3 La bonne gouvernance : un objectif difficile

En 2012, lorsque nous débutons ce travail de thèse, vingt années ont passées depuis le sommet de Rio. Si le développement durable s'est installé pleinement dans les discours des dirigeants et dans les esprits des opinions publiques, il n'en apparaît pas moins que le concept et sa mise en application se heurtent à de nombreux écueils. Les faiblesses et fragilités d'un concept aussi flou que consensuel, que nous avons mis en évidence, n'ont pas manqué de se manifester durant les deux décennies qui ont suivi le rapport Bruntland. Il en résulte de nombreux questionnements à résoudre et de nombreux défis à relever, en particulier pour ce qui concerne les politiques d'aménagement du territoire. Il convient ici de nous arrêter sur ces questions, afin de mettre en lumière les problématiques qui s'imposent à nous dans ce travail.

1.3.1 Rio + 20 : bilan mitigé et remises en question

Il ne s'agit pas ici de se livrer à un inventaire exhaustif des actions réalisées depuis vingt ans en matière de politiques durables, mais d'identifier les principaux acquis et les principales critiques qui se font jour actuellement autour de cette question.

1.3.1.1 Dynamiques et désenchantements

Le sommet de Rio a indéniablement enclenché une dynamique dans l'organisation de sommets et d'actions internationales, comme nous l'avons déjà montré. Phénomène accentué par la prise de conscience relative au changement climatique, dont les effets se font de plus en plus remarquer (trou dans la couche d'ozone, fonte des glaces, catastrophes naturelles à répétition...). Ce problème prendra une place croissante dans les réflexions relatives au développement durable. La plus célèbre manifestation de cette prise de conscience sera la conférence de Kyoto, en 1997, qui abouti à la signature d'un protocole engageant les signataires à une réduction des gaz à effet de serre. L'action de l'homme dans le réchauffement du climat est pointée du doigt et l'humanité est sensibilisée à la question. Cela renforce l'emprise de la dimension « environnementale » du développement durable, particulièrement chez les pays occidentaux. La décennie 2000 verra cette question portée à bout de bras dans les discours des grands dirigeants de la planète : « *Notre maison brûle et nous regardons ailleurs* », déclarera le Président Chirac en 2002; Al Gore, ancien

vice-président américain, recevra en 2007 avec les experts du Giec¹¹ le prix Nobel de la paix pour leur communication et leur sensibilisation sur les dangers du réchauffement (Film *Une vérité qui dérange*). En France, des personnalités telles que Nicolas Hulot ou Yann-Arthus Bertrand se livrent eux aussi à des opérations médiatiques de sensibilisation de l'opinion, avec un certain succès : insertion d'une *Charte de l'environnement* dans la Constitution française en 2004, signature d'un *pacte écologique* durant la campagne présidentielle de 2007 puis organisation du « Grenelle de l'environnement » la même année avec l'ambition de mettre en oeuvre des politiques de long terme, notamment pour limiter la consommation de CO₂ et protéger la biodiversité. De nouveaux modèles de développement économiques, fondés sur un meilleur respect de l'environnement sont imaginés et tentés. Ainsi, se développent entre autre les idées de « croissance verte », de « transition énergétique » ou encore d'« écologie industrielle »¹², tandis que les agendas 21 ou les plans climats locaux continuent d'être mis en oeuvre. A la fin des années 2000, nous assistons donc à un certain volontarisme autour de la sensibilisation aux questions environnementales et de l'action pour la préservation de la planète.

Cependant, la mise en oeuvre de ces politiques ambitieuses se trouve souvent être source de déceptions et de désenchantements par rapport aux objectifs fixés. Dès le sommet de Johannesburg, en 2002, le désappointement est palpable : outre que les engagements n'ont pas tous, loin s'en faut, été suivis d'effets, les contradictions conceptuelles inhérentes au développement durable se font cruellement sentir. La question de l'équilibre entre les trois sphères, que nous avons abordé plus haut, est prégnante : les pays du Sud continuent de réclamer que l'on donne la priorité à la lutte contre la pauvreté et pour le développement (annulation de leurs dettes) et ne veulent pas payer pour la « dette écologique » des pays du Nord, initiateurs du modèle du tout-développement. Face à cette opposition, une des trois sphères du développement durable apparaît prise en étau et finalement négligée : la sphère sociale. Les conclusions de Johannesburg insisteront sur cet aspect, mais pour le reste, peu de nouveautés sont à constater et ce sommet sera généralement qualifié

11. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été créé en 1988 en vue de fournir des évaluations détaillées de l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs répercussions potentielles et les stratégies de parade. Cinq rapports ont été publiés à cet effet.

12. Basée sur une approche systémique inspirée du caractère cyclique des écosystèmes naturels (Brullot et Maillefer, 2010), l'écologie industrielle vise à replacer les processus de production au sein de leurs milieux écologiques (Beaurin, Varlet, 2015) pour repenser un cycle de développement économique plus respectueux des matières premières, de l'énergie et générant moins de déchets.

d'échec, faute de vision commune et de cohérence d'actions.

De plus, sur le terrain, les actions et politiques durables se heurtent à la difficile réalité. Par exemple, la mise en oeuvre des agendas 21, si elle a favorisé l'essor des politiques environnementales urbaines et la démocratie locale (Lafferty, 2001), se trouve souvent confrontée à un manque d'appui politique et de transversalité nécessaires à leur réussite (Emelianoff, 2010). Le manque de vision globale handicape la mise en place de ces politiques, comme l'illustrent les difficultés de la construction de la « ville durable ». Phénomène « *NIMBY* »¹³, inégalités écologiques (pollutions, cadre de vie...) et sociales selon les quartiers, gentrification en parallèle de la réhabilitation des centre-villes (Theys et Emeliannoff, 2002) en sont autant de défis et de freins.

Enfin, la voie du « capitalisme vert » vers laquelle semble s'orienter de plus en plus les politiques dites durables dans les années 2000 est loin de faire consensus. Des principes tels que « le droit à polluer », qui symbolisent une marchandisation de l'environnement, sont souvent contestés. Le fait que les Etats-Unis, première puissance mondiale et premier pollueur de la planète, soient particulièrement réticents à s'engager dans le processus de lutte contre le changement climatique (« *Le niveau de vie des américains n'est pas négociable* », George H.W. Bush, 1992; refus de signer le protocole de Kyoto; retrait de l'accord de Paris en 2017) handicape et restreint la portée des mesures décidées. La question de la transition énergétique soulève également beaucoup de débats, notamment en France où la place du nucléaire est fortement critiquée par les associations écologistes, de même qu'est dénoncée par d'autres l'instauration de « fiscalité verte » telle que la taxe carbone.

Ainsi, si la dynamique née du sommet de Rio s'est poursuivie par un certain nombre d'initiatives, elle n'en est pas moins freinée non seulement par de nombreuses déceptions dues aux difficultés de mise en oeuvre des politiques annoncées, mais aussi par des critiques de plus en plus affirmées à l'égard du concept de développement durable.

1.3.1.2 Un concept attaqué de part et d'autre

Nous avons vu dans le 1.1. que le développement durable était un concept très large destiné à faire consensus, mais qu'il se trouvait néanmoins sujet à critiques,

13. Not In My Backyard : décrit le phénomène récurrent d'opposition de résidents à un projet d'aménagement dont ils considèrent qu'ils en subiront des nuisances. (Antoni, 2009)

notamment à ses deux extrémités (cf figure 1.1). Ces critiques, de part et d'autre, vont se poursuivre et s'amplifier à mesure que les flous et les contradictions conceptuelles vont fragiliser le consensus.

D'un côté, l'inscription des politiques de développement durable dans le cadre d'une économie capitaliste libérale apparaît comme une contradiction. C'est d'abord par ce biais que les remises en question vont se faire jour. La critique la plus radicale apparaît au sein du mouvement des « décroissants », qui va contester la notion même de « développement durable », considérée comme un oxymore. Ce courant estime qu'il doit être mis fin à la course à la croissance pour espérer préserver les ressources de la planète. Pour cela, ils appellent à un changement complet de paradigme, concernant le rapport de l'humanité à la croissance, aux biens matériels et aux processus de production. Bien que marginale, cette mouvance n'en a pas moins des origines anciennes, aussi anciennes en réalité que celles du développement durable : la révolution industrielle. Outre les courants préservationnistes (dans les rapports à l'environnement) et malthusiens (dans la manière d'envisager l'évolution démographique) dont nous avons déjà parlé, c'est une profonde remise en cause civilisationnelle qui inspire ce mouvement. Il s'appuie sur une critique du rapport même de l'homme à la technique et à la production, qui a vu le jour dès le XIX^{ème} siècle : dénonciation du machinisme (Sismondi, 1819), de la valeur travail (« droit à la paresse ») (Lafargue, 1880) et de la division de celui-ci due à l'industrialisation (Morris, 1894). A l'heure où les préoccupations environnementales reviennent sur le devant de la scène (années 1970-80), ce courant propose une rupture totale, bien plus profonde que le compromis né autour du concept de « développement durable ». Si le rapport Meadows publié par le club de Rome prône une croissance zéro pour éviter une aggravation du gaspillage des ressources, c'est l'économiste roumain Nicholas Georgescu-Roegen, évoqué dans le 1.1., qui est considéré comme le fondateur du concept de décroissance (Parker *et al.*, 2007). Celui-ci, par un rapprochement entre l'économie et le principe physique de thermodynamique, estime que la première ignore le principe d'irréversibilité de la dégradation de la matière et de l'énergie due au phénomène d'entropie, et conclut à l'impossibilité d'une croissance infinie dans un monde fini (Latouche, 2007). Partant de là, divers travaux vont mettre en évidence, selon leurs auteurs, la nécessité de remettre en cause la notion de développement (Charbonneau, 1973), de repenser le rapport à la technique (Ellul *et al.*, 1954) ou l'auto-limitation des besoins, pour éviter d'en créer des nouveaux (Illich, 1973). De là va être promue une réduction de la consommation (principe de « simplicité volontaire »), débouchant sur un cercle

vertueux de décroissance « sereine »¹⁴(Latouche, 2010).

Ainsi, sur ces bases, les années 1990 et 2000 vont voir le mouvement pour la décroissance dénoncer le développement durable comme concept antinomique, résultant simplement d'une conversion « écologiste » de la mondialisation capitaliste. Ces thèses vont alors trouver un certain écho, face notamment à la récupération du concept de développement durable par les grands groupes industriels et les multinationales. L'émergence, nous l'avons dit, des principes de « croissance verte », d'écologie industrielle, de droit à polluer va accréditer l'idée d'une supercherie¹⁵. Cette contestation va se retrouver dans la mouvance des courants altermondialistes, qui revendiquent la mise en place d'un système alternatif à la mondialisation néolibérale (Contre-sommet du G8 à Gênes en 2001, Forums sociaux à Porto Alegre, *etc.*). Si la revendication première de ces mouvements est une meilleure répartition des richesses entre le Nord et le Sud, la préoccupation environnementale et la lutte contre le gaspillage sont également bien présentes. Toutefois, des théories plus modérées que celles des décroissants cohabitent dans ces mouvements, se rapprochant des principes initiaux du développement durable qui apparaît finalement lui-même galvaudé par la marchandisation du monde.

A l'heure où nous écrivons ces lignes, il nous semble en effet être pris en étau face aux différentes crises qui frappent la planète : crise économique et sociale qui sévit depuis 2008, crise politique, notamment dans les démocraties occidentales. Ces crises ne sont pas sans impact sur la mise en oeuvre des principes du développement durable. Si les années 2000 ont popularisé les impératifs de protection des ressources, les difficultés économiques et sociales engendrées par la crise économiques semblent les avoir relégués au second plan dans les préoccupations des dirigeants et des opinions publiques. Nous voyons alors revenir en force des critiques venues de l'autre extrémité. La protection de l'environnement est perçue comme un frein à la croissance et donc à la reprise économique. Les mécanismes proposés pour inciter à changer

14. Latouche va baser ce processus de décroissance sur huit objectifs interdépendants (les huit « R ») : Réévaluer (rapport aux valeurs fondant nos sociétés), Reconceptualiser (changement de regard sur le monde), Restructurer (appareil de production), Redistribuer (richesses et relations Nord/Sud), Relocaliser (rapprochement des sites de production), Réduire (consommation), Réutiliser et Recycler (fin du gaspillage)

15. Latouche (2010) cite la déclaration, en 2001, du Président de British Petroleum France : « *Le développement durable, c'est tout d'abord produire plus d'énergie, plus de pétrole, plus de gaz, peut-être plus de charbon et de nucléaire, et certainement plus d'énergies renouvelables, en s'assurant que cela ne se fait pas au détriment de l'environnement...* »

les comportements (normes, réglementations, fiscalité écologique) rencontrent une opposition croissante, étant vécus comme asphyxiant financièrement et paralysant économiquement. On voit apparaître le terme d'« écologie punitive » (entre autres, le philosophe Pascal Bruckner, en 2011, dénonce le malthusianisme et une dérive autoritaire, selon lui, des mouvements écologistes) qui culpabiliserait et pénaliserait la population par ce type de mesures jugées coercitives. De fait, une part croissante de l'opinion publique, suivi d'une partie de la classe politique semble aujourd'hui adopter cette rhétorique. Nous avons pu le constater en France, où le président Sarkozy, pourtant initiateur du Grenelle de l'environnement en 2007, déclarera trois ans plus tard, à la veille d'échéances électorales délicates « *l'écologie ça commence à bien faire* », avant d'abandonner le projet de mise en place de taxe carbone, symbolisant ainsi le revirement de certains dirigeants. Plus généralement, en Europe, les mouvements écologistes qui avaient le vent en poupe à la fin des années 2000 se voient aujourd'hui marginalisés dans beaucoup d'Etats pour céder la place à des mouvements nationalistes portant souvent avec démagogie un mécontentement issu des crises politiques et économiques. Sans parler de la mouvance « climato-sceptique », qui remet en cause la responsabilité humaine dans le réchauffement climatique, et qui connaît de nombreux adeptes aux Etats-Unis, tant sur le plan politique que médiatique.

A l'heure où la COP 21, tenue à Paris en décembre 2015, est parvenue à un accord des pays signataires pour réduire le réchauffement climatique à un maximum de deux degrés d'ici 2100, la mise en oeuvre de politiques durables se heurte à de nombreuses réticences. La remise en cause conjointe du concept de « développement durable », tant par les tenants d'une rupture radicale avec le modèle de croissance productiviste que par ceux voyant la protection de l'environnement comme une contrainte dirigée contre l'humain, combinée à la crise de confiance envers les dirigeants, aboutit à de fortes contestations, parfois violentes. Nous en avons l'exemple en France, où des manifestations représentatives de ces deux courants ont marqué l'actualité. L'opposition aux mesures de taxation des poids lourds (*écotaxe*) a conduit au mouvement des *Bonnets rouges*, en 2013. Après deux manifestations de masses en Bretagne, le gouvernement recule et reporte puis abandonne le projet. A l'inverse, des mouvements écologistes contestant la construction d'infrastructures d'aménagement mettent en place des *zones à défendre (ZAD)*, où ils manifestent leur opposition tout en empêchant le déroulement des travaux (Antoni, 2016). Les plus célèbres d'entre elles sont celle du barrage de Sievens, avec un dénouement drama-

tique (mort d'un manifestant) conduisant à un réexamen du projet par les acteurs locaux. Egalement, le projet d'aéroport Notre-Dame-des-Landes a vu lui aussi l'implantation d'une ZAD et une mobilisation croissante conduisant le gouvernement à chercher une sortie de crise par la tenue d'un référendum local à l'instar de celui tenu à Stuttgart¹⁶. Cela nous ramène à la problématique centrale qui nous intéresse ici : celle de la prise de décision dans le cadre de projets d'aménagements. Fortement remise en cause, la mise en oeuvre de politiques *durables* doit ainsi s'appuyer sur une meilleure gouvernance pour aboutir à des prises de décisions mieux acceptées et mieux comprises.

1.3.2 L'enjeu de la gouvernance et de la prise de décision

En effet, les conclusions du sommet Rio + 20, mises en avant lors des Rencontres internationales de Reims en 2012¹⁷, évoquent sans détour que l'une des principales difficultés réside dans la capacité à optimiser une gouvernance qui permette d'engager des politiques durables. Il y a été rappelé par Ignacy Sachs « *la nécessité de repenser le contrat social et de réaffirmer la responsabilité de l'action humaine dans l'organisation du système, avec le besoin de révolutions technologiques et énergétiques.* » Deux enjeux majeurs sont identifiés quant aux problèmes de gouvernance : la réhabilitation du principe de planification et, partant de là, l'organisation de la gouvernance en choisissant la bonne échelle d'intervention. Nous voyons donc poindre, plus que jamais, les difficultés identifiées plus haut quand au rapport entre décisions et territoire.

1.3.2.1 La gouvernance au secours du développement durable ?

Nous avons pu mettre en exergue plusieurs points de blocage relatifs à la mise en application du concept du développement durable : la contestation de sa pertinence et de sa légitimité, ses contradictions voire ses antagonismes, l'incompréhension et/ou l'opposition dont certaines mesures peuvent faire l'objet, la difficulté de trouver la bonne articulation spatiale. Ainsi, les objectifs de cohésion sociale et d'harmonie entre humains définis dans le rapport Bruntland se heurtent-ils aux difficultés d'appropriation du concept. Des mouvements critiques pointent en particulier

16. Dans le cadre du projet *Stuttgart 21*, réaménageant les infrastructures ferroviaires avec entre autres la réfection totale de la gare centrale. Face à la contestation grandissante (50000 personnes dans les rues), un référendum est décidé à l'échelle du Land de Bade-Wurtemberg, se traduisant par l'approbation du projet par 58 pour cent des votants.

17. Rencontres internationales organisées à l'Université de Reims depuis 2011, réunissant des experts internationaux travaillant sur les questions relatives au développement durable.

la manière d’appréhender la prise de décision par les gouvernants. Dans *La ville durable controversée* (Boissonnade, 2015), il est notamment critiqué le phénomène de « gouvernementalisation des conduites » : le développement durable serait de plus en plus abordé comme « *un instrument d’autocontrôle, ainsi que de surveillance et d’orientation des conduites qui relevaient jusque-là de différences culturelles ou du domaine privé* » (Sauvé, 2007). Le recours à la « pédagogie » (terme à la mode dans le vocabulaire des dirigeants, notamment dans ce domaine) pour sensibiliser et responsabiliser les citoyens comme nous l’avons évoqué plus haut, montre des limites (Pautard, 2015). Similaire au principe de « propagande démocratique » qui s’appuie sur « *la création de vérité* » (Ellul, 1952)(établie par ceux qui cherchent à convaincre !), elle se caractérise par une surabondance d’informations tendant dans le même sens (celui décidé par la communication politique). Ce faisant, elle peut conduire à une infantilisation des masses conduisant à leur « soumission librement consentie » (Beauvois et Joule, 1987). Un processus à double tranchant pouvant déboucher soit à une adhésion inconditionnelle, soit au contraire susciter méfiance voire rejet, en particulier si « *la contrainte de l’usage est plus importante que le bénéfice attendu* » (Scott, 1985). Ce phénomène a ainsi pu s’observer ces dernières années avec la montée en puissance du discours climato-sceptique que nous avons évoqué dans le paragraphe précédant. La saturation médiatique peut ainsi provoquer des mouvements antagonistes et, le cas échéant, conflictuels. Il est ainsi démontré là un important problème relatif à la philosophie et l’efficacité de la communication et des prises de décision des gouvernants. Un verbiage politique saturé « de développement durable », confronté parallèlement à des difficultés de mise en pratique devient-il contre-productif ?

La temporalité de l’action politique dans un cadre démocratique est également en question. Les enjeux planétaires relatifs aux ressources, à l’énergie, au climat sont évidemment des enjeux de long terme. La temporalité de la démocratie est autre. Celle-ci est fondée sur un rythme beaucoup plus rapide, basé sur l’alternance rendue possible par des échéances électorales rapprochées (4 ou 5 ans dans la plupart des démocraties). De sorte qu’elle peut être considérée comme « *le moyen le moins coûteux pour que des coalitions d’intérêts différents se succèdent aux commandes(...)* sans qu’aucune d’entre elles ne se sente lésée, évitant ainsi que ne s’enclenche un processus de révolte, de répression, de révolution » (Popper, 1979, cité par Genestier, 2015). Alternance, intérêts différents... l’insertion d’une vision globale et durable est ainsi loin d’être évidente et se trouve souvent bloquée par des considérations

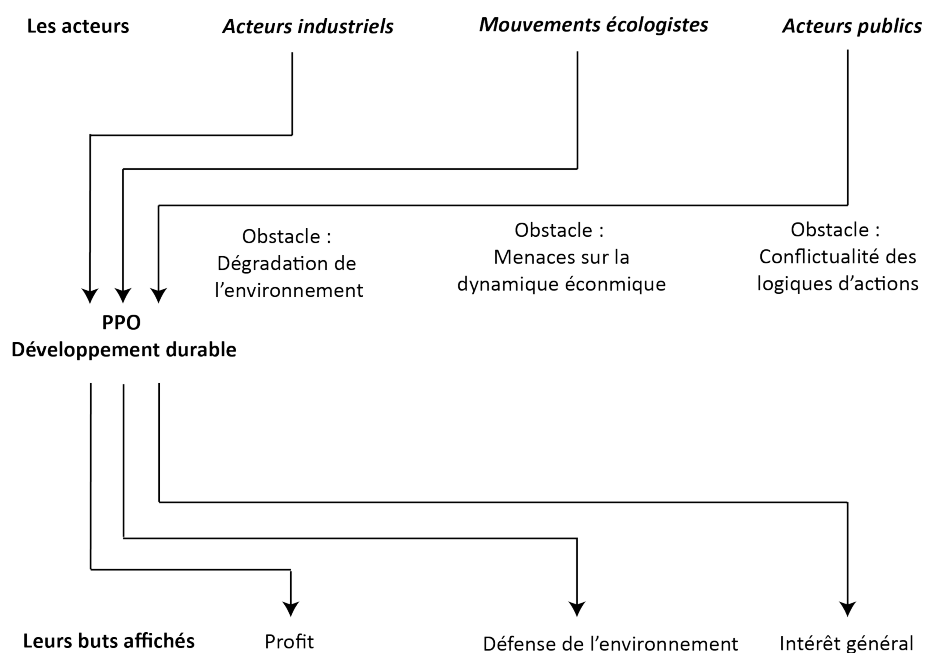
politiques de court-terme, qui expliquent une partie des blocages. Les impératifs économiques (rentabilité à court-terme) tendent à aggraver cet antagonisme. De même, nous l'avons vu, des contradictions entre durabilité locale et durabilité globale peuvent se révéler, si un territoire, pour assurer sa durabilité interne, exporte à l'extérieur ses externalités négatives.

Forts de ces constats, faut-il pour autant en conclure que le concept de développement durable et l'objectif d'équilibre harmonieux s'en trouvent discrédités, comme le pensent certains ? **Notre postulat est que la recherche d'un équilibre entre différents impératifs légitimes (dynamisme économique, protection environnementale, amélioration des conditions de vie) est inévitable. Une transformation totale du système Terre, éco-centré, ou un sacrifice de l'environnement au profit d'une vision économiste et techniciste ne saurait être viable ni acceptable. En ce sens, la recherche d'un équilibre par le développement durable tel que défini par le Rapport Bruntland nous semble toujours pertinent, malgré toutes les limites et les blocages que nous avons pu constater.** Aujourd'hui, ce concept est devenu ce que Yannick Rumpala a qualifié de « *Point de passage obligé* » (PPO) (Rumpala, 2000, cité par Boutaud, 2005)¹⁸(Figure 1.3).

Tous les acteurs convergent ainsi vers une problématique similaire, mais la diversité et parfois l'antagonisme de leurs objectifs peut amener à des situations de confusions ou de contradictions, comme nous avons pu le voir avec la dérive critiquée de « marchandisation » du développement durable. Dès lors, il est indispensable pour les décideurs de trouver des synergies, des compromis entre ces acteurs pour optimiser les politiques et assurer la cohérence de l'ensemble. C'est là tout l'enjeu de ce que l'on appelle la « gouvernance ». Terme vaste et discuté, la gouvernance peut être définie comme l'ensemble des mécanismes de régulation d'un système économique et social en vue d'assurer des objectifs communs (Froger, 2006). A la différence du gouvernement qui correspond aux institutions officielles de l'État, la gouvernance embrasse l'ensemble des relations de pouvoir et d'arbitrage au sein d'une société. Il s'agit en fait d'une méthode d'action et de décision dans le cadre d'une démarche collective (Combe, 2010). Si la définition apparaît séduisante quand à notre approche elle n'en est pas moins la source de nombreux débats, notamment sur son appro-

18. Inspiré de la théorie de l'acteur-réseau (Callon, 1986 ; 1989), il s'agit de faire s'approprier une valeur nouvelle (ici le développement durable) par des acteurs aux objectifs et intérêts parfois opposés, en faisant de cette valeur un élément incontournable dans l'accomplissement de leurs objectifs.

FIGURE 1.3 – *Le développement durable, point de passage obligé, d'après Rumpala, 2000*



priation au sein du concept de développement durable. La nécessité de repenser la démocratie, l'action publique et la prise de décision mises en avant dans le rapport Bruntland semblent a priori trouver dans le principe de gouvernance un outil approprié. Cependant, là aussi, le flou de la définition n'aide pas et prête le flan à la critique. En 2002, Jacques Theys distingue deux courants apparaissant dans ce débat (Theys, 2002) :

- Les partisans de la « bonne gouvernance », voyant dans ses mécanismes la solution adaptée aux défis du développement durable. Cette « gouvernance environnementale » s'appuie sur quatre dimensions que sont la modernisation de l'action publique, le développement de mécanismes souples de régulation de l'action collective, l'extension de la rationalité procédurale et le changement dans l'organisation des pouvoirs. Cette redistribution des mécanismes de décision passerait par l'émergence d'une « société civile mondiale » qui se substituerait peu à peu au gouvernement par les Etats.
- Les « pessimistes de l'ingouvernabilité », voyant dans la gouvernance un terme fourre-tout « *permettant de dissimuler la réalité des conflits ou des jeux de pouvoir* » (Tenzer, 2000) masquant l'impuissance de l'action publique. Cette impuissance serait due entre autres à la captation du débat public par des inté-

rêts particuliers, la confusion des responsabilités et la schizophrénie de l'action publique prise en tenaille entre stratégies de long terme et démocratie d'opinion.

Nous pouvons ainsi constater que la gouvernance se trouve confrontée aux limites et contradictions que nous avons identifiées plus haut quand à la manière d'appréhender le développement durable. Dès lors, il convient selon nous de dépasser ces contradictions et, comme le préconise Jacques Theys, d'essayer d'envisager ces deux visions de la gouvernance non comme contradictoires mais comme complémentaires : s'il apparaît que la gouvernance fournit une boîte à outils innovante pour penser le développement durable, ses limites doivent nous amener à envisager de nouvelles approches politiques, méthodologiques et culturelles pour rendre le processus plus opérationnel et ainsi plus crédible. Optimiser la gouvernance pourra ainsi apporter une réponse aux difficultés mises en avant à l'issue du sommet Rio + 20. Pour cela, il convient, nous l'avons dit, d'envisager les différentes échelles d'approche et d'essayer de répondre à ce qu'Aurélien Boutaud nomme « le dilemme du glocal » (Boutaud, 2005).

1.3.2.2 Le territoire comme support de la prise de décision

Nous avons mis en évidence dans le 1.2. la nécessité d'inscrire les politiques durables dans un cadre spatial cohérent, le territoire, ainsi que toutes les difficultés d'approche que cela entraînait... Comme cela a été souligné, nous envisageons ici le territoire comme un espace « approprié », selon le mot de R. Brunet, par ceux qui y vivent en fonction de leurs spécificités culturelles, politiques et socio-économiques. Partant de là, l'humain va agir sur cette entité de manière à l'organiser, la transformer, l'*aménager* dans le sens qui lui paraît préférable. Ainsi, comme nous l'avons souligné dans l'introduction, **l'implémentation des objectifs de développement durable dans les politiques d'aménagement du territoire doit permettre à celui-ci d'être ordonné dans ce but. Cette action volontaire se rapproche logiquement du principe de planification, dont la réhabilitation est vivement souhaitée par les conclusions issues de Rio + 20. Cette planification doit s'appuyer sur un processus de décision coordonné et organisé de telle façon que l'aménagement soit mené de façon concertée, cohérente et donc acceptable par ceux qui vivent sur ce territoire** : nous retrouvons ici notre

quête de « bonne gouvernance ». L'articulation de l'aménagement et de la gouvernance du territoire est ainsi un enjeu majeur. Toute la difficulté réside à appréhender la complexité de l'organisation d'un territoire. Celui-ci peut être envisagé, comme l'a fait A. Moine, comme une boucle de rétroaction composée de trois sous-systèmes (Moine, 2007) :

1. l'espace géographique, approprié et aménagé par l'homme
2. le système des représentations de l'espace géographique qui influence les acteurs dans leur prise de décisions
3. les acteurs agissant sur l'espace

Ainsi, le territoire peut être considéré comme un système complexe composé de sous-systèmes en interrelations, dont les acteurs occupent une place centrale. Moine en déduit que ceux-ci « *produisent les territoires autour de la gouvernance* », mais sont également vecteurs d'instabilité, en raison notamment de l'évolution des interrelations et sur l'imprévisibilité de certaines contraintes. Au final, le territoire peut être analysé comme « *un système complexe évolutif qui associe un ensemble d'acteurs d'une part, l'espace géographique que ces acteurs utilisent, aménagent et gèrent d'autre part* » (Moine, 2006).

Le territoire est ainsi un système dont il faut gérer la complexité des acteurs, des réseaux, des espaces, des flux, en tenant compte des nombreuses incertitudes. C'est tout le défi auquel doit répondre la gouvernance locale, sans perdre de vue l'équilibre global nécessaire au développement durable. Nous entrons ici dans le dilemme du « penser global et agir local », que nous avons évoqué plus haut. Comment concilier durabilité globale et durabilité locale, qui peuvent être antagonistes, et de fait comment gérer la territorialisation d'un concept global (Boutaud, 2005) ? Le cas du territoire qui nous intéresse, celui de la ville, est à ce titre particulièrement confronté à ce problème. Il s'agit comme nous l'avons dit d'assurer la durabilité des villes sans nuire aux territoires voisins, c'est à dire ne pas délocaliser les problèmes d'un territoire vers l'extérieur (phénomène de durabilité importée et de non durabilité exportée, Pearce *et al.*, 1989). Dès lors, toute la difficulté réside dans le fait de concilier la durabilité aux deux échelles selon le principe de réciprocité évoqué par Zuindeau (2000). Certains s'appuient sur l'idée d'un *double dividende*, par lequel on identifie des synergies entre intérêts locaux et globaux (par exemple, la lutte contre

les pollutions atmosphériques locales va de pair avec la lutte contre le changement climatique global) (Theys et Emelianoff, 2001). Pour autant, ce principe connaît de nombreuses limites, et la délocalisation de certaines activités menaçant la durabilité d'une ville peut bien aggraver celle d'autres territoires voire provoquer un déséquilibre menaçant la durabilité globale. Pour résoudre ce dilemme, Pierre Calame introduit la notion de « subsidiarité active » (Calame, 2002 ; Calame et Talman, 1997), permettant la réalisation de politiques durables au niveau local en s'appuyant sur une refonte des modes de gouvernance. Il s'agit de mieux articuler la répartition des acteurs entre les différents niveaux de compétences locales (Boutaud, 2005). « *Aucun problème ne dépendant d'un seul niveau, seule la coopération entre niveaux de gouvernance est susceptible de faire naître des réponses pertinentes* » (Calame, 2002). Ainsi, nous voyons bien que la question de la réorganisation de la gouvernance des territoires (ici des territoires urbains) est fondamentale dans l'optique de mettre en oeuvre des politiques durables. Aurélien Boutaud en conclut que l'émergence de la ville durable consiste à « *raccommoder la ville éclatée* » en retissant des liens entre les territoires par une approche multidimensionnelle. La question de l'émergence d'une morphologie urbaine durable se trouve à ce titre au coeur des préoccupations et des interrogations. Vers quels scénarios d'aménagement, quelle forme de ville les preneurs de décision doivent-ils s'orienter ? Si la lutte contre l'étalement urbain fait consensus, la ville compacte suscite des interrogations et pose ce problème de « non durabilité exportée », contradictoire avec l'objectif d'une durabilité globale (Theys et Emelianoff, 2002). De ce fait, des idées alternatives à la ville compacte apparaissent, comme par exemple les recherches relatives à la ville fractale (Frankhauser, 1994 ; Frankhauser, 2017). L'enjeu pour les aménageurs est alors de mettre en oeuvre des scénarios prospectifs . En s'appuyant sur des outils de simulation, (Antoni *et al.*, 2014) les décideurs peuvent choisir lequel paraît comme le plus pertinent, le plus acceptable, en tenant compte de toutes les interactions existant dans la complexité d'un territoire.

Territorialiser les politiques de développement durable en repensant la gouvernance et les jeux d'acteurs à l'aune de la complexité des territoires. Nous avons mis en évidence ici tout l'enjeu du travail et des recherches qui doivent être menés aujourd'hui. L'organisation de la ville durable et ses problématiques, à ce titre, est un élément central de cette réflexion, celui sur lequel va s'appuyer notre travail.

Plus de vingt ans après le sommet de Rio, le bilan mitigé et les remises en cause

du concept de développement durable doivent donc conduire à approfondir les réflexions quand à la mise en oeuvre des politiques qu'il requiert. La réorganisation du processus de décision est essentielle, pour assurer une cohérence globale et une meilleure acceptabilité des politiques initiées dans un contexte de crise, de tensions et d'affaiblissement des pouvoirs politiques et de la puissance publique. Paradoxalement, c'est une intervention accrue et volontariste de celle-ci qui semble nécessaire à la réalisation de ces objectifs, par le biais de l'aménagement des territoires. C'est en effet sur cette entité territoriale, aussi complexe que cohérente, qu'il semble le plus pertinent de s'appuyer pour conduire les politiques durables. L'articulation des différents échelons territoriaux, l'analyse des jeux d'acteurs et des différentes composantes de ces territoires en vue d'optimiser leur gouvernance et la prise de décision constitue toute la difficulté, en particulier dans un territoire urbain. C'est ce que nous allons aborder dans les chapitres suivants.

Conclusion du chapitre 1

Si l'on souhaitait rester dans le registre ironique de l'introduction générale, nous pourrions conclure que mener une politique de développement durable consiste à harmoniser les paradoxes et consensualiser les divergences en s'appuyant sur la solidité d'un flou conceptuel. Nous avons pu voir en effet que ce concept de « développement durable » qui guide aujourd'hui nos réflexions est finalement le fruit d'un grand compromis entre différentes tendances issues de deux siècles de développement, de croissance, de progrès technique et humain à double tranchant. Les innovations issues de la révolution industrielle ont garanti le progrès humain, l'amélioration des niveaux de vie, de culture, d'éducation, tout en mettant à l'épreuve nos ressources naturelles. Après une première vague de réflexions dans le courant du XIX^{ème} siècle quand à notre rapport à l'environnement, l'emballement du XX^{ème}, la conviction de la supériorité de l'homme sur la nature et le cortège d'idéologies voulant forger un homme nouveau sur-puissant, ont provisoirement éclipsé la préoccupation de préservation de nos ressources. Cet impératif réapparaîtra de lui-même lorsque l'Occident souhaitera imposer un modèle de tout-développement dont les limites apparaîtront très vite. Dès lors, la volonté de concilier croissance et développement conduira à tenter un compromis, un équilibre entre deux objectifs pouvant paraître contradictoires et considérés comme tels par leurs partisans respectifs les plus intransigeants. Entre les deux, que faire ? Sensibiliser, négocier, convaincre pour équilibrer.

Préserver les ressources sans compromettre le progrès humain et le dynamisme économique, repenser l'action politique et la prise de décision en impliquant toutes les parties prenantes, à commencer par les citoyens. De nobles et louables intentions ambitieusement mises en avant lors de la décennie 1990 avant d'être confrontées à leur limites. Le compromis est hardu entre les impératifs économiques, sociaux et environnementaux. Si le développement durable semble devenu un « *point de passage obligé* » entre ces différentes sphères, les antagonismes demeurent nombreux. De même, le compromis sur lequel repose le rapport Bruntland est menacé de dislocation : entre tenant d'une durabilité forte et ceux d'une durabilité faible, entre « capitalisme vert » et altermondialisme soucieux d'une meilleure répartition des richesses, et entre objectifs de long terme et intérêts divers de court terme, l'équilibre paraît introuvable...

Pourtant, sa réalisation nous semble indispensable. Le pragmatisme d'une démarche appuyée sur la prise en compte des réalités du monde dans leur globalité et leur complexité nous semble préférable à des utopies souvent fondées sur des approches sectorielles et de fait hémiplogiques. Ainsi, il nous semble falloir chercher le juste milieu. Si nous avons bien conscience des limites et des faiblesses du développement durable, il convient alors de repenser au mieux sa mise en application. Cela nécessite **d'inscrire ses politiques dans un espace cohérent, où la prise de décision va pouvoir s'organiser de la manière la plus pertinente et la plus légitime possible, afin d'agir sur cet espace dans le but recherché. Cet espace vécu par ceux qui le peuplent et qui l'organisent, c'est le territoire. Cette action qui va le transformer, c'est l'aménagement. Cette organisation qui va structurer, coordonner, rationaliser la complexité de ce système pour une meilleure prise de décision, c'est la gouvernance. Ce triptyque est au coeur de la réflexion et des recherches qui sont présentés dans ce travail.** Nous ne prétendons naturellement pas fournir de solutions miracles aux questionnements et défis soulevés dans ce premier chapitre. Mais, en inscrivant notre démarche dans un territoire éminemment concerné par ces enjeux, le territoire urbain, nous allons tenter d'apporter des éléments de réponse aux défis de la durabilité en basant notre travail sur une meilleure articulation entre décideurs, aménageurs, experts, scientifiques, citoyens d'un territoire.

Chapitre 2

Évaluer la durabilité de l'aménagement

Dans ce deuxième chapitre, nous allons orienter nos réflexions sur les concepts, les méthodes et les outils utilisés pour élaborer et guider les politiques d'aménagement du territoire. Nous en dressons un état des lieux. Nous mettons en lumière la place de plus en plus importante prise par l'évaluation dans les processus de décision tandis que l'implémentation du développement durable dans les politiques d'aménagement s'est greffée sur ces démarches d'évaluation : aujourd'hui, les impératifs de durabilité sont l'un des éléments les plus importants évalués lors de la mise en place des politiques publiques. La réflexion s'oriente ici sur les différentes approches évaluatives qui peuvent être utilisées pour mieux prendre en compte les spécificités d'un territoire et envisager une meilleure prise de décision. Parmi les outils permettant d'évaluer et d'anticiper les effets des choix des décideurs, la modélisation apparaît de plus en plus comme un outil fondamental au service de la planification et de la prospective. De ce fait, l'aménagement du territoire peut de plus en plus s'appuyer sur des modèles de simulation, notamment la modélisation LUTI (*Land Use and Transport Interaction*). Nous verrons que la principale difficulté réside dans la phase d'application de cette modélisation sur le terrain. Face à ces limites, nous terminerons ce chapitre en nous penchant sur les tentatives d'innovations méthodologiques qui se développent et en réfléchissant ainsi à la méthodologie que nous pourrions proposer pour une meilleure intégration de la modélisation dans le processus de décision.

2.1 L'évaluation : un principe essentiel

La décision d'aménager, d'influer sur un territoire, au regard des objectifs fixés par le développement durable, amène les décideurs à s'interroger sur les caractéristiques de l'espace sur lequel ils agissent, pour pouvoir en conséquence prendre les mesures qu'ils estiment fondées pour le mettre en valeur et mieux répondre à ces objectifs. A ce titre, le concept d'*évaluation* va revêtir une importance primordiale, qui n'a pas toujours été évidente, comme nous allons le voir maintenant.

2.1.1 Concept et historique

Arrêtons nous d'abord sur l'origine de ce concept et sur la place qu'il a peu à peu occupée auprès des décideurs de l'action publique.

2.1.1.1 Evaluer pour décider

La définition la plus basique de l'évaluation, que l'on peut trouver dans les dictionnaires, stipule généralement qu'évaluer consiste en l'appréciation de la valeur de quelque chose. Il s'agit donc de porter un jugement de valeur, en fonction d'objectifs et de critères fixés, à l'aide le plus souvent d'outils de mesure. Souvent associé au monde de l'enseignement, par le recours à l'évaluation des connaissances et des compétences des élèves, ce concept s'envisage dans une acception plus générale comme un outil permettant d'aider à prendre des décisions (Stufflebeam *et al.*, 1980). Cela nous amène directement à l'un des enjeux centraux de ce travail : sur quelles bases prendre la meilleure décision possible ? Pour répondre à cette question, le recours au concept d'évaluation est en réalité fort récent dans l'histoire de l'humanité. Les sociétés antiques s'en remettaient à la méthodologie de la « boule de cristal » (Antoni, 2016), en interprétant des présages par le biais de la divination. La légende raconte que le choix de localisation pour la construction de la ville de Rome par Romulus et Remus fut décidée par consultation d'un augure et que le choix du roi (lequel des deux jumeaux ?) fut décidé suite au présage analysé dans un vol de vautours... A notre époque, les progrès de la connaissance et de la rationalité conduisent les décideurs à s'en remettre à des conceptions plus scientifiques et plus cartésiennes pour décider de l'avenir. Toujours est-il que le décideur a besoin de disposer d'outils permettant l'interprétation de données et d'éléments pour en déduire quelle est la meilleure décision à prendre au regard des enjeux et des objectifs qu'il a pu définir. Il faut ainsi être capable d'*évaluer* pour interpréter et décider. Pour cela, on suppose

souvent qu'il existe un *critère objectif d'optimalité* (Henriet, 2000), c'est à dire qu'il est possible d'aboutir à la meilleure décision possible en optimisant un critère par quelque méthode ou procédure que ce soit. En réalité, il est difficile d'aboutir à une *vérité absolue*, et les travaux relatifs à la notion d'aide à la décision (Roy, 1985) (sur lesquels nous reviendrons plus en détails à la fin de ce chapitre) montrent que l'objectif est plutôt d'accompagner le preneur de décision en lui apportant un éclairage sur des données objectives et en mettant en évidence les conclusions que l'on peut en tirer. Le décideur va pour cela s'appuyer sur ce que Roy appelle l'« homme d'étude » . Décider suppose donc une collaboration entre les preneurs de décisions et des acteurs de terrain, des scientifiques, en vue d'une expertise objective et pertinente du domaine concerné (ici, un territoire). L'évaluation, au regard du contexte, des besoins et des opportunités doit donc permettre d'identifier les solutions adéquates à mettre en oeuvre pour améliorer autant qu'il est possible l'espace aménagé. Elle est un outil qui s'appuie tant sur des éléments objectifs (données, études d'impact, modèles, *etc.*) que subjectifs (exigences du contexte, choix politiques, personnalités (*etc.*)).

Le recours à l'évaluation apparaît ainsi comme fondamental dans un processus de décision. La nécessité d'analyser le contexte et d'en déduire les options à prendre pour tendre vers l'amélioration ou la correction d'une tendance observée requiert des outils aptes à éclairer et orienter la prise de décision. Il faut d'ailleurs souligner que dans ce domaine, les enjeux relatifs à l'évaluation sont d'autant plus importants que les conséquences d'un choix d'aménagement s'inscrivent sur une longue durée et ont souvent un caractère irréversible, contrairement à d'autres domaines de l'action publique. La construction d'une autoroute, d'une ligne TGV ou d'un lotissement, une fois réalisée, ne peut disparaître suite à un changement d'orientation politique comme peuvent l'être des programmes sociaux, économiques ou fiscaux... Ainsi, en aménagement, le rôle de l'évaluation ne se limite pas à la production d'information et de connaissances objectives. Elle peut également être un outil de communication, d'implication des acteurs, des parties prenantes d'un projet d'aménagement sur le terrain. Cela peut d'ailleurs conduire à une méfiance à son endroit. De fait, l'évaluation est à double tranchant, pouvant servir la démocratie comme la technocratie, devenant un fort enjeu d'influence et de lutte de pouvoirs entre différents acteurs (Vivien *et al*, 2013). Son utilisation dans le cadre de l'action publique n'est ainsi pas toujours évidente, selon les lieux et selon les époques.

2.1.1.2 La lente intégration de l'évaluation dans les politiques publiques

Nous pouvons ainsi nous arrêter sur l'appropriation de ce concept d'évaluation dans le domaine de la prise de décision, c'est à dire au niveau de politiques publiques. Nous noterons toutefois que la notion même de « politique publique » est assez floue, désignant généralement une politique menée par les pouvoirs publics en faveur de la collectivité. Nous envisagerons ici la notion de politique publique comme un terme générique pour l'ensemble des décisions et des programmes émanant d'une instance publique (Sauter, 2011), tout en gardant à l'esprit les particularités relatives au domaine de l'aménagement du territoire mises en évidence plus haut.

Ce principe d'évaluation des politiques publiques est essentiellement issu des pays anglo-saxons, et notamment des Etats-Unis où, dès la fin du XIX^{ème} siècle, de nombreux rapports sont commandés et effectués dans le but de contrôler les activités administratives et en particulier la gestion du budget. Sur fond d'affrontements et de blocages institutionnels entre Présidence et Congrès américains, la création d'organismes indépendants contrôlant l'efficacité des politiques menées apparaît comme un compromis et débouche en 1921 sur la création du *General Accounting Office* chargé d'évaluer et d'expertiser les politiques publiques, institutionnalisant ainsi peu à peu l'évaluation dans la pratique américaine (Sauter, 2011). En France, cette implémentation de l'évaluation des politiques menées a été nettement moins évidente, pour diverses raisons. Le rapport au rôle et à l'action de l'Etat, beaucoup mieux perçu et valorisé en France que dans les pays anglo-saxons, la centralisation à la française ont contribué à éloigner l'idée d'évaluation, perçue comme un *jugement* de l'action à la fois des élus et de l'administration, provoquant ainsi de nombreuses craintes et résistances de la part de ceux-ci (Boutaud, 2005). C'est à partir des années 1970 que l'évaluation des politiques publiques apparaît dans les préoccupations des décideurs français. Divers facteurs vont conduire à faire émerger cet impératif, tels que le besoin d'une meilleure gestion des deniers publics (*Rationalité des Choix budgétaires*), la remise en cause de la centralisation et la pression des politiques communautaires européennes promouvant cette évaluation dans le cadre de la mise en place de programmes pluri-annuels et de fonds structurels visant à harmoniser et optimiser les politiques de la CEE¹ et nécessitant de fait l'évaluation systématique des actions mises en oeuvre. Ce principe d'évaluation va donc s'imposer peu à peu en France, non sans susciter méfiance et résistance comme nous l'avons souligné plus

1. A l'époque, Communauté Economique Européenne.

haut, beaucoup de fonctionnaires craignant « d'être désignés comme responsables des mauvais résultats et de voir stigmatiser leur trop lente adaptation aux nouvelles contraintes » (Ruprich-Robert et Bencivenga, 2002).

Face à ces difficultés, les années 1980 et 1990 verront la réalisation de plusieurs travaux visant à rassurer, expliquer et promouvoir l'évaluation en France. Vue comme un outil prometteur de modernisation de l'action publique face aux défis de la crise et de la mondialisation, l'évaluation sera définie en 1986 comme le fait de « reconnaître et mesurer les effets propres » d'une politique (Rapport Deleau, 1986). Surtout, quelques années plus tard, sera publié le rapport Viveret, en 1989, à la demande du gouvernement Rocard (dans le cadre des réflexions autour de la mise en place du RMI, il est demandé à Patrick Viveret de conduire une réflexion plus large sur l'évaluation de l'ensemble des politiques publiques). Il en donnera la définition suivante : « évaluer une politique, c'est former un jugement sur sa valeur », accompagnée de quatre exigences : indépendance, rigueur, transparence et pluralisme. Ce rapport apparaît ainsi comme fondateur pour l'insertion de l'évaluation des politiques publiques, en développant une analyse et des recommandations pour une ambitieuse politique de rénovation du système français basée sur une évaluation visant à améliorer la qualité du fonctionnement du modèle français de politiques publiques (Boutaud, 2005). Il va en découler la création en 1990, du CSE (Conseil Scientifique de l'Évaluation) définissant officiellement que l'évaluation des politiques publiques « consiste à mesurer les effets qu'elles engendrent et à chercher si les moyens juridiques, administratifs et financiers mis en oeuvre produisent les effets qu'on en attend ». Huit ans plus tard, face aux limites administratives, méthodologiques et politiques ayant essoufflé la dynamique lancée par le rapport Viveret, le CSE est remplacé par le CNE (Conseil National de l'Évaluation, 1998), destiné à rendre plus contraignant et systématique les processus d'évaluation des politiques publiques, estimant cette fois que l'évaluation « a pour objet d'apprécier l'efficacité de cette politique en comparant ses résultats aux objectifs assignés et aux moyens mis en oeuvre ». Ouvert aux représentants des principales associations d'élus locaux, il prend en compte la territorialisation de plus en plus affirmée des politiques publiques, comme l'affirme le Commissariat Général du Plan. Ainsi, l'évaluation est censée être mieux intégrée dans les réflexes des décideurs. Elle revêt une triple dimension (Boutaud, 2005) :

- *Cognitive*, en ce sens qu'elle requiert de mesurer les effets propres d'une politique, à analyser quelle part des résultats obtenus lui est imputable (Rapport

Deleau). *Quelles sont les conséquences de mes choix ?*

- *Normative*, où il est davantage question de porter un jugement, qualitatif, sur la valeur d'une politique (rapport Viveret). *Ais-je fais le bon choix ?*
- *Instrumentale*, l'évaluation devant se préoccuper de l'utilité, de la mise en oeuvre, de l'efficacité et de l'efficience des mesures prises (Rossi et Freeman, 1982), comme le souligne le CSE. *Mes choix sont-ils utiles et efficaces ?*

Il apparaît de plus en plus évident que l'évaluation se doit, pour être pertinente, de regrouper à la fois ces trois aspects. Le CSE met également en évidence six critères à partir desquels évaluer la qualité d'une politique publique : la pertinence, la cohérence, l'efficience, l'impact, l'efficacité et l'effectivité. Dans ce contexte, va se développer un processus de contractualisation des politiques publiques où l'évaluation va jouer un rôle majeur. En particulier, dans les Contrats de Plans Etat-Région, devenus Contrats de Programme Etat-Région (CPER) ou les contrats entre régions et Union Européenne, qui instaurent l'évaluation des programmes et des politiques menés (en particulier les contrats pilotés par l'UE). Ainsi, dans ce contexte, le principe d'évaluation des politiques publiques s'est-il peu à peu imposé, particulièrement aux échelons locaux et européens, malgré des réserves persistantes des administrations et des élus, craignant toujours un jugement sévère et une remise en cause de leur action.

Nous avons pu ainsi rapidement mettre en évidence l'importance qu'a pris le concept d'évaluation dans les processus de décision. Ancré depuis longtemps dans les moeurs politiques anglo-saxonnes, il aura nettement plus de mal à percer en France mais s'imposera peu à peu devant l'exigence de « modernisation » et d'« amélioration » des politiques publiques, sous l'impulsion à la fois du processus de décentralisation et d'harmonisation des politiques communautaires européennes. Nous pourrions résumer les caractéristiques de ce principe d'évaluation comme, d'une part, l'ambition de mesurer ou d'apprécier le plus objectivement possible les effets de la politique évaluée sur une société en comprenant les logiques de son fonctionnement et, d'autre part, comme le souci d'aider le commanditaire politique à porter un jugement sur la valeur de la politique évaluée (Sautter, 2011). En outre, nous avons mis en évidence que l'aménagement du territoire, par l'importance des enjeux à long terme et sa dimension potentiellement irréversible, est un des domaines ayant permis d'identifier la nécessité d'un recours rigoureux et systématique à l'évaluation, et qu'il a ainsi été

le cadre de vastes expérimentations en matière d'évaluation des politiques publiques.

Les politiques d'aménagement étant de plus en plus corrélées aux impératifs liés au développement durable, celui-ci occupe évidemment une place de plus en plus importante dans les processus d'évaluation.

2.1.2 Développement durable et évaluation

Nous pouvons constater que ce concept d'évaluation des politiques publiques fait son apparition et sa progression en France à la même époque que celui du développement durable. Dès lors, celui-ci va devenir un paramètre supplémentaire à prendre en considération dans les politiques publiques, et notamment celles relatives à l'aménagement. Cette apparition d'un tel critère exogène et multidimensionnel ne va que renforcer la complexité et la difficulté de repenser l'action publique. Pour autant, il n'en constitue pas moins une opportunité de mettre en place un nouveau modèle de prise de décision.

2.1.2.1 La problématique du développement durable insérée dans l'évaluation

L'évaluation des politiques publiques se révèle donc rapidement être un outil prisé pour assurer l'orientation des actions publiques dans le sens du développement durable (Bertrand, 2013). Des implications réciproques entre évaluation et développement durable se font jour, telles que la réversibilité des décisions dûe à la complexité croissante et au principe de précaution, le caractère itératif et expérimental de nouvelles politiques durables qui nécessite une évaluation régulière des résultats obtenus, la dimension participative de la prise de décision (Goxe, 2010). L'évaluation des politiques publiques au regard du développement durable doit ainsi s'appuyer sur une analyse croisée des impacts économiques, sociaux et environnementaux d'une politique menée. Nous retrouvons ici nos trois sphères, avec une sphère environnementale qui n'apparaîtra que tardivement. Elle peut trouver une origine dans les Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE), qui ont fait leur apparition dans les années 1970. Il ne s'agit pas encore d'évaluation des politiques publiques à proprement parlé, mais d'évaluation des impacts concrets que peuvent avoir sur le terrain et sur l'environnement un certain nombre de grands projets d'infrastructures d'envergure. Définies par l'OCDE comme une procédure qui « permet d'examiner les conséquences, tant bénéfiques que néfastes, qu'un projet ou un pro-

gramme de développement envisagé aura sur l'environnement et de s'assurer que ces conséquences sont dûment prises en compte dans la conception du projet ou programme », les EIE ont souvent été restreintes à l'étude de simples projets plutôt qu'à celle de programmes ou de politiques plus généraux. Si elles présentent l'avantage d'offrir un cadre législatif et méthodologique clair² (André *et al.*, 1999) permettant d'anticiper l'impact d'un projet et d'en proposer des scénarios alternatifs destinés à atténuer cet impact, il a été reproché aux EIE de n'être que des outils d'aide à la conception commandités par des maîtres d'ouvrages, sans caractère contraignant (Jurdan, 1984). Il leur manque ainsi une phase d'élaboration plus en amont du projet et une application aux programmes et aux politiques globales qui sous-tendent les projets en question. Il s'agit donc de passer d'une évaluation de projet à une évaluation stratégique, le plus en amont possible dans une démarche de planification (André *et al.*, 1999 ; Boutaud, 2005). Sous l'impulsion de la Commission européenne, la France, dans les années 2000, va s'orienter vers une généralisation des Evaluation Environnementales Stratégiques (EES). C'est d'abord au niveau des collectivités locales que ce nouveau type d'action publique a été promu et tenté, sur fond de dispositions réglementaires encadrant les travaux de planification contractualisée tels que les CPER ou les programmations régionales des fonds structurels européens puis de textes méthodologiques produits par l'Etat, en particulier dans le cadre des *Agendas 21* (Bertrand, 2013), enfantés par le sommet de Rio et l'impératif de développement durable que nous avons évoqué dans le chapitre 1. Nous pouvons illustrer la place centrale prise par l'évaluation dans ces *Agendas 21*, en citant quelques une de leurs dispositions méthodologiques définies pour le cas français :

- « L'Agenda 21 est un programme d'objectifs dont la mise en oeuvre doit être suivie, évaluée, voire réorientée en fonction des résultats. Ce suivi dans le temps est effectué dans le cadre d'un processus de concertation regroupant des élus, des membres des services techniques, et les composantes de la société civile ayant contribué à l'élaboration de l'Agenda 21 local » (GDF, Comité 21, non daté).

- « Une politique de développement durable ne devrait pas pouvoir se passer d'un système d'évaluation et de suivi dans le temps(...) Un processus d'Agenda

2. Les EIE s'inscrivent dans un processus qui peut être décomposé en sept phases-type (Boutaud, 2005) : (1) le tri préliminaire (détermine si l'EIE est requise pour le projet en question), (2) le cadrage, (3) la réalisation de l'étude d'impact, (4) l'examen interne, (5) l'examen externe, (6) la prise de décision, (7) la surveillance durant la phase de réalisation.

21 local doit se concevoir comme une démarche itérative ou cyclique. Un cycle en forme de cône, spirale montante, dont le centre et le sommet seraient l'objectif à atteindre : le développement durable. »(Cogerino et Boutaud, 2001).

- « L'évaluation permet de mesurer, à un moment donné, le chemin parcouru pour atteindre un objectif ou une série d'objectifs, dans une démarche d'amélioration continue. Elle repose sur une grille d'indicateurs, qui servent à la fois aux élus, aux services municipaux et au Forum, pour évaluer le programme d'actions et éventuellement corriger les orientations ou les moyens. » (Comité 21). La question des indicateurs, soulevée ici, est d'une importance capitale et constitue la base de notre travail, comme nous le montrerons plus loin.

Il s'agit donc bien d'obliger à évaluer les politiques mises en place au regard du développement durable, en en faisant un référentiel formel, contraignant juridiquement, de manière à en faire un objectif central dans les politiques locales d'aménagement. L'évaluation apparaît ainsi comme un outil stratégique de planification et de négociation entre les différents niveaux institutionnels et les différents acteurs d'un processus de décision. Ainsi, de nombreuses expérimentations méthodologiques ont été mises en place dans la législation et dans l'élaboration des politiques d'aménagement des collectivités. Il serait trop long d'en faire ici l'exposé, même si nous pouvons citer, pour le cas français, l'exemple de la LOADDT (Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire, ou Loi Voynet, 1999), qui instaure entre autres des « Chartes de développement durable » à l'échelle de territoire tels que les *pays* ou les agglomérations, censées définir des orientations d'aménagement et des processus d'évaluation des politiques précisant bien que « l'évaluation n'est pas l'annexe d'une politique, elle en fait intégralement partie » (Circulaire du 11 mai 1999 adressée aux préfets de région). Cette loi permettra de faciliter la mise en oeuvre de dispositifs d'évaluation de la durabilité des projets d'aménagement. Cette mise en pratique évaluative fondée sur le développement durable verra se dégager deux conceptions de l'expertise (Combe *et al.*, 2009 ; Goxe, 2010) :

- Une conception normative, dans le sens d'une « labellisation », certifiée développement durable, sur la base d'indicateurs-types et d'une méthodologie codifiée, transposable et permettant facilement la comparaison entre territoires et entre différents types de politiques. Cette conception, qui s'appuie sur d'im-

portants dispositifs de données et de statistiques, se heurte du même coup à la difficulté de compréhension due à sa complexité technique qui rend délicate son appropriation par les acteurs concernés, ainsi qu'à la difficulté d'appliquer uniformément une logique de normes techniques à des territoires différents.

- Une conception collaborative, fondée sur une évaluation à partir de méthodes et d'outils co-produits et partagés avec les acteurs et parties prenantes, adaptés aux réalités du terrain. Si elle permet l'appropriation et l'implication des parties prenantes d'un projet d'aménagement, cette conception présente en échange comme limite de s'éloigner des outils scientifiques institutionnalisés permettant une méthodologie plus rigoureuse.

Ces deux conceptions pouvant paraître opposées présentent ainsi chacune des atouts et des limites. Nous formulons ici l'hypothèse qu'elles gagneraient, plutôt qu'à s'opposer, à se compléter. **L'enjeu réside selon nous en la combinaison d'une démarche d'expertise scientifique produisant une méthodologie rigoureuse, transposable et comparative entre les territoires, et d'une démarche participative d'appropriation de l'évaluation d'un territoire pour mieux adapter son aménagement à ses spécificités.** A travers les objectifs de durabilité assignés aux projets d'aménagement, nous pouvons ici mettre en lumière l'importance et la complexité d'une démarche évaluative pour l'aménagement du territoire.

2.1.2.2 Un besoin d'outils

Notre travail s'inscrit ainsi dans un contexte où la manière de penser les politiques publiques, et pour le cas qui nous intéresse les politiques d'aménagement, se trouve doublement modifiée, à la fois par l'insertion du principe d'évaluation et par l'implémentation de l'impératif de durabilité issu du rapport Bruntland. Ces deux concepts, étroitement imbriqués l'un à l'autre comme nous avons pu le voir, ont conduit à de profondes mutations théoriques et méthodologiques dans la manière de concevoir une politique publique. D'un point de vue technique, nous partons du postulat qu'il s'avère nécessaire de développer des outils à même de satisfaire ces nouvelles exigences. En 2009, la Commission européenne s'est intéressée à travers deux rapports aux résultats de l'application concrète par les Etats de la directive sur l'évaluation environnementale stratégique (EES) : Rapport CCE, 2009 ; Rap-

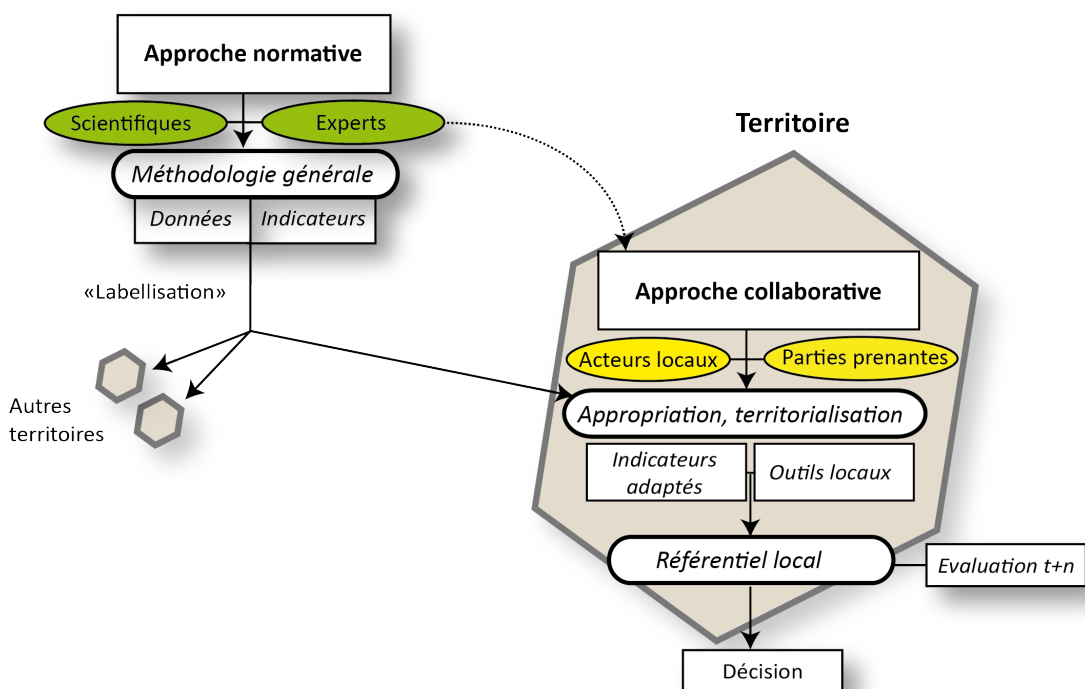
port Cowi et Milieu, 2009)(Partidario et Sheate, 2013). Ceux-ci ont conclu à une grande variation dans l'application de la directive selon les Etats, mais en ont décelé un effet positif sur l'organisation et la structure de processus de planification, ainsi qu'une modification importante du contenu de l'action stratégique. Toutefois, il apparaît assez nettement que l'application pratique des théories et des principes issus des EES est rendu fort délicate en raison de leur complexité, produisant un écart entre théorie et pratique (Partidario et Sheate, 2013). Le flou conceptuel qui entoure le développement durable et que nous avons mis en évidence amène une difficulté supplémentaire. Comment penser l'évaluation de la durabilité à partir des trois sphères économiques, sociales et environnementales généralement identifiées et en déduire les actions à mener pour orienter une politique d'aménagement ? Nous touchons là au coeur des questionnements de ce travail, et nous aurons bien évidemment l'occasion de nous y arrêter dans la seconde partie. Il faut d'abord, pour évaluer la durabilité, s'appuyer sur des outils méthodologiques et techniques adaptés. En France, la LOADDT que nous avons évoquée plus haut avait ouvert des pistes en proposant un outil nouveau à travers les *grilles de développement durable*. Cet outil visait à faciliter l'appropriation et le suivi d'un projet en fournissant « un guide des questions que doivent se poser collectivement les concepteurs des stratégies locales pour vérifier que ces préoccupations sont bien prises en considération » (Circulaire du 11 mai 1999). Il s'agit d'évaluer concrètement un projet mené, par exemple dans le cadre d'un CPER, au regard des impératifs de durabilité en fournissant un outil objectif permettant aux différents décideurs de juger le projet à partir de critères communs (nous retrouvons ici l'approche normative mis en évidence dans la sous-partie précédente). Cet outil, fruit des expériences menées par le ministère de l'environnement dans les années 1990 (projets de Territoire, mise en place des agendas 21), va donc impulser une nouvelle méthodologie, qui est appelée à se développer et dont le perfectionnement est aujourd'hui plus que jamais à l'ordre du jour. L'approche normative conduit en effet à élaborer différents outils d'analyse, tels que les indicateurs à partir desquels va être évaluée puis jugée la caractéristique étudiée. Traduction d'un phénomène sous la forme d'un signal ou d'un chiffre, le recours à l'indicateur va devenir particulièrement important en ce qui concerne l'évaluation du développement durable. Une prolifération d'indicateurs de durabilité verra le jour (Rapport Propolis, 2004), qui posera la question de leur lisibilité, qui constitue le fondement de notre travail. Le recours à l'analyse multi-critère dans l'aide à la décision découlera de cette nécessité d'analyse, comme nous pourrons le voir plus loin. Car le besoin d'outils pour faciliter la compréhension, l'appropriation et finalement

l'aide à la décision se fait également cruellement sentir, dans le cadre de l'approche participative que nous avons évoquée. La difficulté résidant dans le fait de pouvoir élaborer des données compréhensives par les acteurs et parties prenantes d'un projet, tout en permettant la prise en compte des spécificités locales. Nous retrouvons ici les deux tendances identifiées plus haut, pouvant apparaître comme antagonistes mais dont nous pensons qu'elles sont l'une comme l'autre indispensables dans tout projet d'aménagement. A.Goxe (2010) les résume en deux pôles :

- Le pôle « audit-certification-notation », proposant une méthodologie générale, extérieure et transposable.
- Le pôle « accompagnement-ingénierie-co-construction » proposant des méthodes pour élaborer un référentiel local du développement durable, appropriable et démocratique.

Dés lors, il s'agit selon nous de combiner ces deux approches que nous avons formalisées dans la figure 2.1, pour produire des outils efficaces et pertinents pour l'aide à la décision. L'approche normative va fournir des outils méthodologiques à

FIGURE 2.1 – D'une approche normative générale à une approche collaborative territorialisée, étapes et complémentarités d'un processus d'évaluation



vocation « universelle », sur la base de données et d'indicateurs généraux produits par des experts du monde professionnel (bureaux d'études, ingénierie, *etc.*) et des laboratoires de recherche (modélisation, simulation, que nous abordons à la fin de ce chapitre). Ces outils sont destinés à fournir un socle commun d'évaluation pour différents territoires. L'enjeu est ensuite d'appliquer cette méthodologie en l'adaptant aux spécificités d'un territoire donné, par l'approche collaborative, nominative (propre au territoire) s'appuyant sur l'appropriation des outils par les acteurs locaux (élus, professionnels, citoyens, *etc.*), les parties prenantes au projet (partenaires privés et publics prenant part aux programmes), pouvant solliciter l'appui d'experts ou de scientifiques extérieurs. **Ceci dans le but de produire des indicateurs et des outils adaptés destinés à disposer d'un référentiel local qui permette une meilleure prise de décision, se fondant sur les réalités du terrain à partir d'une méthodologie générale transposable à de multiples territoires, permettant ensuite leur comparaison.** Cette combinaison d'approches globale *et* territoriale nous semble particulièrement pertinente au regard des objectifs et des enjeux identifiés dans le chapitre 1 concernant les politiques liées au développement durable.

Nous pouvons ainsi voir que le recours à l'évaluation s'ancre progressivement dans les pratiques, en lien étroit avec l'implémentation du développement durable dans les politiques publiques. Conduisant à un renouvellement des approches et des méthodes d'action publique, l'articulation évaluation-développement durable, éminemment complexe, soulève des difficultés, notamment face à la double nécessité de fournir un cadre méthodologique rigoureux, transposable, appuyé sur la force des données scientifiques, tout en permettant une compréhension et une appropriation du projet par les acteurs locaux, avec une adaptation aux spécificités d'un territoire. Se pose alors la question de savoir sur quels instruments s'appuyer pour penser la planification d'un territoire. Comment évaluer techniquement, et comment se projeter dans le futur pour envisager les corrections, les améliorations à apporter à une politique d'aménagement au regard des objectifs du développement durable? Le recours à la modélisation s'avère indispensable dans ce contexte, comme nous allons le voir dans les deux sous-parties suivantes.

2.2 La modélisation : un outil pour la planification

L'aménagement du territoire peut en effet trouver dans les outils de modélisation, développés principalement dans le cadre de la recherche scientifique, un allié précieux pour offrir une perspective concrète aux conclusions issues de l'évaluation de la durabilité d'un territoire.

2.2.1 Prospective et modélisation

Il n'est pas inutile de rappeler ici le contexte dans lequel s'inscrivent les travaux de modélisation sur lesquels peuvent s'appuyer les politiques de planification. Aujourd'hui en effet, les liens entre démarches scientifiques d'analyse de l'espace et décisions politiques d'aménagement apparaissent de plus en plus étroits et semblent indispensables, dans l'optique de « bonne gouvernance » et d'aide à la décision comme nous venons de le voir.

2.2.1.1 La prospective, élément stratégique de la planification

Si la planification doit évidemment s'appuyer sur l'évaluation du territoire telle que nous l'avons décrite dans le 2.1., cette évaluation doit ensuite servir de base à la projection de politiques d'aménagement à partir desquelles les preneurs de décisions vont pouvoir s'appuyer afin d'aménager, de transformer l'espace dans le sens souhaité. Pour cela, il est nécessaire d'anticiper les effets de ces politiques. Or, il est avéré que « prévoir » l'avenir est un exercice particulièrement périlleux, dès qu'il s'agit d'imaginer les impacts futurs de nouvelles politiques innovantes. Là encore, la prise en compte des réalités du terrain et l'analyse des territoires dans leur globalité et leurs interdépendances s'avèrent indispensables pour penser la planification. Les contradictions entre impératifs de long-terme et la gestion du court terme complexifient d'autant plus la tâche des aménageurs. Enfin, chaque territoire est le fruit d'un héritage historique, anthropologique, archéologique conduisant à une hybridation de plus en plus grande des actions des sociétés avec leurs milieux (Muxart *et al.*, 2003 ; Vivien *et al.*, 2013)³. Partant de ces constatations, il apparaît que toute la difficulté réside dans le fait de prévoir les conséquences d'un choix stratégique en anticipant les questions que celui-ci va poser dans un milieu donné, tout en répondant à celles

3. J. Burnouf démontre que les milieux que nous analysons au XXI^{ème} siècle sont en fait des « *produits multimillénaires* », artificialisés depuis lors, gardant en mémoire les traces de ces aménagements et influençant de ce fait les aménagements futurs, rejoignant les thématiques de la « géographie historique »

qui se posent dans l'immédiat en identifiant les mesures pertinentes et innovantes à proposer. Cela conduit aujourd'hui les recherches à se projeter sous forme de *scénarios*, afin d'offrir différents choix possibles pour la prise de décision. Gardant bien à l'esprit que « *toutes choses égales par ailleurs* », il s'agit de permettre aux décideurs de choisir quel scénario leur semble le plus plausible, le plus acceptable et le plus réalisable au regard des paramètres définis plus haut, en s'appuyant sur différentes projections. Loin de choix irréalistes car trop idéalistes, comme cela a pu se produire dans le passé, la planification est ici envisagée par l'alliance de la prospection et de la perspective (Antoni, 2013), c'est à dire explorer, rechercher des pistes d'innovation tout en les projetant dans le futur.

De ces deux mots a pu naître le néologisme de *prospective*, qui sera introduit en France par G. Berger dès 1957. Ce principe donnera notamment naissance en 1963 à la DATAR⁴. Impulsée par un gouvernement gaulliste adepte de la planification à la française, la DATAR est pensée comme un organisme de coordination et d'impulsion visant à « *préparer et coordonner les éléments nécessaires aux décisions gouvernementales en matière d'aménagement du territoire et d'action régionale* » (Décret du 14 février 1963). On y retrouve une exigence d'anticipation couplée à un volontarisme fort de la part du pouvoir, celui-ci confiant d'ailleurs à des proches la direction de la nouvelle entité⁵. Ainsi, la DATAR sera-t-elle dirigée par Olivier Guichard à sa création puis surtout Jérôme Monod (de 1968 à 1973) où celui-ci imprimera sa marque en développant une « école française de la prospective » dont l'exemple le plus célèbre est celui du *Scénario de l'inacceptable*, en 1971⁶. Ce scénario, élaboré dans le cadre du *Schéma général de l'aménagement de la France*, constitue une issue repoussoir mais possible du prolongement des tendances socio-économiques de l'époque sans correction des pouvoirs publics : une France polarisée en cinq zones renforcées et dynamiques, séparées par de vastes espaces désertés et en retard économiquement. Il s'agit à l'époque de faire prendre conscience de la nécessité d'une action des décideurs sur leurs territoires pour prévenir et corriger des dérives inacceptables. Cette valorisation de la démarche prospective connaîtra cependant un coup d'arrêt à l'issue des chocs pétroliers dont il sera reproché à la DATAR de n'avoir

4. Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale.

5. Cette affinité entre direction de la DATAR et pouvoir politique n'est évidemment pas l'apanage du gaullisme, l'arrivée au pouvoir du pourfendeur du « coup d'Etat permanent » (F. Mitterrand), voyant en 1981 la DATAR passer sous la direction de Bernard Attali, frère jumeau du conseiller spécial du nouveau président...

6. DATAR, 1971 : Une image de la France en l'an 2000. Le scénario de l'inacceptable.

pas su prévoir les conséquences de la crise économique, l'Etat aménageur se muant en « Etat pompier » (Musso, 2006) préoccupé par le traitement à court terme des symptômes de la crise.

C'est là aussi au tournant des années 1990, que la nécessité d'adopter une vision plus globale et plus « systémique » de la planification va s'imposer. La démarche de prospective va de ce fait se voir réhabilitée, avec l'impératif d'une meilleure prise en compte de la diversité des acteurs locaux et de la complexité des territoires, rejoignant ainsi les enjeux de gouvernance identifiés dans le chapitre 1. En France, le processus de décentralisation amorcé en 1982 accroît le nombre et l'importance des acteurs et décideurs locaux. Les lois Defferre participent ainsi à une forme de rupture avec une vision centralisatrice et purement jacobine de l'aménagement, bien que l'implication de la puissance publique et, de fait, de l'Etat dans la transformation de l'espace soit à nouveau vivement souhaitée. Dans cet esprit, la décennie 1990 verra d'importants chantiers législatifs enrichissant profondément les potentialités des collectivités en matière d'aménagement : LOADT (Lois Pasqua en 1995 puis loi Voynet en 1999), loi Chevènement sur l'intercommunalité, loi SRU (1999), pour citer les plus importantes. Ces réformes faciliteront la réconciliation entre prospective et planification, en permettant la mise en place de structures de projets destinés à penser l'aménagement du territoire. Ainsi, la loi SRU impose la création de SCOT⁷ et de PLU⁸ devant intégrer un PADD⁹ afin de satisfaire aux exigences du développement durable. L'aménagement du territoire est ainsi destiné à s'appuyer sur une planification spatiale disposant d'outils, de documents établis en bonne intelligence sur le terrain dans un souci de cohérence et de durabilité. Cette dernière démarche, de type *bottum-up* est qualifiée de « prospective territoriale » (DATAR, 2000). Dans un mémoire pour la collection *Travaux, recherches et prospective* publié en 2005, G. Loinger et C. Spohr définissent la prospective territoriale comme « *l'élaboration de visions, de perspectives et d'orientations concernant le devenir d'un territoire et de ses habitants pour éclairer et pour permettre des prises de position et des options stratégiques(...)* ». Prenant acte de la complexité du territoire (cf chap.1), celui-ci est appelé à « *penser son devenir* » en se dotant d'outils lui permettant d'établir une vision propre à sa situation et à ses spécificités. Les acteurs du territoire doivent ainsi construire collectivement une vision du futur en s'appuyant sur les outils de la

7. Schéma de cohérence territoriale

8. Plan local d'urbanisme

9. Projet d'aménagement et de développement durable

prospective, en particulier les diagnostics territoriaux et les scénarios exploratoires. Les auteurs prennent bien soin de distinguer la notion de prospective de celle de planification : la première y est vue comme un élargissement de l'univers de la seconde, qui peut « *permettre de crédibiliser la planification qui a vu ses méthodes de prévision et de prolongement de tendances largement disqualifiées* ». Le recours à la prospective est ainsi envisagé de manière à guider un processus de décision devant mener à un choix stratégique de planification. Pour cela, il importe de prendre en compte trois dimensions (Loinger et Spohr, 2005) :

- La dimension stratégique : définir un projet pour le territoire, des objectifs à atteindre à un horizon donné.
- La dimension cognitive : compréhension, bilan et état des lieux des politiques antérieures menées sur le territoire pour décider de leur poursuite ou de leur modification. Les acteurs et décideurs doivent alors faire face à la nécessité de se projeter dans l'avenir
- La dimension participative : Dégager des « visions convergentes » par le débat et le dialogue sur la manière d'envisager l'avenir.

Nous retrouvons ici les enjeux propres à la recherche d'une meilleure gouvernance : optimiser les processus de décision afin de mieux préparer et anticiper l'avenir. Ainsi, la prospective s'inscrit-elle dans une vision globale voulant prendre en compte la complexité d'un système (ici le territoire) et la nécessité d'anticipation des conséquences des choix des décideurs. Rompant avec une simple analyse prévisionnelle de prolongement de tendance, elle peut donner à la planification une dimension plus réaliste en préparant l'avenir plutôt que de se contenter de le prévoir, pour paraphraser une célèbre formule de M. Blondel.

2.2.1.2 La modélisation, outil et support de la prospective

Si la prospective consiste à « penser loin pour agir avec plus de pertinence ici et maintenant » (référence ?), la prise de décision doit, nous l'avons dit, s'appuyer sur différents scénarios anticipant les effets d'une politique. Un processus de décision doit ainsi être l'aboutissement d'un long travail, collaboratif et interactif,

d'analyse du territoire, de définition d'objectifs et d'étude d'impact des scénarios envisagés. Cela se traduit par un recueil de données afin d'établir l'état des lieux, le diagnostic qui va servir de base à la réflexion. L'élaboration des différents scénarios d'aménagement doit ensuite pouvoir être testée pour analyser quelles vont être les répercussions des aménagements décidés. Pour cela, le recours à la modélisation apparaît nécessaire. Il s'agit d'analyser un territoire et son évolution à l'aune des choix effectués afin de mieux en appréhender les conséquences et les problèmes éventuels que cela peut poser. Ces dernières décennies, l'essor des technologies de l'informatique a grandement facilité ce travail. La collecte, le stockage, le traitement et l'analyse de données sont assurés par les systèmes d'information géographiques (SIG). Les premières apparitions de cette technologie remontent aux années 1960, lorsque le gouvernement canadien confie à Roger Tomilson (1933-2014) la tâche de développer un système d'information permettant de réaliser l'inventaire des terres du Canada, en recueillant et traitant des données sur l'occupation des sols. C'est à cette occasion que le terme *Geographic information system* sera pour la première fois employé (Tomlinson, 1968). L'Amérique du Nord sera alors pionnière dans le développement de logiciels SIG dans les décennies qui suivront. D'abord cantonnés au monde de la recherche, les SIG deviennent par la suite des outils technologiques prisés dans le monde professionnel (apparition du système MIDAS en 1986, premier SIG pour ordinateur personnel, rebaptisé par la suite Mapinfo). Les métiers relatifs à l'aménagement du territoire vont en particulier se l'approprier et pouvoir créer des interactions entre différentes disciplines, permettant ainsi une meilleure coordination dans l'analyse du territoire et, de fait, de la prise de décision. En 2004, Roche et Caron, dans *Aspects organisationnels des SIG*, identifient trois perspectives relatives au développement de la technologie SIG (Campbell, 1997) : (1) le déterminisme technologique (apport du progrès par les SIG) ; (2) le rationalisme managérial (besoin d'une méthodologie rationnelle en fonction du cycle de développement du SIG pour assurer son succès) ; (3) l'interactionnisme social (résultats différents d'une même technologie SIG selon le mode d'organisation, les valeurs, l'expérience des structures où elle est mise en place).

Nous retrouvons ici la problématique des spécificités locales et de l'enjeu d'une bonne articulation entre les différents protagonistes d'un projet d'aménagement. Dans ce contexte, les aménageurs vont pouvoir s'appuyer sur cet outil pour tenter de mieux satisfaire aux objectifs de développement durable et de bonne gouvernance. Les SIG permettent ainsi l'apport d'une dimension spatiale favorisant la prise en compte de

l'environnement d'un système opérationnel (Joliveau, 2006), aidant à l'élaboration d'une planification stratégique. Les années 2000 voient alors les SIG se démocratiser et leur nombre exploser (certains étant aujourd'hui accessibles gratuitement en Open source) de même que celui de leurs utilisateurs. Ainsi, le territoire peut-il se trouver modélisé par le biais d'une cartographie interactive.

La démarche prospective appelle ensuite à anticiper les résultats des scénarios d'aménagements envisagés. Il faut pour cela projeter dans le futur l'évolution du territoire selon les dynamiques observées et/ou les modifications qui y sont apportées. Le territoire doit ainsi être étudié sous la forme d'un modèle sur lequel les différents scénarios d'aménagements vont être intégrés et qui va être paramétré pour réagir d'une façon similaire à ce qui se produirait dans la réalité. Ce recours à la *simulation* s'est ainsi répandu depuis plusieurs décennies dans le monde de la recherche en aménagement. Ceci dans le but de fournir des outils capables de simplifier la réalité du monde de manière à mieux appréhender les événements qui interagissent suite à des décisions, et tester le cas échéant des solutions qui permettraient d'influencer ou d'orienter leurs conséquences de la manière la plus souhaitable possible (Antoni, 2013). La difficulté réside dans l'ambition de se projeter dans une temporalité future tout en prenant en compte la complexité, les interdépendances, les dynamiques du territoire étudié, pour pouvoir produire une simulation réaliste et crédible. Nous avons vu en effet que le territoire était un système complexe. C'est particulièrement vrai pour les territoires urbains, qui nous intéressent ici et qui là encore sont au coeur des enjeux de prospective et de modélisation. Nous avons mis en évidence dans le chapitre 1 l'importance accordée à la « ville durable ». Celle-ci s'appuie sur un territoire urbain éminemment complexe, en raison de son caractère « systémique », composé de plusieurs sous-systèmes inter-connectés et inter-dépendants. Dans ce contexte, l'analyse la plus célèbre du système urbain est celle faite par M. Wegener en 1994, qui identifie huit sous-systèmes en interaction et soumis aux lois du marché et aux politiques de régulation. Leur particularité est de connaître des évolutions différentes selon leur nature (Wegener, 1994) :

- Une évolution très lente : Occupation des sols (1) et réseaux (2)¹⁰
- Une évolution lente : Logements (3) et lieux de travail (4)¹¹

10. Eléments permanents de la morphologie urbaine. La réalisation d'infrastructures de transport s'étale sur plus de dix ans et demeure viable dans le temps (rarement abandonnée). De même, l'occupation du sol est globalement stable, les changements sont marginaux

11. Les bâtiments abritant logements et activités ont une durée de vie d'un siècle voire plus, ils

- Une évolution rapide : Emploi(5) et population (6)¹²
- Une évolution immédiate : Transport (7) et mobilité (8)¹³

A ces huit sous-systèmes, Wegener en ajoute un neuvième, qui nous intéresse particulièrement ici : celui de l'environnement urbain, dont la temporalité s'avère plus complexe à définir puisque ses incidences vont des nuisances sonores et de la pollution de l'air (impact immédiat) aux grands changements climatiques globaux (impact à très long terme) en passant par la contamination des sols ou des eaux (impact à moyen terme). Ce sous-système environnement est impacté par tous ceux décrits précédemment, tandis que lui-même n'influe que sur les choix de localisation des individus et des activités. Les interactions entre ces sous-systèmes, les activités socio-économiques et leurs différentes localisations créent le besoin de déplacement (Wegener et Furst, 1999) qui génère la demande de transport et provoque l'expansion urbaine. Ces phénomènes et ces interactions sont formalisés par une boucle de rétroaction transport-usage des sols (Figure 2.2)

Penser la ville durable en modélisant sa complexité et en simulant ses transformations : c'est le défi que nous pouvons voir apparaître ici. La complexité des systèmes urbains, leurs interactions et les impacts constants de celles-ci sur l'environnement des villes illustrent tout l'enjeu des recherches en modélisations et en simulations qui sont menées depuis quarante ans.

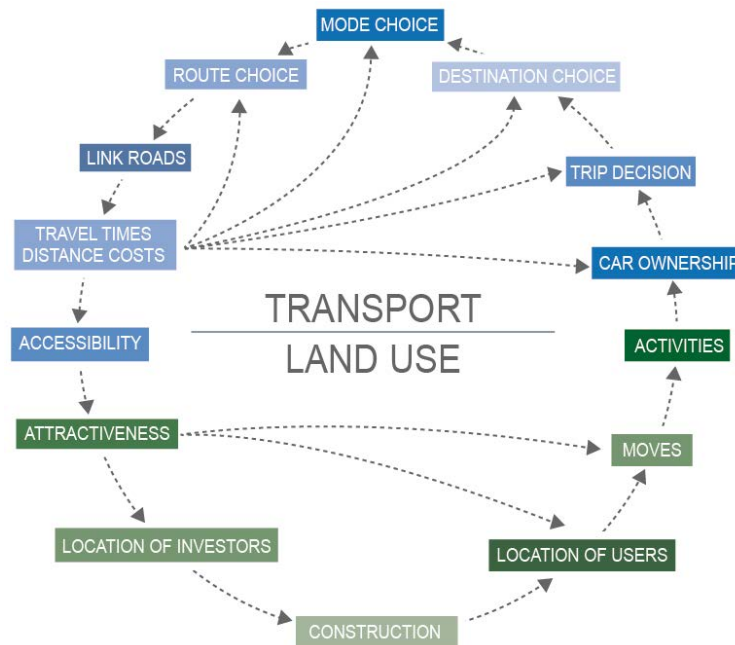
La démarche prospective qui apparaît nécessaire à la conduite d'une planification crédible et d'une optimisation du processus de décision doit ainsi s'appuyer sur des outils de modélisation et des SIG qui lui permettent de recourir à la simulation pour projeter des scénarios dans l'avenir. Le territoire urbain est lui en première ligne et fait l'objet de nombreuses recherches pour élaborer des modèles de simulation sur lesquels il nous apparaît nécessaire de s'attarder.

ont une durée de vie supérieure aux habitants ou entreprises qui les occupent. Leur construction s'étale sur plusieurs années.

12. Les entreprises s'implantent, se délocalisent, ferment...impactant de ce fait la distribution des emplois sur le territoire, de même que les ménages influent selon leur mode de vie et leur implantation sur le marché du logement, de la consommation, du parc automobile.

13. L'implantation des logements et des activités donne lieu à des besoins de déplacements de personnes ou de flux de marchandises. Ces mobilités s'opèrent sur une temporalité horaire (voire à la minute) et peuvent ainsi être très variables, en fonction de la congestion du trafic ou de la fluctuation de la demande de biens.

FIGURE 2.2 – Boucle de rétroaction transports et usages des sols, d'après Wegener (1994)



2.2.2 Un outil fondamental : la modélisation LUTI

Notre travail va en effet s'appuyer sur des données issues de la modélisation qui permettront d'analyser les sorties des scénarios d'aménagements envisagés. Il n'est donc pas inutile d'étudier ici les fondements et les caractéristiques des modèles de simulation urbains développés, en lien avec la boucle de rétroaction transport-usage des sols mise en évidence par Wegener : *les modèles LUTI* (Land Use and Transport Interaction).

2.2.2.1 Des origines diverses

Les premiers modèles de simulation urbaine apparaissent dès les années 1960 (Lowry, 1964). Il s'appuient sur de nombreux travaux, notamment en économie et en sciences régionales, tendant à analyser et modéliser les différents ressorts des espaces urbains. Sans entrer dans les détails ni établir de liste exhaustive, nous pouvons néanmoins citer les principaux champs disciplinaires et les théories fondatrices les plus importantes relatives à l'étude des milieux urbains, certaines d'entre elles ayant déjà été évoquées dans le chapitre 1.

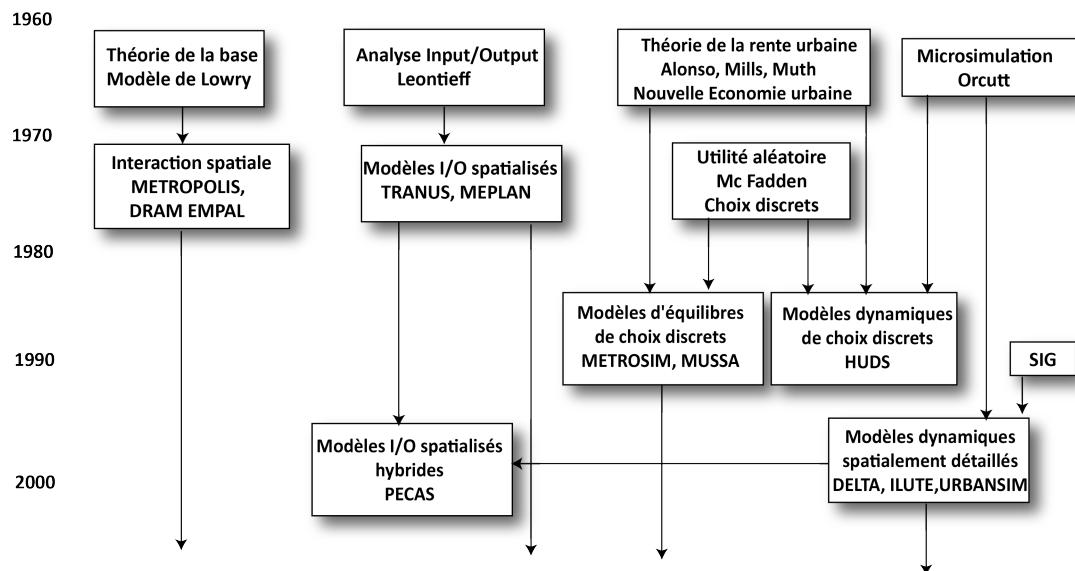
Les premières modélisations de la ville remontent au XIX^{ème} siècle et aux travaux de l'école d'économie spatiale allemande, avec les travaux de Von Thünen et la théorie

de la localisation des activités (1820) dans lesquels la ville est modélisée afin d'analyser la logique de localisation des activités économiques. Des travaux qui seront repris et amplifiés au siècle suivant, avec la théorie des lieux centraux de Christaller (1933) et de Lösch (1940). Cela a permis de fournir un cadre théorique et méthodologique à l'analyse des interactions interurbaines découlant des activités humaines. Un autre apport majeur est celui de l'écologie urbaine de l'école de Chicago dont nous avons déjà parlé dans le chapitre 1 : l'analyse des interactions entre individus et des comportements collectifs constitue un apport sociologique et qualitatif à la compréhension des phénomènes urbains, en complément des théories économiques, et permettent de développer des prismes de lecture de villes : modèle concentrique (Burgess, 1925), sectoriel (Hoyt, 1939) et polynucléaire (Harris et Ullman, 1945). Enfin, les travaux de la micro-économie urbaine, centrés sur l'analyse de la localisation résidentielle au sein des villes à partir de la théorie des enchères (*bid rent*), qui débouchent sur le modèle d'Alonso, en 1964, apporteront aussi l'introduction d'une dimension spatiale à l'étude des aménagements urbains. Ce modèle sera le point de départ de la Nouvelle Economie Urbaine (NEU), évoquée dans le chapitre 1, basée sur la rationalisation des comportements individuels, complétée par les modèles de choix discrets (Ben Akiva, 1979), basés sur la théorie de l'utilité aléatoire (McFadden, 1973). Parallèlement à cette forte imprégnation des théories économiques dans l'analyse et la modélisation de la ville se développent des travaux basés sur une approche plus géographique, tels que les modèles d'interaction spatiale (Huff, 1964) ou ceux de la *Time geography* (Hägerstrand, 1970), apportant une dimension spatio-temporelle dans l'étude des échanges et des déplacements des individus. Enfin, le caractère systémique de la ville, qui s'affirme de plus en plus nettement à cette époque rend incontournable la *théorie générale des systèmes*, développée par Bertalanffy en 1968. Biologiste, Bertalanffy (1901-1972), considérant que l'organisme était « *comme un système de variable dépendante les unes des autres* » (Bertalanffy, 1968), estimait que la seule façon d'étudier une organisation était de la traiter comme un système. La *théorie générale des systèmes* vise ainsi à dégager des principes explicatifs de l'univers considéré comme un ensemble de systèmes à l'aide desquels il serait possible de modéliser la réalité.

Ainsi, ces différentes théories vont servir d'appui à l'élaboration de modèles de simulation, dans lesquels la nécessité de prise en compte des interactions existantes dans le système ville. En effet, les premiers modèles de simulation basés sur les transports (modèle à quatre étapes) ou les logiques comportementales individuelles

(choix discrets) montrent leurs limites, ne prenant en particulier pas assez en compte l'interaction entre système de transport et usage des sols. C'est ainsi que les modèles LUTI vont faire leur apparition, se développant surtout à partir des années 1980. Ils vont ainsi se composer de trois modules : transport, développement urbain et utilisation des sols, s'appuyant sur le postulat que les interactions des activités au sein de l'espace urbain induit la demande de transport et qu'en retour, la localisation des ménages et des activités est conditionnée par l'accessibilité à ces activités (Masson, 2000). Les modèles LUTI s'inscrivent ainsi dans un cadre théorique et conceptuel complexe, mobilisant différentes techniques telles que celles de l'analyse de la matrice Input/Output (Léontieff, 1966)¹⁴ ou celle de la microsimulation (Orcutt, 1957, qui permet de modéliser et simuler les activités des agents à la plus petite échelle possible¹⁵. En 2005, Paul Waddell, concepteur du modèle LUTI URBANSIM, a proposé un schéma récapitulatif des origines conceptuelles des modèles LUTI (figure 2.3) Très vite, les modèles LUTI vont ainsi se développer et se diffu-

FIGURE 2.3 – *Cadre conceptuel et théorique des modèles LUTI, d'après Waddell, 2005*



ser, au départ principalement dans le monde anglo-saxon (laboratoires de recherches américains, anglais et allemands), puis sud-américain et japonais, (où l'application à cette époque des théories néoclassiques, dont beaucoup président à la création

14. Définit la structure des échanges entre les secteurs économiques à partir de l'analyse de la matrice d'entrées et sorties de ces échanges.

15. Pour l'analyse des systèmes urbains, elle permet ainsi d'observer les processus à l'oeuvre dans les déplacements ou les choix de localisation des individus et de les synthétiser. Cet outil se trouve être très approprié pour simuler les effets d'une politique sur la population d'une ville.

de ces modèles, semble avoir offert un « laboratoire » au développement des LUTI d'inspiration américaine), avant d'arriver plus tardivement dans des pays comme la France. L'essor de la mondialisation, des nouvelles technologies va ensuite voir une forte progression de ces modèles, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, au tournant des années 2000. Leur diffusion et leur utilisation ne vont pas sans poser de nombreuses questions, relatives notamment à leurs caractéristiques multiples.

2.2.2.2 Caractéristiques et différenciation

Nous allons ainsi nous pencher un instant sur les différences pouvant exister entre les différents modèles. Si leur point commun est de tester les politiques d'urbanisme et de transport et d'en évaluer les différents impacts (Wegener, 2004 ; Hirtzel, 2015), la classification et même la définition des modèles LUTI n'est pas chose aisée, en raison évidemment de la complexité des systèmes urbains. Classés comme modèles d'interaction, un certain nombre de modèles LUTI doivent cependant être connectés à un modèle de transport pour modéliser les interactions entre celui-ci et l'usage des sols¹⁶. Cela conduit à une distinction relative à l'architecture même des modèles :

- Les modèles *unifiés*, où les différents sous-modèles sont reliés entre eux dans une même structure de modélisation.
- Les modèles *composites* : il s'agit de modèles d'utilisation des sols couplés à des modèles de transport, le tout permettant une simulation de type LUTI. Ils s'inscrivent dans la vision d'une ville organisée comme un système hiérarchisé où les sous-systèmes sont interconnectés mais structurellement autonomes (Wegener, 2004).

En fonction des objets de recherches sur lesquels les modèles ont été conçus, certains s'appuieront davantage sur un sous-système que sur un autre (Hirtzel, 2015), les sous-systèmes de réseaux de transport ou d'utilisation des sols étant communs à tous les modèles, le système de transport de marchandise, par exemple, étant lui beaucoup moins pris en compte (Wegener, 2004). Les modèles LUTI varient ainsi selon leur structure même et selon les sous-systèmes urbains sur lesquels ils mettent

16. Il existe d'ailleurs des divergences dans la littérature pour savoir s'ils appartiennent réellement à la catégorie des LUTI. Si la plupart des auteurs auxquels nous nous référons (Simmonds, 1999 ; Wegener, 2004 ; Timmermans, 2006) les intègrent dans cette catégorie, d'autres les en excluent (Nguyen Luong, 2011).

l'accent en fonction des objectifs de modélisation urbaine à partir desquels ils ont été développés.

Sur le plan technique, une différenciation majeure apparaît : celle relevant de l'équilibre ou de la dynamique. Les premiers modèles LUTI sont appuyés sur le principe d'équilibre général (modèle de Lowry, 1964) à partir duquel un système urbain tendrait naturellement vers un équilibre entre l'offre et la demande, en raison d'une adaptation très rapide des individus et des entreprises aux changements de configuration de la ville. Ces modèles sont appelés modèles **statiques**, et ont été principalement développés dans les années 1980. Cependant, il apparaît vite que l'équilibre supposé entre transport et localisation, s'il peut théoriquement exister, est peu probable, précisément en raison des temporalités différentes d'évolution des sous-systèmes urbains, identifiées plus haut (Wegener, 1985). De plus, les modèles d'équilibre ont le défaut de n'avoir qu'une approche purement économique où seul le coût de transport est considéré comme variable comportementale, sans prise en compte des autres activités des ménages. La question des différentes temporalités selon les choix (choix d'emploi, de logement...) montre ici toute son importance. Ainsi a-t-on vu progressivement apparaître une modélisation basée sur une approche **dynamique**, inspirée notamment du modèle de Forrester en 1969 (dynamique des systèmes). Celui-ci suppose que les villes naissent, se développent et meurent à l'instar des êtres vivants (Derycke, 1982), les activités qui s'y trouvent parcourant ainsi un « cycle de vie » qui les fait passer d'activités en développement à activités mûres puis en déclin. Nous retrouvons ici l'approche systémique du territoire urbain, dont nous avons pu mesurer l'importance plus haut dans le cadre de notre approche. Ce modèle mérite d'autant plus d'être cité ici que Forrester, contrairement aux modèles économétriques classiques, fonde ses estimations sur la consultation d'experts (urbanistes, économistes, décideurs...). Sa conclusion est que le système urbain fonctionne de manière contre-intuitive, c'est à dire que la cause d'un phénomène, d'un problème peut trouver son origine très loin dans le temps ou à un autre bout du système. Malgré de nombreuses limites, notamment celle de considérer la ville comme un système fermé, cette prise en compte de la dynamique va prendre une place de plus importante dans l'élaboration des modèles LUTI, appuyée par des théories telles que l'entropie (Wilson, 1970) ou celle des choix discrets (Mac Fadden, 1973). Ces modèles sont la plupart du temps de type itératifs, permettant un délai dans les ajustements entre les différentes évolutions des sous-systèmes urbains et permettant de tenir compte des différentes temporalités de ceux-ci. Ces modèles sont appelés

modèles **quasi-dynamiques**¹⁷. La question de la prise en compte de la temporalité et de la difficulté de parvenir à un équilibre dans l'aménagement urbain est ainsi au coeur de l'élaboration des modèles LUTI.

Un autre paramètre majeur est celui de l'échelle d'analyse et de représentation des données. Les premiers modèles étaient agrégés au niveau *méso*, avec des résultats donnés pour la taille moyenne des zones et pour les agrégats des ménages et des industries (Wegener, 2004). Aujourd'hui, l'importance de la prise en compte des choix individuels invite à envisager une modélisation basée à l'échelle des agents et non plus des groupes entiers. Les techniques de la micro-simulation, que nous avons évoqué plus haut, permettent aujourd'hui une approche individu-centrée, où l'hétérogénéité des comportements individuels (Wegener, 2011) constatée sur le territoire urbain peut être modélisée et simulée (Miller et Salvini, 2000). La désagrégation des données est d'autant plus facilitée par l'accroissement des performances des outils informatiques (SIG en particulier, comme nous l'avons souligné plus haut). Parmi les techniques de micro-simulation mobilisées autour des modèles LUTI, nous pouvons citer celles des automates cellulaires¹⁸ (Tobler, 1979 ; White et Engelen, 1997) ou celles des systèmes multi-agent (SMA) (Ferber, 1995)¹⁹. Notons tout de même que les résultats de ces simulations nécessitent souvent d'être réagrégés pour pouvoir être analysés dans leur globalité.

Aujourd'hui, la modélisation des systèmes urbains, à travers les modèles LUTI, tend ainsi à s'appuyer sur une approche prenant en compte les dynamiques issues des temporalités différentes pouvant coexister dans un système urbain, tout en recourant à une échelle d'analyse la plus fine possible. Ces évolutions technologiques et conceptuelles permettent d'en faire des outils de plus en plus prisés pour appuyer des démarches de prospective territoriale. Nous pouvons présenter dans le tableau 2.1 les principaux modèles LUTI existants à l'heure actuelle, selon les caractéristiques identifiées (la liste ne prétend cependant pas à l'exhaustivité).

17. S'ils modélisent l'évolution de la ville au cours du temps, ils sont fragmentés en pas de temps où chacun d'entre eux est statique. (Wegener, 2004).

18. Un automate cellulaire se compose d'un réseau dimensionnel infini de cellules identiques. Chaque cellule peut prendre un état à partir d'un ensemble fini d'états. Les cellules mettent à jour leurs états de manière synchrone sur des étapes discrètes selon une règle locale. Le nouvel état de chaque cellule dépend des états précédents d'un ensemble de cellules, y compris la cellule elle-même, et constitue son voisinage (Esnaashari et Meybodi, 2017).

19. permet entre autres de modéliser des déplacements durant toute une journée, avec plusieurs destinations pour les individus, retraçant ainsi leurs « pérégrinations » quotidiennes

Les modèles LUTI, par leur approche systémique de la complexité des mécanismes régissant le système urbain, se révèlent donc être des outils fondamentaux dans la modélisation et la simulation des scénarios d'aménagements. D'abord issus du monde anglo-saxon et conçus au service d'écoles néo-classiques, ces modèles interactifs se sont ensuite diversifiés et permettent aujourd'hui aux aménageurs de pouvoir simuler par une approche globale et dynamique, à une échelle pouvant être particulièrement fine. Ils trouvent ainsi, en théorie, toute leur place dans les politiques d'aménagement comme support d'aide à la décision, grâce aux résultats qu'ils produisent et qui éclairent les scénarios prospectifs. Leur utilisation est donc appelée à s'accroître, malgré de nombreuses limites sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir.

Réhabiliter la planification en la crédibilisant par une démarche prospective basée sur le recours à la simulation des scénarios d'aménagements. C'est la conclusion que nous pouvons tirer de cette sous-partie, où il a été mis en évidence le besoin de préparer le futur en anticipant les impacts des prises de décision. Pour cela, les innovations technologiques permettant le traitement de données et la simulation apportent une aide indispensable aux acteurs et aux décideurs de l'aménagement du territoire. L'exigence de bonne gouvernance, d'approche globale et de recherche d'équilibre voulue par l'impératif de développement durable peut ainsi trouver dans les outils de modélisation un instrument précieux.

2.3 L'application : une étape délicate

Avant d'aller plus loin, il convient de s'arrêter ici sur les limites que peut rencontrer actuellement la mise en place d'une politique d'aménagement du territoire, vis-à-vis des outils d'évaluation et de modélisation mis en évidence dans le 2.2. Si le recours à la modélisation a permis de grands progrès dans l'aide à la décision, si l'implémentation du développement durable dans les projets d'aménagement a permis l'ouverture de nouvelles perspectives dans la manière de décider, il n'en demeure pas moins que ces outils et ces méthodes se trouvent confrontés à de nombreux écueils.

TABLE 2.1 – *Caractéristiques structurelles des modèles LUTTI*

Modèle	Nature	Structure	Type	Niveau d'agrégation	Résolution spatiale
LILT	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Moyenne
MEPLAN	Intégré	Unifié	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Fine
TRANUS	Intégré	Unifié	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Fine
NYMTC-LUM	Connecté	Composite	Statique	Agrégé	Fine
METROSIM	Intégré	Unifié	Quasi-dynamique	Agrégé	Moyenne
ITLUP	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Moyenne
IRPUD	Intégré	Composite	Quasi-dynamique	Micro-simulation	Moyenne
RURBAN	Connecté	Unifié	Statique	Agrégé	Fine
DSCMOD	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Moyenne
IMREL	Connecté	Composite	Statique	Agrégé	Moyenne
DELTA	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Agrégé	Fine
MUSSA	Intégré	Unifié	Statique	Désagrégation moyenne	Fine
URBANSIM	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Micro-simulation	Fine
TRESIS	Intégré	Composite	Quasi-dynamique	Agrégé	Fine
TNUMIP	Intégré	Composite	Quasi-dynamique	Micro-simulation	Fine
PECAS	Connecté	Unifié	Quasi-dynamique	Désagrégation moyenne	Moyenne
MARS	Intégré	Composite	Quasi-dynamique	Agrégé	Moyenne
ILUTE	Connecté	Composite	Quasi-dynamique	Micro-simulation	Fine
PIRANDELLO	Intégré	Composite	Statique	Désagrégation moyenne	Moyenne
PUMA	Connecté	Unifié	Quasi-dynamique	Micro-simulation	Fine

2.3.1 Bilan critique de l'opérationnalité des LUTI

Nous avons pu voir précédemment l'importance que la modélisation LUTI a pris dans les travaux relatifs à l'aménagement des systèmes urbains. Si les modèles LUTI sont actuellement en plein essor et que les recherches scientifiques conduisent à les perfectionner, il n'en demeure pas moins que cette modélisation connaît aujourd'hui ses limites, notamment quant à son opérationnalité et son application dans des projets concrets d'aménagement.

2.3.1.1 Limites techniques, bilan

En effet, les objectifs initiaux de la modélisation LUTI étaient doubles : (Batty, 1979 ; Lee, 1994 ; Klosterman, 2012) :

1. Développer, améliorer et tester une théorie pour aménager les systèmes urbains
2. Améliorer la conception des politiques et des méthodes de planification.

Si le premier objectif, nous avons pu le voir, est largement atteint, c'est le second qui rencontre aujourd'hui de nombreux écueils. En effet, l'utilisation d'outils de modélisation complexes tels que les LUTI est aujourd'hui difficile dans le cadre d'une application opérationnelle (Saujot *et al.*, 2015). L'enjeu, à l'heure actuelle, est de pouvoir transférer de tels outils de modélisation du milieu universitaire où ils sont généralement développés au monde professionnels où ils ont vocation à pouvoir s'appliquer concrètement. Cette transition technique est d'ailleurs loin d'être effective pour tous les modèles, comme nous pouvons le voir sur le tableau 2.2. Si certains sont orientés vers une application professionnelle, voire destinés à être commercialisés, d'autres sont encore cantonnés dans des laboratoires de recherche et concrètement inutilisables en raison de leur complexité théorique (Hély, 2012).

Nous pouvons voir à travers ce tableau que les modèles LUTI peuvent être classés en différentes catégories selon leurs orientations et leur opérationnalité. La plupart d'entre eux sont issus de la sphère publique, c'est à dire principalement du domaine de la recherche universitaire. Leur usage, comme nous l'avons souligné plus haut, peut se classer en deux catégories : un usage « académique », théorique, et un usage orienté « utilisateur final » (Nguyen Luong, 2011), c'est à dire un usage opérationnel et concret. Ces derniers ont ainsi vocation à être diffusés et utilisés dans l'espace

TABLE 2.2 – Actualisation et opérationnalité des modèles LUTI

Modèle	Date	Actualisation	Dérivés	Secteur	Usage	Accès
LILT	1979	1991	-	Public	Académique	-
MEPLAN	1980	1995	PECAS	Privé	Utilisateur final	Licence
TRANUS	1982	-	-	Privé	Utilisateur final	Téléchargement libre
NYMTC-LUM	1982	-	-	Public	Académique	-
CATLAS	1982	1994	METROSIM	Public	Académique	-
ITLUP	1983	-	-	Public	Utilisateur final	Commercialisé
IRPUD	1983	1991	ILLUMASS	Public	Académique	-
RURBAN	1986	1996	-	Public	Utilisateur final	Commercialisé
IMREL	1990	1998	-	Public	Académique	-
DELTA	1995	2008	-	Privé	Académique	-
MUSSA	1996	2010	CUBE LAND	Public	Utilisateur final	Licence
URBANSIM	1996	2008	SIMAURLF	Public	Utilisateur final	Téléchargement libre
TRESIS	2000	-	-	Public	Utilisateur final	Licence
MOBISIM	2002	2014	-	Public	Académique	Licence
TLUMIP	2002	-	-	Public	Académique	-
PECAS	2002	-	-	Public-	Académique	-
MARS	2003	2010	-	Public	Utilisateur final	Téléchargement libre
ILUTE	2006	-	-	Public	Académique	-
PIRANDELLO	2008	-	-	Privé	Utilisateur final	Commercialisé

public et professionnel, et sont ainsi développés de manière à être commercialisés ou accessibles en téléchargement libre. Nous constatons que pour les principaux modèles LUTI, dans ce tableau non exhaustif, cette catégorie représente environ la moitié d'entre eux, quand l'autre moitié reste des produits le plus souvent purement académiques, quand bien même ils sont actualisés et améliorés. Nous pouvons ainsi mettre en évidence le travail qu'il reste à accomplir afin de faire sortir de nombreux modèles LUTI d'une utilisation purement théorique. En Europe, ce recours aux modèles LUTI, nous l'avons souligné dans plus haut, s'est réalisé plus tardivement qu'en Amérique du Nord. C'est principalement au Royaume-Uni que le recours à la modélisation LUTI est la plus fréquente (May *et al.*, 2008), bien que celle-ci soit en expansion dans le reste de l'Europe cette dernière décennie. En France, les principales recherches sur le développement de modèles LUTI ont été effectuées autour des modèles URBANSIM et METROPOLIS, pour conduire au modèle SIMAURIF (Nguyen-Luong, 2008 ; Nicolas *et al.*, 2009), MobiSim, comme nous le verrons dans le chapitre 4, Pirandello (Delons *et al.*, 2008) et TRANUS (Saujot, 2013). A l'heure actuelle, les exemples de tentative d'application opérationnelle de la modélisation LUTI dans le pays sont ceux des travaux menés dans le cadre de la réalisation du Grand Paris et autour de l'agglomération de Lyon. Pour le Grand Paris, trois équipes ont effectué un travail de modélisation chacune autour d'un outil LUTI différent : URBANSIM, Pirandello, Relu-Tran. Il s'est avéré, après plus de quatre ans de travail, que la mise en application d'un modèle LUTI était beaucoup plus longue et difficile que prévu, notamment en raison de la collecte de données et de la question de l'échelle relative au zonage (Saujot *et al.*, 2015). De même, concernant l'agglomération du Grand Lyon (SIMBAD ; Nicolas, 2009), le recours à une modélisation de type LUTI pour mettre en place un nouveau schéma de transports en commun a mené à la conclusion d'un manque de lignes directrices appropriées pour la mise en œuvre d'un modèle LUTI, de l'insuffisance des expertises tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du consortium chargé du projet pour assurer le choix d'un modèle approprié, et un risque élevé par rapport à un processus long et incertain de la construction du modèle (Saujot *et al.*, 2015).

Cela met en lumière deux problèmes : la difficulté d'application d'un modèle LUTI sur le terrain, pour des raisons techniques et conceptuelles, ainsi que la délicate appropriation du modèle par les acteurs, décideurs et parties prenantes du projet.

2.3.1.2 Le besoin d'une meilleure appropriation des modèles LUTI

En effet, la littérature nous montre à l'heure actuelle que l'utilisation des modèles LUTI dans une optique opérationnelle se heurte à un paradoxe, mis en lumière par P. Wadell (2011) : le conflit entre l'exigence de transparence, de clarté du modèle, dont découle un besoin de simplicité, et l'exigence de validité et de fonctionnalité, qui requiert un fonctionnement et une architecture complexes. Si certains modèles peuvent être relativement faciles à appréhender en ce qui concerne leur logique et leur fonctionnement globaux, il est souvent difficile pour l'utilisateur d'identifier les causalités entre les entrées et les sorties. Ce phénomène est parfois qualifié de « boîte noire » : l'utilisateur est amené à exploiter des résultats dont il ne sait pas vraiment de quelle manière ils ont été produits par le modèle (Timmermans, 2003 ; Saujot *et al.*, 2015 ; Antoni, 2016). N'ayant pas la main sur la mise en oeuvre de ces modèles, les décideurs et les acteurs d'un projet peuvent être réticents les utiliser. Dans une enquête menée à cet effet, l'équipe de M.Saujot a réalisé des interviews auprès de différents acteurs de projets d'aménagement. Il en est ressorti, entre autres, sur cette question de l'appropriation des modèles LUTI, que les modélisateurs estimaient que ceux-ci n'étaient pas assez complexes pour représenter la réalité, tandis que les aménageurs estimaient eux qu'il n'était pas pertinent d'avoir tant de précisions et de données issues d'un logiciel et insistaient sur la nécessité d'impliquer les parties prenantes du projet à cette modélisation... De fait, pour qu'un modèle LUTI puisse être correctement utilisé dans un projet concret d'aménagement du territoire, il faut que le paradoxe souligné plus haut soit résolu et que chaque étape du processus de modélisation soit comprise par les différents protagonistes du projet. Saujot en conclut qu'il faut pour cela :

1. Distinguer clairement les données d'entrée, les données d'étalonnage, les paramètres et les données de sorties.
2. Identifier et expliquer les principaux *inputs* pour les résultats du modèle.
3. Partager et valider chaque étape de la mise au point avec tous les partenaires.
4. Utiliser ces modèles pour des analyses prospectives et stratégiques, dans une optique pédagogique

Nous retrouvons ici le défi identifié dans le 2.1, à savoir la nécessité, selon nous, de combiner une approche normative et une approche collaborative ancrée sur un territoire. Les problèmes relatifs à l'application concrète de la modélisation LUTI

nous renvoient à ce problème. Dans le cadre d'un projet d'aménagement, un modèle LUTI, produit académique issu d'un laboratoire de recherche, va pouvoir fournir un cadre méthodologique général d'exploitation de nombreuses données, permettant de simuler différents scénarios prospectifs d'aménagement. Cette approche normative, appuyée sur le recours aux scientifiques (élaboration du modèle) et aux experts (évaluation, interprétation des données de sorties) est aujourd'hui la mieux maîtrisée. Elle peut être qualifiée d'approche *top-down*, « par le haut » : elle fournit des modèles génériques, transposables dans les territoires souhaitant l'utiliser pour leurs politiques d'aménagement. Et c'est à ce niveau là que les difficultés apparaissent, c'est à dire dans le passage à l'optique d'une approche collaborative. Nous retrouvons là les difficultés de transposition d'outils complexes par leur données et leur exploitation technique, sur un territoire où ils doivent être appropriés par l'« utilisateur final », via un certain nombre de simplifications, de production d'indicateurs locaux, d'implication constante des différents acteurs et l'évaluation ponctuelle et régulière des résultats obtenus. Cette adaptation, cette appropriation doivent en outre se faire à l'aune des possibilités offertes par les ressources locales en matière de données et d'outils présents sur le territoire modélisé. Ces possibilités techniques sont souvent réduites par rapport aux possibilités offertes aujourd'hui dans les milieux académiques, universitaires, grâce à la sophistication des outils scientifiques et l'augmentation de la puissance de calcul (Iacono *et al.*, 2008). Il y a ainsi un enjeu d'adaptation, de simplification de certains modèles qualifiés d'« usines à gaz » afin d'en faire des outils opérationnels sur le terrain. Il faut ainsi identifier les objectifs et les besoins requis par un projet d'aménagement sur un territoire donné pour mieux adapter le modèle en conséquence. Il s'agit en réalité d'une confrontation entre un modèle générique et les capacités locales. C'est la raison pour laquelle, face à l'approche *top down*, axée sur le développement de l'outil en lui-même, semble nécessaire l'apport d'une approche *bottum-up*, « par le bas », c'est à dire qui intègre une dimension participative sur le terrain pour mieux cerner les besoins de la planification opérationnelle (Hardy, 2011 ; Klostermann, 2012).

Dans le contexte du recours à la modélisation des systèmes de transport et usage des sols, il y a donc besoin de compléter l'approche normative, *top-down*, par un perfectionnement de l'approche collaborative et participative, *bottum-up*, pour que les outils de modélisation deviennent plus opérationnels et puissent être de ce fait davantage utiles à la démarche prospective en matière d'aménagement du territoire. La nécessité de mieux impliquer les acteurs locaux requiert également de s'interroger

sur les limites relatives au processus de décision.

2.3.2 Tentatives d'innovations méthodologiques

Le besoin de produire de nouveaux outils et de nouvelles méthodologies sur lesquels appuyer la prise à la décision apparaît donc essentiel. Nous allons dans cette sous-partie revenir d'abord sur l'importance et l'évolution prise par la notion d'aide à la décision, puis voir par quels moyens la problématique du développement durable va être insérée dans de tels outils, dans le cadre de politiques d'aménagement.

2.3.2.1 Aide à la décision et évaluation multicritère

En décrivant le concept d'évaluation dans le 2.1., nous avons évoqué les analyses de Bernard Roy concernant la manière d'accompagner un processus de décision. Il nous paraît important d'y revenir ici, en raison de l'influence que ses théories ont eu dans les réflexions relatives à l'aide à la décision. Celle-ci est définie par Roy comme « *l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part* » (Roy, 1985). Ainsi, une activité d'aide à la décision « *implique un minimum d'insertion dans le processus de décision : elle ne se fait seulement pour mais essentiellement avec les acteurs du processus dans l'établissement d'une véritable relation d'aide* » (Martel, 1999). Nous avons mis en avant dans le 2.1. que le décideur était guidé par l'homme d'étude qui doit ainsi l'éclairer sur les conséquences de tel ou tel choix politique. Toute la difficulté, pour opérer ce choix politique, vient du fait que, le plus souvent, les impacts potentiels d'une décision ne sont pas évalués par un critère unique mais par plusieurs (Chakhar, 2006). D'où le recours au terme de multicritère, en sachant qu'il n'existe pas, en général, d'action meilleure que toutes les autres, simultanément sur tous les critères (Roy, 1990). L'aide multicritère à la décision vise ainsi « *à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision ou plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte* » (Vincke, 1989). Cela aboutit au développement de méthodologies mathématiques visant à évaluer et à comparer des actions et leurs impacts sur la base de critères d'évaluations

(Chakhar, 2006). Nous ne pouvons ici nous livrer à un inventaire des nombreuses méthodes décrites dans la littérature. Ce qui nous intéresse ici, c'est l'intégration de ces démarches d'évaluations multicritères dans leur dimension spatiale, en vue d'une prise de décision dans le processus d'aménagement. Cela a abouti à l'implémentation de méthodes d'évaluation multicritère dans des SIG, de manière à pouvoir guider des choix d'aménagements (Malczewski, 2010). Depuis deux décennies, de nombreux travaux sont ainsi effectués pour mieux orienter la prise de décision par l'évaluation d'un territoire à partir de l'analyse multicritère et, partant de là, la production d'outils géographiques, notamment des cartes, aidant à mieux évaluer les impacts d'une décision (Joerin *et al.*, 2001, Chakhar, 2006). Nous pouvons citer, par exemple, des travaux effectués au Québec qui intègrent la méthode ELECTRE TRI à un SIG (Q-GIS) et qui aboutissent à la création d'une *carte décisionnelle*, qui, à l'aide d'un zonage de l'espace (ici, les quartiers de Québec), assignent à chaque quartier une catégorie relative à leur évaluation à partir de nombreux critères (ici, d'accessibilités à différents secteurs d'activités)(Sobrie *et al.*, 2013). Cela dans le but de produire un outil d'évaluation spatiale permettant au décideur d'identifier, sur son territoire, les caractéristiques de chaque quartier et l'impact potentiel d'un choix d'aménagement. Plus que la complexité de l'analyse nécessitant une méthode multicritère, c'est l'approche consistant à l'évaluation du territoire par un processus d'agrégation de différentes informations, différents indicateurs, qui retient ici notre attention, nous aurons l'occasion d'y revenir dans la seconde partie.

Pour en revenir au recours à l'analyse multicritère, nous pouvons donc dire que cette méthodologie est nettement prisé dans les travaux d'aide à la décision en aménagement. Il nous semble intéressant ici d'en évoquer une application concrète développée en France dans le cadre plus large d'un projet d'aménagement.

2.3.2.2 Exemple de l'OQADD

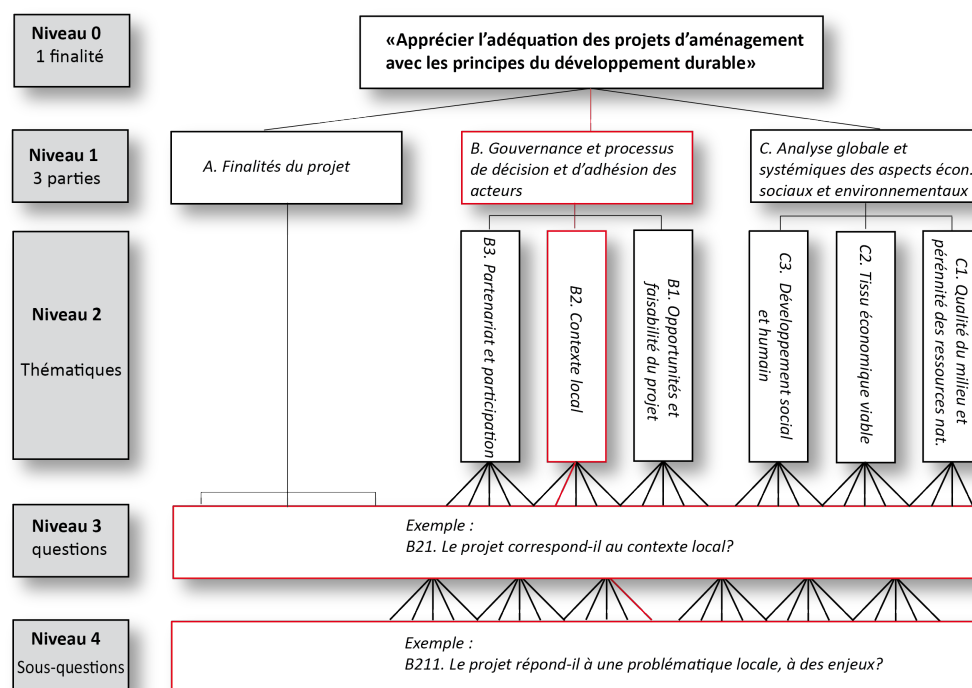
Nous allons donc nous arrêter sur les « Outils de Questionnement et d'Analyse en matière de développement durable », (OQADD²⁰) mise en évidence par A. Boutaud dans sa thèse de doctorat (2005). Il s'agit d'outils inspirés des grilles de développement durable que nous avons évoqué dans le 2.1. Nous allons ici décrire rapidement la philosophie de cette méthodologie et en déduire en quoi elle paraît pertinente pour inspirer notre travail. Cette méthodologie peut en effet être vue

20. Pour des raisons phonétiques et esthétiques évidentes, il est conseillé de prononcer cet acronyme tel un mot, « OCADE », plutôt que de l'épeler...

comme une tentative de répondre au problème relatif à l'appropriation d'un projet, d'un outil d'aménagement par les acteurs locaux, sur un territoire donné. Ils se sont développés notamment sur le territoire français il y a une quinzaine d'années, par le biais d'acteurs publics, d'associations voire de bureaux d'études et de professionnels. Ils se sont souvent réclamés des principes de l'évaluation des politiques publiques au moyen de l'évaluation multicritères appliquée à un cas concret. Dans les faits, il s'est agi surtout pour les OQADD de s'insérer dans des projets dont les objectifs étaient définis par ailleurs, et par rapport auxquels le développement durable est apparu comme un supra-critère devant influencer sur les choix des décideurs, en sachant qu'il peut être en contradiction, en conflit avec l'objectif même du projet. Contrairement à beaucoup d'outils d'aide à la décision basés sur l'évaluation multicritères, il ne s'agit pas dans le cas présent de définir des actions en fonction d'objectifs mais de confronter les objectifs et les actions qui en découlent aux critères prédéfinis du développement durable. Sur le fond, il s'agit donc essentiellement d'apporter une évaluation ou, le plus souvent, un questionnement vis à vis d'une politique par rapport aux impératifs du développement durable. Formellement, ces outils se présentent généralement sous la forme d'une grille de critères organisés et hiérarchisés puis formulés sous forme de questionnement au sein d'une arborescence, comme le montre la figure 2.4²¹. Cette arborescence, déclinée en plusieurs niveaux d'analyse, permet aux concepteurs de définir clairement le sens qu'ils entendent donner à leur politique de développement durable, en déclinant différents thèmes sous formes de questions interrogeant la politique programmée. Chaque action est ainsi évaluée en fonction des critères énumérés. A l'issue de ce travail, dans un souci de lisibilité des résultats, il est généralement procédé à une réagrégation des résultats au niveau supérieur, éventuellement par le biais de pondération des différents résultats en fonction des préférences et de l'importances respectives accordées à chacun. Il s'agit ainsi de disposer d'un outil apte à analyser une politique sur un territoire donné, à travers un processus de questionnement et/ou d'évaluation menés dans des domaines multiples. Dans son recensement et sa typologie effectués en 2005, A. Boutaud met en évidence la grande variété des OQADD : il identifie ainsi pas moins de 684 critères sur l'ensemble des 33 OQADD répertoriés à l'époque en France, répartis de manière assez égale entre les trois sphères du développement durable. Cela met en évidence une approche assez équilibrée du développement du-

21. Cette figure représente une grille réalisée par le SGAR de Franche-Comté dans le cadre d'un programme de développement durable du territoire « Saône et Rhin », mis en place suite à l'abandon du projet de canal Rhin-Rhône à grand gabarit

FIGURE 2.4 – Arborescence type d'un OQADD, d'après Boutaud A. (grille SGAR Franche-Comté, revue par Defever C. et Mahjoub M.)

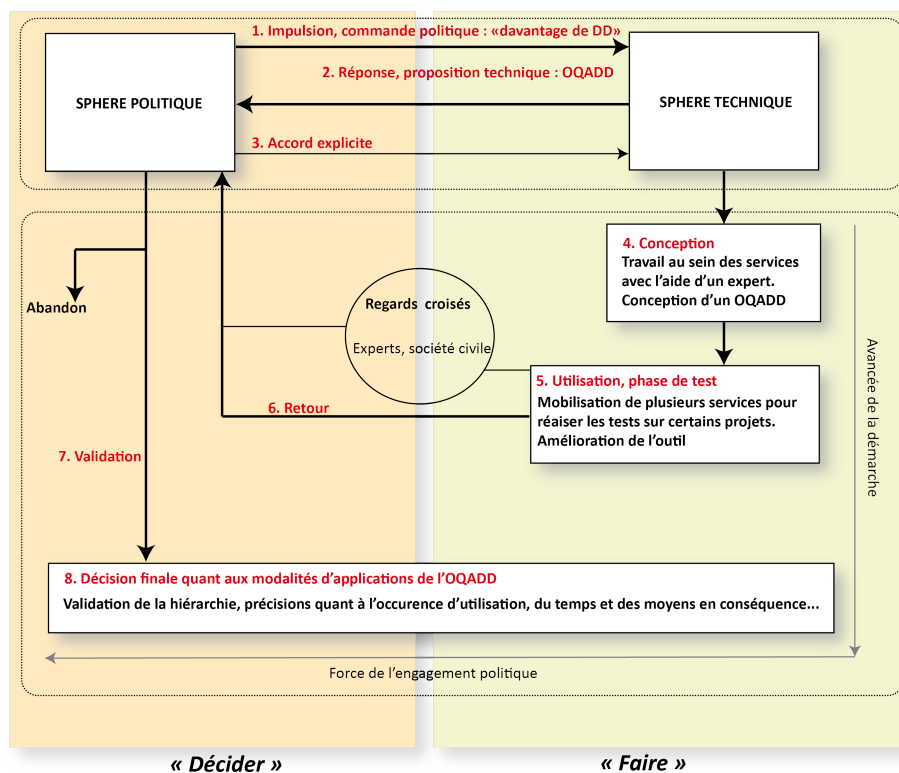


nable, suscitant certaines réserves de l'auteur comme nous allons le voir plus loin. D'autre part, les OQADD sont rarement présentés dans leurs intitulés comme des outils d'évaluation proprement dite : ce terme n'apparaît que dans neuf pour cent des cas, contre quarante-cinq pour cent faisant référence à l'analyse et vingt-et-un pour cent à la lecture. Ces outils servent donc principalement à interroger, questionner et mettre en perspective des projets et des politiques par rapport aux principes du développement durable, sans pouvoir aller beaucoup plus loin. Cela amène l'auteur à conclure que les OQADD ne sont « ni tout à fait des objets d'évaluation, ni tout à fait des outils d'aide à la décision, ni encore vraiment des instruments d'analyse multicritère... Et dans le même temps, force est de constater qu'ils sont un peu tout cela à la fois ». Nous voyons bien ici une volonté de développer un outil destiné à envisager une analyse globale d'un projet de politique d'aménagement, qui tend à implémenter les principes du développement durable dans l'élaboration des projets. L'approche méthodologique se rapproche de la démarche de l'analyse multicritère sans toutefois pouvoir mettre en application l'ensemble des principes théoriques de celle-ci. Nous disposons ainsi, avec cet exemple, d'un premier élément de réponse aux défis méthodologiques et théoriques mis en évidence dans cette première partie, avec ses apports et ses limites.

2.3.2.3 Apports et limites

Le principal apport des OQADD nous semble être celui de fournir un cadre de réflexion permettant l'implémentation des impératifs liés au développement durable au sein d'un processus de décision. Au regard des problèmes soulevés jusqu'ici tels que la recherche d'une bonne gouvernance au moyen d'une meilleure coordination des différents acteurs d'un projet, dans le cadre de l'exigence de politiques « durables », l'élaboration d'un OQADD dans une collectivité permet de favoriser les interactions entre les preneurs de décision et les acteurs techniques d'un projet. Le schéma d'A. Boutaud, représenté dans la figure 2.5, illustre bien ces interactions

FIGURE 2.5 – Déroulement chronologique d'une « démarche type » de conception d'un OQADD : de l'outil technique à l'engagement politique, d'après Boutaud, 2005.



entre ce qu'il nomme la sphère technique et la sphère politique, tout au long d'un processus chronologique correspondant à l'avancement de l'élaboration de l'OQADD que l'auteur résume en quatre grandes étapes :

1. L'impulsion politique née de la volonté des élus d'inscrire le développement

durable dans leur projets politiques, ceux-ci pouvant d'ailleurs être assez flous.

2. Transfert de la question du développement durable dans les services techniques, formalisation du concept à travers des outils : OQADD.
3. Validation des outils, testés et conçus dans la sphère technique, par la hiérarchie politique, pour être pérennisés. Cette étape rencontre souvent des blocages, techniques (complexité de mise en oeuvre concrète) et politiques (peur d'être jugés, de provoquer des conflits, de remettre en cause des projets *etc.*)
4. Intégration de l'OQADD dans les pratiques de la collectivité ou abandon du projet.

Il démontre bien l'importance croissante du rôle des décideurs politiques au fur et à mesure que l'on avance dans la construction de l'OQADD : sans portage politique fort, le projet peut être abandonné. Nous retrouvons d'ailleurs toujours présent ici le problème soulevé dans le 2.2 quant à la réticence des décideurs vis-à-vis de l'évaluation des politiques publiques... Au final, nous disposons ici d'un cadre conceptuel qui peut servir de base à l'élaboration d'un plan d'organisation destiné à mettre en oeuvre meilleure gouvernance, en faisant interagir en bonne intelligence la sphère technique et la sphère politique, à condition que cette dernière ne bloque pas le processus par frilosité ou mauvaise volonté.

D'un point de vue méthodologique, l'exemple de l'OQADD nous permet d'identifier à la fois l'intérêt du principe d'une approche d'évaluation multicritère pour la conduite d'une politique de développement durable, tout en voyant les difficultés de mise en oeuvre concrètes de cette approche très théorique. De plus, la question de l'agrégation des différents critères dans un but de clarification et de synthèse est un problème capital identifié ici. En effet, nous l'avons souligné plus haut, l'agrégation suppose logiquement une pondération de ces différents critères, selon l'importance qu'on leur accorde. Cela pose la question du poids respectifs accordé à chacune des trois sphères du développement durable, ainsi qu'aux différents éléments qui les composent. Poids égal ou hiérarchisation ? A. Boutaud identifie ici un débat prégnant dans les réflexions relatives à la construction de ces grilles d'analyses. Un débat auquel nous n'échapperons évidemment pas dans notre travail, comme nous pourrons le voir dans la seconde partie.

Si une méthodologie de type OQADD nous fournit ainsi des avancées intéressantes, notamment en matière d'appropriation collective d'un projet de développement durable par les acteurs d'un territoire, il nous semble important de prolonger la réflexion en vue de répondre à notre problématique de bonne gouvernance. En effet, il apparaît que ces outils sont souvent rendus opérationnels en aval des décisions stratégiques²², n'infléchissent ainsi que rarement les logiques mêmes des orientations générales du développement des territoires, des décisions les plus en amont (Villalba *et al.*, 2005). Il conviendrait donc, en s'inspirant du processus identifié dans la figure 2.5, d'envisager un cadre de réflexion plus vaste, tant d'un point de vue temporel, ce qui permettrait d'inscrire les impératifs de durabilité plus en amont du processus de décision, que d'un point de vue des acteurs impliqués. En particulier, la place des chercheurs, à travers la modélisation, doit pouvoir trouver sa place dans les interactions entre décideurs et techniciens. D'un outil technique tel que l'OQADD, cantonné dans une collectivité, servant parfois de rustine pour apporter une caution durable à un projet politique, **il nous paraît important de réfléchir à l'élaboration d'un plan de gouvernance qui permette d'encadrer l'ensemble d'un processus de planification durable, en y intégrant une méthodologie qui permette une évaluation et une analyse du territoire par la modélisation.**

Nos réflexions s'orientent ainsi vers la mise en place d'une méthodologie destinée à répondre aux questionnements identifiés plus haut : permettre une meilleure opérationnalité des modèles d'aménagement du territoire, en fournissant des données plus lisibles et plus adaptées au territoire étudié, tout en permettant l'intégration de ces travaux de modélisation au sein d'un processus cohérent faisant interagir en bonne intelligence acteurs, décideurs, experts et scientifiques. Ainsi, ce n'est pas l'intégration d'une complexe analyse multicritère qui va concentrer notre attention. Avant d'envisager la multitude d'actions possibles pour aménager l'espace, il s'agit d'évaluer la durabilité de cet espace à l'aide d'un support géographique, en agrégeant et synthétisant de nombreuses données de manière à fournir aux décideurs un outil permettant de guider leurs orientations stratégiques.

22. Boutaud (2005) donne l'exemple suivant : création d'une autoroute « durable » (intégration paysagère) au lieu de développer le rail (la priorité n'étant pas affichée dans le contrat de plan, les crédits ne sont pas prévus en amont et restent majoritairement alloués à la route : on change le pansement en aval, faute d'avoir penser le changement en amont).

Conclusion du chapitre 2

Ce chapitre nous a ainsi permis d'identifier les principaux enjeux qui se font jour pour tenter d'organiser, d'améliorer, de conforter la prise de décision en aménagement du territoire. Si le développement de l'évaluation permet aujourd'hui de pouvoir dresser un riche état des lieux des territoires, si la modélisation offre de grandes perspectives pour anticiper les effets d'une politique d'aménagement, nous voyons bien que différents écueils subsistent et interrogent. D'abord, la nécessaire articulation du global et du local : nous avons pu mettre en évidence le besoin, selon nous, de concilier une approche normative globale pouvant se décliner en autant d'approches locales adaptées aux spécificités de chaque territoire. Dans cette optique, la dimension collaborative organisant une implication harmonieuse de tous les acteurs d'un territoire prend toute son importance. Parmi ces acteurs, les chercheurs, scientifiques, modélisateurs doivent pouvoir occuper la place qui est la leur en produisant des outils de modélisation pouvant bien s'adapter aux réalités du terrain. Cet enjeu est aujourd'hui loin d'être évident en raison de la complexité des outils de simulation et la difficulté de les insérer dans un processus de décision. A l'aune de ce constat, il nous paraît important d'orienter nos travaux vers la recherche d'une méthodologie d'évaluation du territoire qui puisse concilier la rigueur scientifique, l'opérationnalité d'application et la facilité de compréhension.

Conclusion de la première partie

A l'issue de cette première partie durant laquelle nous nous sommes efforcés d'offrir une vision d'ensemble, critique, sur les enjeux relatifs à l'insertion du développement durable dans l'aménagement, nous pensons pouvoir tirer des conclusions quant aux impératifs qui se dégagent de cet état des lieux. Il nous semble avoir identifié trois grands écueils, étroitement imbriqués :

1. La difficulté de s'accorder sur la définition d'une politique « durable ». Les différences d'approches, notamment entre l'approche anthropo-centrée voire économiciste (durabilité faible) et l'approche éco-centrée (durabilité forte) font en réalité apparaître de fortes fractures, voire même des clivages antagonistes au sein de ce qui semble pourtant devoir être un concept consensuel. A rassembler trop large, le développement durable, finalement, fracture en son sein.
2. La difficulté de la « gouvernance ». Là aussi, ce terme trop consensuel apparaît en définitive comme vide de sens et de fondement. Les grands espoirs de démocratisation et de transparence qui ont accompagné les exigences de durabilité du sommet de Rio ont vite montré leurs limites, accentuées par la difficulté précédente relative à la définition d'une politique durable. En réalité, l'enjeu est de repenser le processus de décision, en collant au plus près des réalités des territoires et des acteurs locaux.
3. La difficulté de mise en application des outils destinés à aider ce processus de décision. Si la modélisation semble pouvoir offrir de grandes opportunités aux politiques d'aménagement du territoire, il convient d'une part d'améliorer l'opérationnalité des modèles en les rendant plus compréhensibles et de fait plus abordables pour la société civile, et ainsi, d'autre part, de permettre l'ébauche de procédés méthodologiques mieux organisés et mieux insérés dans la globalité d'un processus de décision.

Cet état des lieux va donc nous conduire, dans une deuxième partie, à une réflexion sur les éléments concrets permettant de répondre le mieux possible à ces difficultés.

Deuxième partie

Évaluer et modéliser

l'aménagement : état de l'art et
proposition méthodologique

Puisque ces mystères me dépassent,
feignons d'en être l'organisateur.

Jean Cocteau

Au vu des enjeux soulevés dans la première partie, nous allons à présent nous pencher sur l'aspect méthodologique de la démarche d'évaluation et de modélisation en aménagement. En gardant toujours à l'esprit la difficulté d'appréhension du concept de développement durable, nous nous attacherons à étudier les méthodes concrètes de l'évaluation de la durabilité d'un territoire et de proposer une solution la mieux appropriée face aux exigences soulevées en conclusion de la partie 1. Ainsi, si cette deuxième partie est fortement concentrée sur les aspects « techniques », elle n'en demeure pas moins imprégnée d'une réflexion relative à la définition de ce que doit être un territoire durable, et à la nécessaire amélioration de l'insertion des travaux de modélisation dans le processus de décision.

La question centrale est celle du support de l'évaluation du territoire. Comment évaluer la performance d'un espace dans chacun des vastes champs relatifs aux problématiques du développement durable ? Nous avons vu que celui-ci s'organise généralement en trois sphères (économiques, sociales et environnementales). Ces sphères, c'est le moins que l'on puisse dire, embrassent de vastes domaines aussi divers que variés. Accessibilité aux activités urbaines nécessaires au fonctionnement économique d'un territoire, efficacité des réseaux de transports, problèmes environnementaux et nuisances dûes aux activités, besoin de cohésion sociale, accès pour tous aux services publics. A travers ces quelques exemples (loin d'être exhaustifs), nous pouvons voir la diversité et, sans exagérer, l'immensité des domaines concernés. Dès lors, comment fournir concrètement une évaluation de chacun de ces paramètres ? C'est à cette question qu'est consacré le chapitre 3. La réponse est fournie aujourd'hui par le recours aux indicateurs. Les recherches en matière d'évaluation pour l'aménagement des deux dernières décennies se caractérisent par une prolifération d'indicateurs sectoriels. Dans ce chapitre, il nous paraît important de revenir sur la définition de l'*indicateur*, puis d'envisager la manière de produire des données synthétiques permettant une analyse globale, rendue difficile aujourd'hui par ce phénomène de prolifération. Pour satisfaire à cet objectif, le chapitre 4 s'attache à présenter un processus méthodologique visant à produire des données synthétiques, lisibles et exploitables par les décideurs. Cela toujours dans l'optique de travailler à une meilleure insertion de la modélisation dans le processus de décision, lequel doit

II. Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique

plus généralement permettre de mieux penser l'implication des différents acteurs de l'aménagement pour rendre celui-ci le plus acceptable et le plus équilibré possible.

Chapitre 3

Les indicateurs : des outils incontournables

L'indicateur est en effet l'outil incontournable de ce travail de thèse, sur lequel va s'appuyer tout notre travail de réflexion méthodologique. Il n'est donc pas inutile d'y consacrer un chapitre entier. Celui-ci va d'abord s'appliquer à cerner la définition, complexe, de cette notion et d'identifier les origines de son développement. Nous allons voir que ces origines sont étroitement liées avec le concept de développement durable et l'essor de l'évaluation dont nous avons traité dans la partie 1. Nous aborderons ensuite l'enjeu principal qui est celui de la synthétisation des données, par un état de l'art et par un recul critique sur ces méthodes de synthétisation. Cela nous permettra ensuite de tenter d'en déduire les pistes pouvant conduire à une meilleure conception de données produisant des informations d'évaluation et d'analyse globale d'un territoire.

3.1 Une approche théorique complexe

En premier lieu, revenons sur la définition de ce que constitue un indicateur. En effet, dans le cadre de l'évaluation des politiques publiques et de l'aide à la décision évoquée dans la première partie, le recours aux indicateurs constitue un élément essentiel. Ainsi, l'agenda 21 défini lors du sommet de Rio incitait clairement à « *élaborer des indicateurs de développement durable afin qu'ils constituent une base utile pour la prise de décision à tous les niveaux* ». Si nous avons pu voir, en première partie, que bien des recommandations du sommet de Rio avaient eu beaucoup de difficultés à être suivies d'effets, nous constatons en revanche qu'en matière d'indicateurs, le résultat a sans doute dépassé les espérances. En 2008, il

était recensé plus de 1200 référentiels relatifs au développement durable (Dahl, 2008 ; Boutaud, 2010). L'évaluation des différents territoires par de multiples indicateurs est ainsi devenue monnaie courante.

3.1.1 Définition et élaboration

3.1.1.1 Un outil de simplification

Il est relativement difficile de trouver une définition précise de ce qu'est un indicateur. En guise d'entrée en matière, nous pourrions citer l'analyse originale qu'en fait Hartmut Bossel (Bossel, 1999) : « *Nous vivons par ces indicateurs. Un sourire signale la convivialité ; un ciel gris, une possible pluie ; un feu rouge, un danger de collision ; les aiguilles d'une montre, le temps qui s'écoule ; une température corporelle élevée, la maladie ; la hausse du chômage, des troubles sociaux. Du plus complexe petit monde dans lequel chacun de nous vit, nous devons regarder ces indicateurs. Si nous voulons évaluer ce que nous faisons en tant qu'individus ou en tant que société, nous devons examiner les indicateurs pertinents qui fournissent les informations sur les développements actuels et futurs possibles. **Les indicateurs résument l'information complexe de la valeur à l'observateur. Les indicateurs sont notre lien vers le monde. Ils condensent son énorme complexité à une quantité gérable d'informations significatives, à un petit sous-ensemble d'observations informant nos décisions et dirigeant nos actions** ».*

Il s'agit ainsi de pouvoir comprendre la complexité du monde qui nous entoure, ses dynamiques, ses structures à travers une information traitée et simplifiée. Ainsi, de quoi est constitué, concrètement, un indicateur ? Il ne peut être constitué que d'un chiffre ou d'une donnée brute, car son but est précisément de rendre lisible et interprétable des informations, le plus souvent chiffrées, pour pouvoir évaluer et interpréter un phénomène. Prenons un exemple courant et souvent percutant dans le grand public : les chiffres du chômage. Le chiffre lui-même est une donnée brute. Lorsqu'il est ensuite traité et analysé en fonction de son augmentation ou de sa diminution, il devient un indicateur de performance économique du territoire observé [?]. Deux choses ont été nécessaires pour la production de cet indicateur :

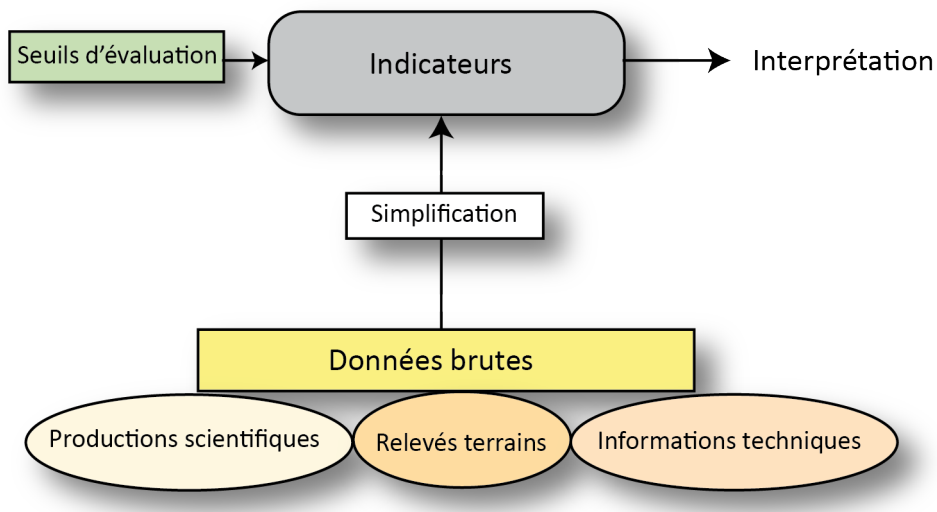
- sa transformation d'un chiffre brut en donnée quantitative compréhensible, normalisée (le plus souvent en pourcentage, dans l'exemple ici donné)
- sa mise en perspective en fonction des caractéristiques propres au territoire

observé (ici, l'évolution du taux de chômage par rapport à une situation antérieure qui permet une comparaison et donc de tirer des conclusions).

En résumé, nous pouvons donc dire qu'un indicateur est le produit d'une *construction* (Boutaud, 2010). Cette construction s'appuie sur une « matière première », le plus souvent constituée de données chiffrées produites et agencées selon des règles de construction précises généralement issues de consensus scientifiques ou techniques, transformées dans le but d'en faire une information lisible et explicative d'un phénomène ou d'un concept étudié. Pour permettre cette explication, cette *évaluation*, il faut si possible que cet indicateur puisse décrire la situation en fonction d'un seuil faisant porter un jugement de valeur sur ce phénomène étudié. Pour en revenir à l'exemple du taux de chômage, les experts et/ou décideurs exploitant cet indicateur peuvent définir un seuil chiffré au delà duquel la performance sera jugée mauvaise (Figure 3.1. La définition de ces seuils variant évidemment selon les caractéristiques de chaque territoire, nous aurons l'occasion d'y revenir.

Ainsi, l'indicateur permet plusieurs actions, plusieurs observations. En effet, il peut

FIGURE 3.1 – *La production d'indicateurs*



à la fois donner des informations quantitatives structurelles et évolutives sur le sujet observé. Ces différentes informations vont permettre aux décideurs d'avoir un état des lieux (informations structurelles) concernant le phénomène observé, ainsi qu'une mise en perspective tendancielle (évolution mesurée) en fonction du contexte et des caractéristiques du sujet observé (seuils). Ces informations permettront ainsi aux preneurs de décisions d'orienter leurs actions en fonction des objectifs fixés. Ainsi,

un indicateur se révèle être un moyen d'évaluer puis d'orienter les politiques publiques. Au regard des éléments exposés dans la première partie, il s'agit donc d'un outil fondamental sur lequel s'appuyer pour permettre l'analyse d'un territoire en fonction de ses spécificités. De plus, au-delà de l'information proprement dite qu'il délivre, l'indicateur va également se révéler, *in fine*, un outil de communication à l'égard des élus et/ou du grand public : la simplification des données brutes, la lisibilité qu'il donne à un phénomène va le rendre utile à celui qui l'exploite en fonction de son public cible. Les experts vont pouvoir l'utiliser pour mettre en lumière un phénomène complexe auprès des décideurs. Ceux-ci peuvent également, à leur tour, exploiter un indicateur à des fins de communication politique à l'attention du grand public pour justifier leurs choix. Bref, un indicateur est la traduction d'un phénomène ou d'un concept sous une forme le plus souvent quantitative (Boutaud, 2010), de manière à en apporter une analyse à la fois simplifiée et rigoureuse. Il est à la fois un outil de mesure et de communication.

Le recours aux indicateurs va donc être de plus en plus fréquent dans un contexte, nous l'avons vu, où l'évaluation des politiques publiques va gagner en importance. Cela pose la question des objectifs assignés aux indicateurs auxquels on recourt. L'un des apports d'un indicateur est de mesurer l'évolution d'un phénomène en fonction d'un seuil, c'est à dire d'un jugement subjectif à partir duquel la tendance va être interprétée en fonction des objectifs initiaux. Dans le monde actuel, nous allons ainsi voir fréquemment apparaître la notion de « performance », qui sera souvent rattachée à l'outil indicateur. Celui-ci se doit de mesurer la *performance* d'une économie, d'une entreprise, d'un territoire... Nous avons ainsi pu voir se développer de nombreux « indicateurs de performances », notamment dans le monde de l'entreprise¹. Le développement des indicateurs s'inscrit ainsi dans un contexte d'une rationalisation des politiques et des décisions publiques. Toutefois, l'indicateur ne saurait être réduit à une seule dimension comptable. Son utilisation est actuellement répandue dans la plupart des domaines de l'action publique et la mesure des performances qu'il permet embrasse aussi bien le spectre économique que d'autres champs et notamment le domaine environnemental, comme nous allons le voir. Répétons-le, la production en elle-même d'un indicateur va dépendre de l'objectif assigné par le décideur. La *performance* mesurée par l'indicateur sera ainsi une analyse quantita-

1. Cette logique « rentabiliste » souvent associée, à l'origine, aux indicateurs sera évidemment critiquée, certains voyant le recours massif aux indicateurs « de performance » comme la conséquence d'une marchandisation du monde et notamment des politiques publiques (Guillaume, 2009)

tive rigoureuse mais subjective, en ce sens qu'elle est conditionnée à la perception qu'en a son commanditaire.

3.1.1.2 Territorialisation des indicateurs

Dès lors, de quel commanditaire parle-t-on ? Traiter de l'élaboration des indicateurs invite évidemment à se poser la question de l'entité sur laquelle il vont s'appliquer. Ils permettent d'établir un diagnostic sur une situation donnée, spatiale (sur un territoire observé) ou temporelle (évolution d'un phénomène sur une durée déterminée). Dans le domaine qui nous intéresse, celui du développement durable, il apparaît assez évident que le recours aux indicateurs et aux informations que ceux-ci produisent va impliquer une analyse ancrée dans l'espace. La durabilité, nous l'avons vu, embrasse de vastes thématiques relatives aux enjeux environnementaux et socio-économiques. Ainsi, si l'évolution d'un phénomène dans le temps est indispensable à l'évaluation de la durabilité, cette évaluation nécessite l'observation d'un ou des territoires. C'est sur ce territoire observé que vont pouvoir être évaluées les différentes actions menées pour satisfaire aux objectifs du développement durable. De plus, nous avons vu en première partie que les réflexions issues des différents sommets de la Terre insistaient sur le développement de la démocratie participative, c'est à dire l'implication accrue des acteurs, citoyens et décideurs. Cela invite logiquement à décentraliser les modes de décisions en territorialisant les actions au plus près des acteurs de terrain. Dans cet esprit, l'élaboration d'indicateurs va devoir s'appuyer sur des observations de terrain. De cette manière pourront être mis en place des indicateurs capables de prendre en compte les réalités et spécificités concrètes d'un secteur étudié, tout en permettant l'élaboration d'une information plus générale, capable de fournir un outil adapté aux spécificités communes d'un même type de territoire (par exemple des indicateurs spécifiques aux milieux urbains). Cette territorialisation de la production d'indicateurs va de fait s'appuyer sur les acteurs locaux, et notamment les acteurs publics.

A ce titre, les collectivités locales sont aujourd'hui fortement impliquées dans la demande et l'élaboration d'indicateurs territoriaux afin que ceux-ci leur fournissent les informations nécessaires au diagnostic territorial et aux prises de décisions en découlant face aux impératifs du développement durable. Cela leur permet de remplir le rôle moteur leur ayant été assigné lors du sommet de Rio : « *Ce sont les collectivités locales qui construisent, surveillent les processus de planification, qui fixent les*

orientations et la réglementation locales en matière d'environnement et qui apportent leur concours à l'application des politiques environnementales adoptées à l'échelon national ou infranational. Elles jouent au niveau administratif le plus proche de la population, un rôle essentiel dans l'éducation, la mobilisation et la prise en compte des vues du public en faveur du développement durable » (extrait du Programme des Nations-Unies pour l'Environnement, Action 21, chapitre 28, 1992). Cette approche territorialisée implique de ce fait de porter sur cet espace la réflexion relative à la conception des indicateurs. **Les indicateurs territorialisés du développement durable sont ainsi tenus de rassembler toutes les informations nécessaires à la connaissance et à la gouvernance d'un territoire dans une perspective de durabilité économique, sociale et environnementale** (Decamp et Vicard, 2010). Cette source d'information pour les politiques relatives au développement durable va faire des indicateurs des outils cruciaux mais pour le moins difficiles à appréhender pour satisfaire à l'exigence d'une information globale et lisible.

3.1.2 Enjeux pour le développement durable

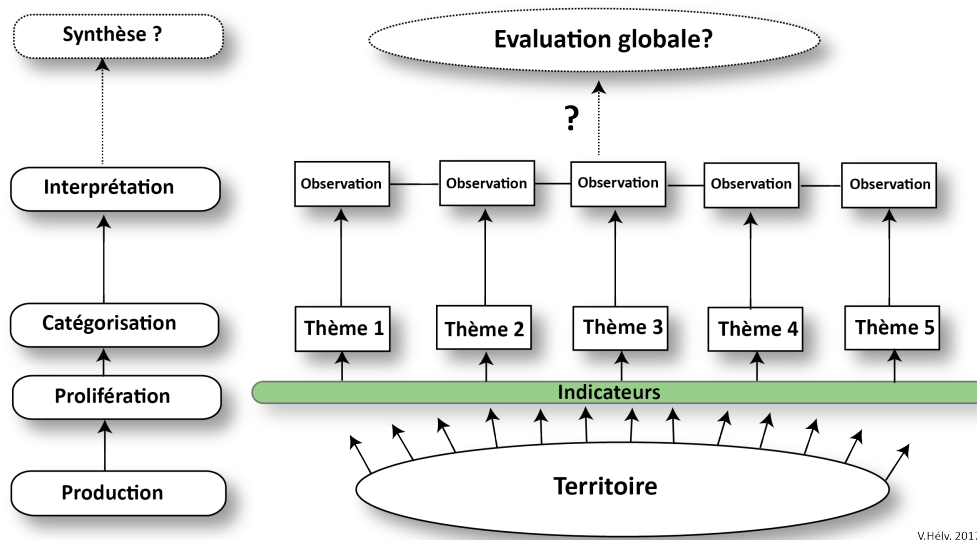
Les vastes domaines concernés par les problématiques inhérentes au développement durable induisent ainsi un vaste champ d'étude composé de nombreuses catégories dans lesquelles prolifèrent des indicateurs. Ces indicateurs de développement durable sont variés et de différents niveaux de complexité. Ils peuvent être définis comme devant « *à la fois renseigner, de manière objective (...) sur la nature des tendances structurants du développement mais aussi fixer des seuils écologiques, économiques et sociaux au-delà desquels le développement n'est plus jugé durable, apparaissant ainsi comme des signaux d'alertes qui appellent à des mesures de corrections des trajectoires de la part des institutions compétentes.* » (Verry et Nicolas, 2005). La question se pose alors de savoir comment synthétiser analyser globalement les informations qu'ils délivrent. En effet, les indicateurs permettant d'interpréter des données dans des secteurs très précis ne peuvent *a fortiori* pas permettre une lecture globale dont nous avons vu qu'elle était nécessaire à une évaluation de la durabilité d'un territoire. Il en ressort ainsi un besoin de synthèse pouvant se matérialiser sous différentes formes.

3.1.2.1 Hétérogénéité des approches

Un premier moyen de regrouper les informations consiste à regrouper les indicateurs dans différents ensembles englobant une thématique plus générale. Les

multiples indicateurs vont ainsi se voir regrouper en différentes catégories embrassant chacune un champ d'action relatif au développement durable. Nous pouvons citer en exemple la liste établie par l'ONU dans le cadre de l'agenda 21 découlant du sommet de Rio (voir encadré). Nous pouvons également citer, pour reprendre un exemple européen et français, le modèle FPEIR (Agence européenne de l'environnement, 2005 ; Bell and Morse, 2008 ; Boutaud, 2010), qui va dégager cinq champs thématiques dans lesquels vont être insérés de nombreux indicateurs : (1) Forces motrices : (activités économiques, démographie, consommation d'énergie, transports...) (2) Pression (pollutions organiques produites par différentes activités), (3) Etat (état du milieu naturel), (4) Impact (impact sur le milieu), (5) Réponse (évaluation des actions visant à résoudre le problème). Ces regroupements thématiques d'indicateurs, souvent présentés sous formes de tableaux, d'observatoires, permettent ainsi d'identifier de manière plutôt exhaustive l'ensemble des informations relatives au domaine traité. Mais le problème de la prolifération d'indicateurs reste entier : la classification thématique, si elle favorise une meilleure lisibilité, ne permet pas la production d'une donnée synthétique permettant une évaluation globale (figure 3.2)

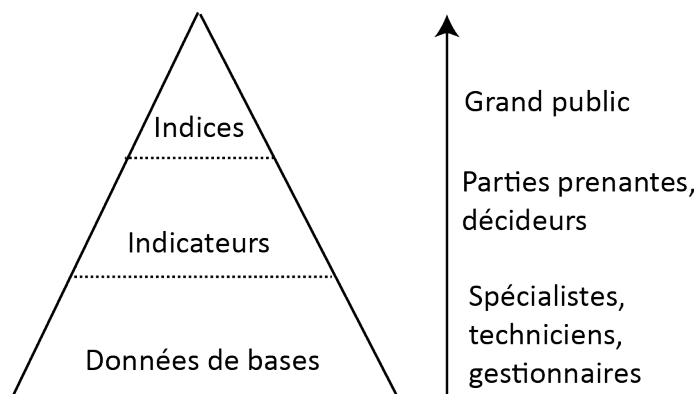
FIGURE 3.2 – *Les grilles d'indicateurs, des outils utiles mais qui manquent d'informations synthétiques*



Cette question se doit d'être traitée en envisageant la synthèse de l'information, c'est-à-dire la diminution du nombre d'informations fondues dans une information plus générale. Nous arrivons ici à la question, fondamentale, de l'agrégation d'indicateurs, pour produire des indicateurs *synthétiques*, c'est-à-dire le regroupement

en une seule donnée de plusieurs indicateurs basiques. Il s'agit donc d'agrèger et de normaliser une somme d'informations produites par différents indicateurs en indicateurs synthétiques qui vont ainsi réduire le nombre et la complexité des informations. D'un point de vue sémantique, il va souvent être évoqué le terme d'**indice**, que l'on peut définir comme « la formalisation d'un indicateur qui nécessite l'agrégation de plusieurs données ou variables en un indice unique » (Tanguay et *al.*, 2009). Les plus connus de ces indices sont par exemple les indices relatifs au développement humain, eux même synthétisés dans l'Indicateur de développement humain (IDH). De cette manière, il est permis d'analyser de manière globale et relativement exhaustive la situation d'un pays quant à son niveau de développement humain. Cette donnée produite est, par sa simplicité, facilement exploitable et compréhensible des décideurs et du grand public. C'est dans cet esprit que la perspective de développement d'indicateurs synthétiques de développement durable s'inscrit : il s'agit de pouvoir produire une information générale exhaustive et facilement exploitable pour évaluer et communiquer sur le niveau de durabilité d'un territoire ou d'une structure étudiée. Nous constatons généralement que plus le niveau d'agrégation est élevé, plus le public auquel s'adresse l'indicateur, ou indice, est vaste (figure 3.3). Nous

FIGURE 3.3 – *Typologie des indicateurs et publics privilégiés, d'après Boutaud, 2010*



pouvons soulever sur ce schéma plusieurs remarques sur ce que nous avons pu dire jusqu'ici quant à la question des outils adaptés à l'évaluation : nous avons vu dans le 2.1 que ceux-ci ne sont pas les mêmes selon que l'on travaille sur la production d'indicateurs spécifiques au territoire ou sur celle d'indicateurs à vocation « universelle » reproductibles. Nous voyons s'ajouter ici un paramètre supplémentaire : le niveau d'agrégation tend à définir le public concerné par l'indicateur. Il s'agit ainsi de savoir jongler entre une méthodologie normative générale et une approche collaborative territorialisée d'une part, puis, d'autre part de pouvoir produire des

indicateurs adaptés, par leur niveau d'agrégation, au public visé. Cela peut nous conduire, nous le verrons plus tard, à émettre des réserves sur ce schéma : le grand public ne peut-il être informé que par des indices globaux, sachant que ceux-ci ne sont pas forcément adaptés à une évaluation locale d'un territoire spécifique, ou doit-il être justement associé au processus d'agrégation de ces données pour produire des indicateurs synthétiques ayant une pertinence vis-à-vis des spécificités territoriales étudiées ? Nous reviendrons plus tard sur cette épineuse question. Pour l'heure il convient de nous arrêter un instant sur les débats techniques que peuvent susciter ces indices ou indicateurs synthétiques².

3.1.2.2 Indicateurs synthétiques : défenses et critiques

Le recours aux indicateurs synthétiques a ainsi tendance à se développer depuis deux décennies, en particulier dans le domaine du développement durable. Cette utilisation d'information agrégée suscite de ce fait de nombreux arguments en sa faveur, mais également un certain nombre de critiques.

Cette question des indicateurs synthétiques a fait l'objet de plusieurs rapports d'organisations internationales, notamment celui de l'OCDE, publié en 2008³. Ces études identifient les atouts et les limites du recours aux indicateurs synthétiques, qu'il nous semble important de reproduire ici.

Les *plus* apportés par les indicateurs synthétiques sont généralement les suivants :

- Ils peuvent être utilisés pour résumer des questions complexes ou multidimensionnelles en vue de soutenir les décideurs.
- Ils fournissent une vision globale. Ils peuvent être plus faciles à interpréter que d'essayer de trouver une tendance dans de nombreux indicateurs distincts.
- Ils permettent d'évaluer les Etats sur des questions complexes.
- Ils peuvent aider à attirer l'intérêt du public en fournissant un chiffre sommaire permettant de comparer les performances entre les pays et leurs progrès au fil du temps.

2. Nous préférons ici parler d'indicateurs synthétiques plutôt que d'indices, dès lors qu'il y a processus d'agrégation de données

3. OCDE, 2008 ; Handbook on constructing composite indicators : methodology and user guide

- Ils aident à réduire la taille d'une liste d'indicateurs ou d'inclure plus d'informations au sein de la limite de taille existante

Ces atouts, que nous avons pu identifier dans le paragraphe précédent, résident ainsi essentiellement dans la synthétisation et la lisibilité des informations, qui du même coup peut se heurter à certaines limites :

- Les indicateurs synthétiques peuvent envoyer des messages biaisés et trompeurs s'ils sont mal construits et mal interprétés.
- Cela peut induire des conclusions politiques simplistes voire manipulées si le processus de construction de l'indicateur synthétique manque de rigueur et de transparence : les indicateurs synthétiques doivent être utilisés en complément des sous-indicateurs pour tirer des conclusions politiques fiables.
- Ainsi, la construction d'indicateurs synthétiques implique des étapes où un jugement doit être fait : la sélection des sous-indicateurs, le choix du modèle, les indicateurs de pondération et le traitement des valeurs manquantes, *etc.* Ces jugements doivent être transparents et fondés sur des principes statistiques solides, pour éviter de faire l'objet de contestations.
- Les indicateurs synthétiques augmentent la quantité de données nécessaires parce que des données sont nécessaires pour tous les sous-indicateurs.

Les limites et questionnements identifiés ici quant au recours aux indicateurs synthétiques sont au coeur de la réflexion centrale de ce travail : **comment assurer un processus méthodologique rigoureux pour conduire à une analyse globale, et comment appuyer ce processus sur une démarche transparente et acceptable pour tous les acteurs et parties prenantes de l'aménagement du territoire ?**

Dans le rapport de l'OCDE, la conclusion à ce questionnement est que « *Les indicateurs synthétiques sont un peu comme des modèles mathématiques ou informatiques. En tant que telle, leur construction doit plus à l'artisanat du modélisateur qu'à des règles scientifiques universellement acceptées et codifiées. En ce qui concerne les modèles, la justification d'un indicateur composite réside dans son aptitude à la compréhension et l'acceptation de ceux à qui elle est adressée* (Rosen, 1991). » (OCDE,

2008). La question de l'agrégation des données occupe ainsi une place fondamentale dans ce débat sur la pertinence du recours aux indicateurs synthétiques. Et en particulier, quel niveau d'agrégation ? Deux écoles se distinguent (Sharpe, 2004 ; OCDE, 2008) :

1. L'école des agrégateurs : Ils pensent que le processus d'agrégation de différents indicateurs va permettre une production d'informations globales par un processus de type bottom-up, avec la création au final d'une donnée fiable, globalisante, et de surcroît exploitable à destination du grand public. **Ce processus d'agrégation peut connaître plusieurs étapes, agrégeant ainsi, au final, plusieurs indicateurs étant eux-même synthétiques.**
2. L'école des non-agrégateurs : eux pensent qu'il faut stopper le processus dès la première étape, c'est à dire dès qu'un premier ensemble d'indicateurs synthétiques a été créé. Leur principale objection à l'agrégation est qu'ils considèrent comme **arbitraire le processus de pondération par lequel les variables sont agrégées.**

Ce débat, qu'il semble difficile de trancher, met en lumière là aussi deux éléments majeurs de notre questionnement : celui des différentes étapes d'agrégation, pour aboutir à une information la plus globale possible. Ce processus est critiqué par la nécessité, à chaque étape d'agrégation, de recourir à une pondération des différents indicateurs agrégés, procédé inévitablement arbitraire, qui rejoint la question posée plus haut, relative à l'implication des acteurs d'un territoire dans ce processus. Les arguments avancés par ces deux écoles nous semblent avoir un égal degré de pertinence. Si nous choisissons de recourir à la méthodologie de l'agrégation en vue de produire une information permettant l'évaluation la plus globale possible, le problème de la méthode d'agrégation sera également primordial dans le développement de notre méthodologie.

En conclusion, nous pouvons ainsi dire que le recours aux indicateurs pour évaluer la durabilité des territoires, devenu incontournable dans le cadre des politiques liées au développement durable, se heurte à une prolifération d'indicateurs sectoriels. **Cela crée un fort besoin de synthétisation de cette masse de données, soulevant de nombreuses questions quant à la méthodologie d'agrégation de ces différentes données.** Il convient donc de dresser un état des lieux des méthodo-

logies mises en oeuvre jusqu'à présent dans le domaine du développement durable, pour tenter de créer une évaluation globale relative à la durabilité des politiques d'aménagement.

3.1.3 Comment synthétiser ?

Les travaux relatifs à l'élaboration d'une évaluation des performances en matière de développement durable consistent donc en l'élaboration de données synthétiques permettant une analyse globale et lisible. Nous allons ici dresser un rapide état des lieux des principaux travaux représentatifs de cette tendance.

3.1.3.1 Méthodologie générale

Pour commencer, il convient de se pencher sur le processus méthodologique général que l'on peut généralement observer dans la littérature quant à la construction d'indicateurs synthétiques, à partir de ce que nous avons vu dans le paragraphe 3.1.2.2. Là encore, nous pouvons nous appuyer sur les rapports internationaux tels celui de l'OCDE qui présente une méthodologie très théorique, nécessaire à la production d'indicateurs synthétiques. Ce document nous présente en effet un processus « idéal » découpé en dix étapes, qui doivent assurer une cohérence de l'ensemble. Ces étapes présentent des éléments méthodologiques pouvant être utilisés (OCDE, 2008) :

1. **Cadre théorique** : fournit la base pour la sélection et la combinaison de variables dans un indicateur synthétique représentatif. Il s'agit d'obtenir une compréhension claire du phénomène à mesurer, d'en déterminer, le cas échéant, les différents sous-groupes pour identifier les variables nécessaires à l'analyse.
2. **Sélection des données** : étape fondée sur la précision, la mesurabilité, la disponibilité et la pertinence des données à sélectionner dans l'espace étudié. L'intervention des experts et acteurs du territoire concerné est nécessaire à ce stade.
3. **Implémentation des données manquantes**, le cas échéant.

4. **L'analyse multivariée** : peut être utilisée pour étudier la structure globale de l'ensemble de données, d'évaluer sa pertinence, et ainsi orienter les choix méthodologiques ultérieurs (Par exemple, la pondération, l'agrégation).
5. **Normalisation** : doit être effectuée pour rendre les variables comparables.
6. **Pondération et agrégation** : sélectionner une pondération appropriée entre les indicateurs (choix arbitraire devant nécessiter le recours aux experts, décideurs, citoyens...), évaluer les compensations possibles...
7. **Analyse de sensibilité** : il peut y être recouru pour mesurer la fiabilité des indicateurs synthétiques. En fait, il s'agit surtout ici de comparer l'impact des variations obtenues selon les différents types de pondération ou d'agrégation choisis.
8. **Retour aux données** : Analyser en détail les résultats concernant les indicateurs synthétiques, pour en déduire, pour l'espace étudié, s'il s'agit de bonne ou mauvaise performance et ce qui a conduit à ce résultat.
9. **Comparaison avec d'autres indicateurs**. Cette étape est effectuée dans le cas d'études comparatives entre différents pays ou territoires.
10. **Visualisation des résultats** : Il s'agit ici d'une réflexion en matière de communication, pour la publication des résultats : quel type de représentation sera la plus parlante et la plus pertinente pour présenter les résultats obtenus et faire passer le message qui en découle ?

Nous avons ici un cadre théorique lourd et détaillé, que l'on peut présenter comme un socle méthodologique de référence. Il convient de souligner qu'en fonction du type de travail réalisé, du territoire, du périmètre étudié, et des moyens à disposition, toutes les étapes méthodologiques ne peuvent pas toujours être reprises dans le détail. La qualité finale des indicateurs synthétiques repose généralement à la fois sur la qualité des données de base et sur la qualité des procédures utilisées pour construire l'indicateur de synthèse final. Cette qualité peut être résumée en sept

point : (1) pertinence (2) précision (3) crédibilité (4) rapidité⁴ (5) accessibilité⁵ (6) interprétabilité (7) cohérence. En ce qui concerne la procédure de construction, nous pouvons trouver ici les principaux éléments à retenir et à utiliser lors d'un travail de synthétisation des informations. En particulier : **la normalisation, l'agrégation et la pondération**. Ces trois éléments méthodologiques généraux sont en effet incontournables pour la réalisation d'un travail visant à une évaluation globale des performances territoriales.

Dans le cadre du développement durable, la question des indicateurs synthétiques va correspondre au besoin d'une analyse englobant les différentes sphères généralement identifiées au développement durable. Nous avons pu voir en première partie les vastes champs que peut recouper le développement durable, ce qui renforce la difficulté de l'exercice. Si, comme nous l'avons vu dans le 3.1., le recours à des grilles d'indicateurs peut s'avérer pertinent afin de catégoriser les différents indicateurs et permettre la constitution d'ensembles cohérents, il reste maintenant à voir quelles sont les principales propositions méthodologiques qui, jusqu'à ce jour, ont pu être présentées pour tendre vers des indicateurs globaux permettant une évaluation générale des territoires et des déséquilibres pouvant y apparaître.

3.1.3.2 Indicateurs synthétiques et développement durable

Recentrons nous maintenant sur le domaine qui nous intéresse ici, celui du développement durable. A Rio+20, le recours aux indicateurs synthétiques (IS) est devenu largement répandu, et a permis de faire émerger plusieurs catégories d'IS, bien que, nous allons le voir, le problème de la cohérence de l'ensemble reste largement posé. Durant la décennie 1990, il a en effet été recherché le moyen d'analyser le développement d'un territoire autrement que par la mesure classique de sa richesse produite, en valeur marchande, mesurée par le *Produit intérieur brut* (PIB). La prise en compte de facteurs humains, sociaux et environnementaux, dans l'esprit du rapport Bruntland, va amener à réfléchir à la création d'autres indicateurs globaux de prise en compte du bien être (recherche de « l'alternative au PIB », (Viveret, 2003 ; Lazzeri, 2006 ; Boutaud, 2010). Comme dit, les exigences sociales et environnementales vont être sérieusement prises en considération, à côté des performances

4. C'est à dire rapidité d'acquisition des données et faible distance temporelle entre l'évènement qu'elle décrivent et leur exploitation

5. Accessibilité aux données de bases, accès facile à des données de qualité et facilement interprétables

économiques identifiées dans des indicateurs de type PIB. Ainsi, nous allons voir apparaître des indicateurs synthétiques (IS) à différentes échelles (Lazzeri et Planque, 2007) :

- des indicateurs nationaux comme le « Baromètre des inégalités et de la pauvreté » (BIP 40) en France ou le « *Measure of Domestic Progress* pour la Grande Bretagne ».
- des indicateurs utilisés pour quelques pays ou pour un groupe de pays considérés comme homogènes selon un critère prédéfini (*Indice of economic well-being*).
- des indicateurs à vocation internationale, c'est-à-dire construits dans l'objectif de disposer d'une mesure unifiée du bien-être à l'échelle mondiale comme l'Indicateur de développement humain et de pauvreté humaine du Pnud⁶ (IDH).

Toutefois, ces indicateurs très généraux de mesure de la durabilité et du bien-être vont rarement trouver preneur pour une institutionnalisation en bonne et dûe forme, à l'exception de l'indicateur de développement humain (IDH). **En cause : l'absence de consensus sur un critère universel de mesure de la durabilité.** Nous voyons ainsi la difficulté d'exploitation d'indicateurs synthétiques dans le cadre d'une vision d'ensemble. En revanche, des indicateurs synthétiques peuvent connaître plus de succès lorsque l'on isole les différents segments du développement durable.

Le domaine environnemental a notamment été le théâtre de production de nombreux indicateurs, parmi lesquels plusieurs indicateurs synthétiques aujourd'hui largement répandus chez les acteurs publics (Boutaud, 2010). Nous pouvons citer, entre autres :

- **l'empreinte écologique**, qui mesure la surface biologique moyenne nécessaire devant être mobilisée pour la consommation de chaque individu sur le territoire. C'est à partir de cet indicateur que l'on peut par exemple évaluer la nécessité d'avoir recours à sept planètes Terre si chaque chinois avait le niveau de consommation des Etats-Unis. Utile comme outil de communication, cet indicateur présente cependant des difficultés d'appropriation par les collectivités, notamment en raison du manque de données locales.

6. Programme des Nations Unies pour le Développement

- **le bilan carbone**, qui permet de mesurer les émissions de gaz à effet de serre (GES) en agréant de multiples données relatives aux émissions de GES au sein d'un territoire, et qui s'exprime en bilan carbone. Elaboré par l'ADEME, cet indicateur s'est rapidement institutionnalisé auprès des acteurs publics.

Nous avons ici l'exemple de deux types d'indicateurs synthétiques largement répandus, le premier davantage comme outil de sensibilisation, le second avec un rôle plus institutionnel. Concernant les indicateurs relatifs aux enjeux socio-économiques, la principale difficulté va résider, là aussi, dans le fait de synthétiser l'information en agréant des données très hétérogènes (Boutaud, 2010)(taux de chômage, revenu moyen, répartition selon CSP *etc.*). Il est alors inévitable d'avoir recours à un processus de normalisation, de manière à définir un taux plancher et un plafond (échelle de 0 à 10 par exemple) pour que chaque variable puisse être mesurée de la même manière après normalisation. Boutaud (2010) identifie deux types de normalisation : (1) la normalisation territoriale, basée sur les valeurs minimales et maximales observées parmi les territoires étudiés, et (2) la normalisation temporelle, s'appuyant ici sur les valeurs plancher et plafond observées sur un territoire au cours d'une période donnée.

Les principales difficultés dans la production de ces différents indicateurs synthétiques sont d'une part, de trouver un référentiel commun entre les différents territoires et les différentes strates infra-territoriales, et d'autre part, la nécessité de pouvoir élaborer, avec ces différents indicateurs synthétiques, une information globale, synthétisant elle-même les informations de manière à identifier des potentiels déséquilibres menaçant la durabilité globale d'un territoire. Nous l'avons dit, le recours à des grilles d'indicateurs reste nettement répandu et vu comme une complémentarité aux indicateurs synthétiques. Cela nous renvoie au problème de l'hétérogénéité des pratiques dont nous avons parlé plus haut.

Pour conclure cette partie, nous ne pouvons que souligner combien est complexe la réflexion relative à la production d'indicateurs dans le domaine du développement durable. Cela n'est d'ailleurs pas une surprise, ayant relevé dans le premier chapitre le flou conceptuel sur lequel s'appuie le développement durable. Dès lors, il n'est pas étonnant que ce flou rende difficile la classification catégorielle des multiples indicateurs ainsi que leur synthétisation en des référentiels communs. Pour autant, le recours à ces indicateurs demeure essentiel à la compréhension, l'analyse et la projection des impacts des politiques menées sur les différents territoires. La

construction de ces indicateurs, et notamment celle des indicateurs synthétiques, doit en outre permettre une meilleure appropriation des politiques publiques par les acteurs de terrain, pour coller au mieux aux réalités. **La principale difficulté réside dans l'agrégation des données, les choix de pondérations nécessairement arbitraires qui président à la production d'information globale sur la « performance » du territoire étudié.** C'est cette question de la synthétisation et de l'analyse globale qui a fait ces dernières années l'objet de nombreux travaux de recherche sur lesquels il convient de s'arrêter.

3.2 État des lieux méthodologique

Nous allons nous attacher, dans cette section, à faire un point concernant l'état des lieux méthodologique dans la manière d'évaluer la durabilité d'un territoire. La littérature étant particulièrement prolifique en la matière, il ne pourra évidemment s'agir de faire un état des lieux exhaustif et détaillé, mais plutôt d'avoir une vue d'ensemble sur les grands principes méthodologiques existants, à l'aune de ce que nous avons vu dans la section précédente, et d'en identifier une méthodologie fiable et crédible sur laquelle s'appuyer pour développer notre travail.

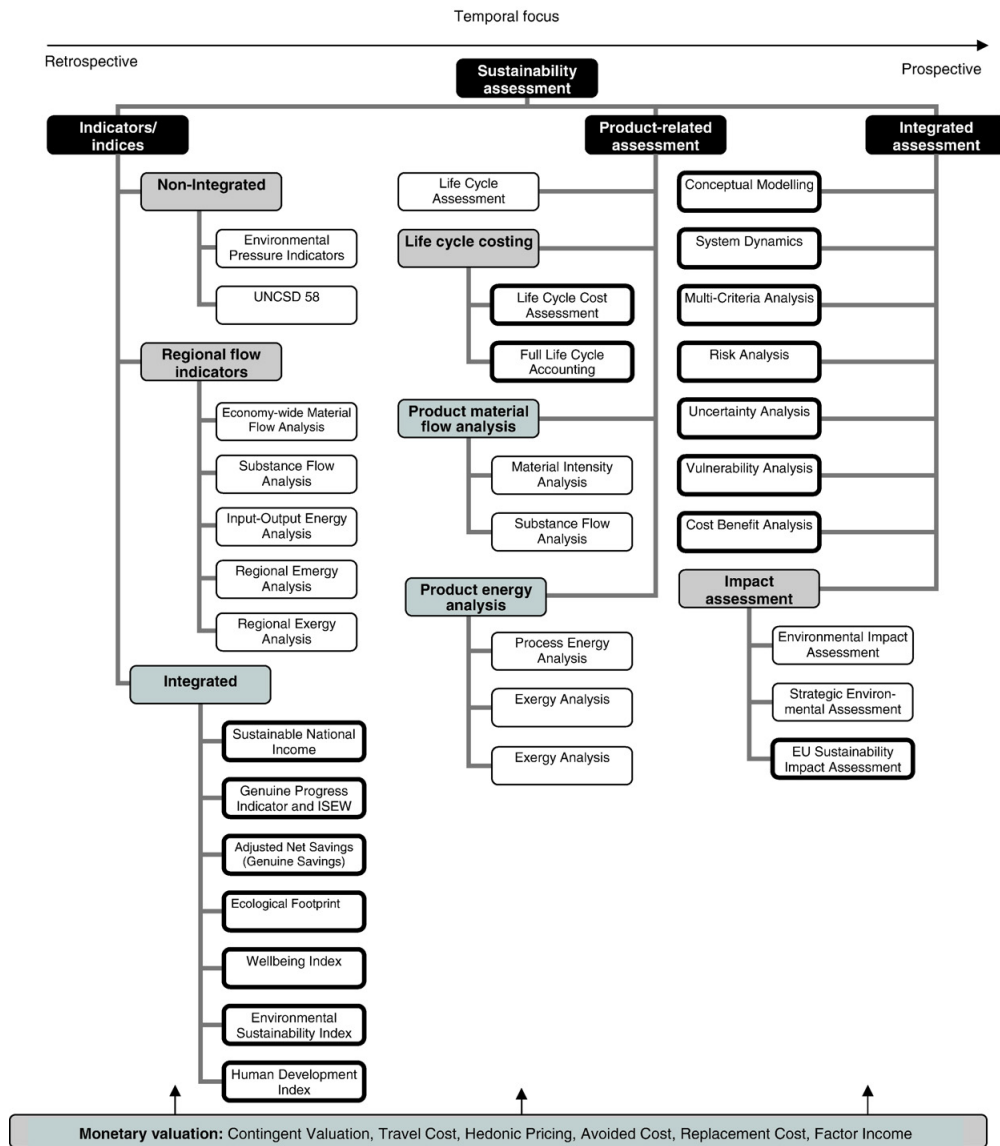
3.2.1 Complexité des ensembles d'indicateurs

Dans un premier temps, il nous paraît important de revenir sur les méthodes d'analyse d'un territoire par des ensembles d'indicateurs. Nous avons vu que ceux-ci pouvaient souffrir d'un manque de synthétisation et de lisibilité, mais il n'en demeure pas moins qu'ils constituent un élément essentiel de l'évaluation de la durabilité des territoires et qu'ils illustrent ainsi la prolifération évoquée plus haut. Il apparaît que les choix relatifs à la sélection des indicateurs et leur catégorisation s'avèrent extrêmement complexes. Il existe en effet de nombreuses méthodes d'évaluations de la durabilité des territoires qui ont en général une structuration particulièrement complexe. Des états de l'art ont déjà été réalisés en la matière (Ness *et al.*, 2007 ; Singh *et al.*, 2011 ; Bond *et al.*, 2011). Un ouvrage réalisé par Bell et Morse, publié en 1999 et réédité en 2008, possède un titre évocateur qui peut à lui seul résumer la difficulté de l'exercice : « Indicateurs de durabilité : Mesurer l'immesurable ? ».

3.2.1.1 Complexité des outils d'évaluation

La complexité des structures techniques visant à procéder à l'évaluation de la durabilité est bien représenté dans la figure 3.4, (Ness *et al.*, 2007).

FIGURE 3.4 – *Framework for sustainability assessment tools, d'après Ness et al., 2007*



Cette proposition de cadre méthodologique montre combien peut être vaste l'organisation méthodologique d'un processus d'évaluation. Nous pouvons y voir que les indicateurs sont une composante de ce processus, formant un ensemble étant lui-même découpé en plusieurs catégories. Il apparaît notamment une distinction entre indicateurs intégrés et non intégrés.

1. Les indicateurs non-intégrés sont identifiés comme des indicateurs généraux permettant de comparer différents territoires entre eux, notamment dans le cadre de programmes internationaux dans lesquels ils sont utilisés (par exemple, une soixantaine d'indicateurs utilisés par la CNUDD (Commission des Nations-Unies pour le Développement Durable). Il s'agit donc d'indicateurs globaux facilement exploitables dans divers territoires, mais conçus sans processus d'agrégation à partir de données du terrain.
2. Les indicateurs intégrés, eux, sont des indicateurs souvent issus d'agrégations de données (donc des indicateurs synthétiques), de type IDH comme nous avons pu le voir plus haut.

Nous retrouvons ici le clivage concernant la question de la synthèse et donc de l'agrégation des données. Entre les deux, des indicateurs analysant les flux observés dans divers domaines sur la région étudiée. Nous pouvons voir ainsi une possible complémentarité entre des ensembles d'indicateurs et une démarche de production d'indicateurs synthétiques, tout cela s'intégrant dans un processus d'évaluation générale visant à fournir une étude prospective d'une politique d'aménagement. La conclusion exposée dans l'article présentant ce schéma met l'accent sur **le besoin de complémentarité entre l'évaluation des performances spécifiques au site étudié et le besoin d'outils plus larges et standardisés** permettant leur utilisation sur différents territoires (Ness *et al.*, 2007). Nous retrouvons ici concrètement les questionnements soulevés dans le chapitre 2 : à travers la construction d'indicateurs et leur synthétisation, il s'agit de pouvoir répondre à cet enjeu de complémentarité.

3.2.1.2 La difficile simplification

Nous pouvons nous arrêter rapidement sur un ou deux exemples de méthodologies cherchant à mesurer la durabilité d'un territoire en se basant sur le recours à ces ensembles d'indicateurs. Celui donné par Tanguay *et al* (2009) est à ce sujet assez éclairant⁷. Il s'agit d'une méthodologie visant à mesurer la durabilité des espaces urbains à partir d'ensembles d'indicateurs sélectionnés dans les domaines touchant aux problématiques rencontrées en milieu urbain. A partir d'études de terrains dans différentes villes, un ensemble de 188 indicateurs a été sélectionné, en fonction des indicateurs les plus repris dans lesdites enquêtes. Là encore, il est souligné la difficulté

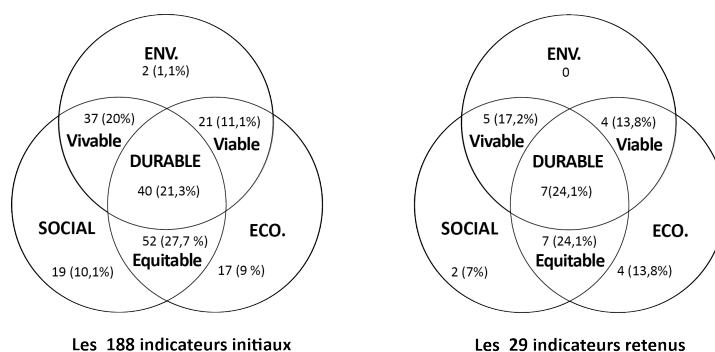
7. La méthode exposée ici est intitulée SuBSelec (Survey-based selection strategy)

relative au flou conceptuel du développement durable pour identifier les indicateurs pertinents et les ranger dans telle ou telle sphère. Certains indicateurs pouvant recouper différents domaines, il a ici été choisi de les catégoriser, le cas échéant, dans les domaines regroupant plusieurs sphères : viables, équitables, vivables, durables (figure 3.5). Partant de là, leur méthodologie va consister à sélectionner les indicateurs les plus représentatifs de chaque catégorie, pour parvenir à un nombre d'indicateurs limités mais jugés pertinents. Cette sélection se fonde sur la recherche, *via* la littérature et les études réalisées décrites précédemment, des caractéristiques suivantes :

- indicateurs les plus cités
- indicateurs recouvrant chacune des catégories du développement durable
- indicateurs dont la collecte, la compréhension et la diffusion sont les plus faciles

De cette façon, il va être procédé à la sélection de 29 indicateurs (15 % du total), après avoir recoupé les trois critères énoncés précédemment. Des ajustements seront évidemment nécessaires, notamment pour que chaque dimension du schéma des trois sphères soit correctement représentée. Cette sélection, avec une inévitable dimension arbitraire, va retenir ainsi une trentaine d'indicateurs répartis dans les différentes dimensions du développement durable de manière similaire aux 188 indicateurs de départ (figure 3.5). Cette méthodologie originale nous paraît intéressante

FIGURE 3.5 – Classification et proportion des 29 indicateurs retenus par rapport aux 188 indicateurs initiaux, d'après Tanguay et al., 2009

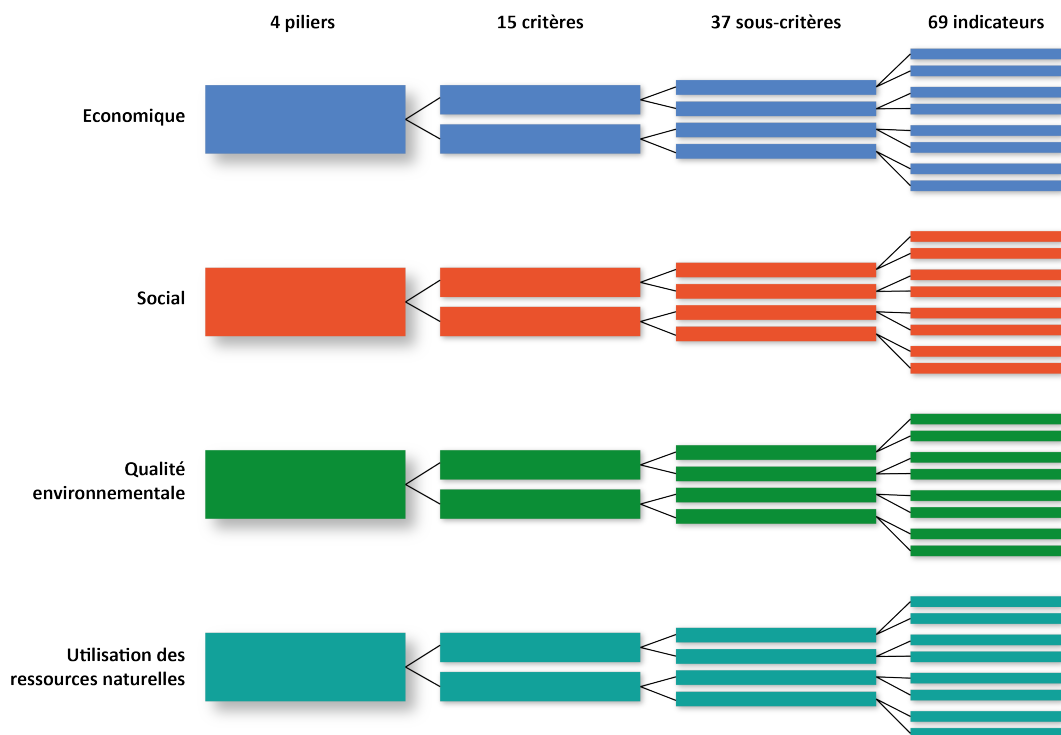


en ce sens qu'elle propose une réflexion quant à la nécessaire sélection d'un nombre limité d'indicateurs, à partir d'un vaste ensemble. Elle s'oriente ainsi dans le sens d'une simplification et d'une meilleure lisibilité des informations. Toutefois, elle ne s'appuie pas sur le recours à la synthétisation des indicateurs mais à la sélection des

plus représentatifs de chaque sphères. Au passage, ces indicateurs sont à l'avance, le cas échéant, catégorisés dans des domaines communs à plusieurs sphères. Ainsi, ce travail de simplification d'un ensemble d'indicateurs s'appuie sur des choix subjectifs basés sur des études empiriques. Si l'on peut voir en observant les résultats que près d'un quart des indicateurs utilisés s'inscrivent dans la catégorie *durable*, c'est à dire le niveau de durabilité maximale satisfaisant à l'équilibre des trois sphères, c'est en raison de la classification intuitive de ces indicateurs dans cette catégorie. Or, ne faudrait-il pas plutôt que **cette catégorisation soit le résultat d'un processus méthodologique quantifié, issu d'une agrégation de données ?** Nous posons ici une question sur laquelle nous aurons à revenir.

Ce questionnement nous ramène ainsi à l'objectif de synthétisation des indicateurs *via* l'agrégation et le regroupement des informations. Dans le cadre d'une évaluation de la durabilité, ce principe tend à envisager des étapes d'agrégation des indicateurs comme celle présentée dans la figure 3.6, issue de travaux menés dans les années 2000 sur la question de l'évaluation des performances en matière de durabilité (Keeble *et al.*, 2003). S'il y a ici quatre catégories retenues pour le développement durable

FIGURE 3.6 – *The 69 indicators and their link to the four key sustainable development questions, d'après Arthur D. Little, 2003*



(nous reviendrons dans la partie suivante sur cette question), nous voyons bien la

logique qui préside à agréger, par différentes étapes, des indicateurs afin de produire des informations plus générales. Nous retrouvons ici l'*école des agrégateurs* puisque le processus connaît quatre étapes de simplification des données.

Ce qu'il faut retenir des quelques exemples montrés dans cette sous-partie, c'est que nous pouvons constater, dans la littérature, la prolifération d'indicateurs évoquée dans le 3.1. Prolifération doublée d'une complexité manifeste dans l'organisation technique et méthodologique des processus d'évaluation. Dès lors, parvenir à dégager des informations synthétiques et lisibles peut paraître une gageure. S'il peut être tenté de procéder à cette simplification par le biais d'une sélection des « meilleurs » indicateurs en identifiant ceux jugés les plus représentatifs, la méthodologie relative à la production d'indicateurs synthétiques, exposée dans le 3.1, nous paraît plus solide et mérite que nous nous penchions dessus afin d'identifier des éléments sur lesquels nous appuyer.

3.2.2 Réflexions sur la synthétisation

Avant d'identifier des propositions méthodologiques pertinentes, dans la sous-partie suivante, il convient ici de s'arrêter sur les réflexions qui ont pu favoriser le recours aux indicateurs synthétiques dans le but de produire une simplification des informations. La littérature nous fournit des éléments, notamment les travaux de Giuseppe Munda dans les années 2000, comme son article présentant un cadre d'évaluation de la durabilité (Munda, 2005).

3.2.2.1 Importance des choix

Ces travaux s'inscrivent ici dans une logique de production d'indicateurs synthétiques devant permettre la comparaison entre différentes villes. Il est notamment souligné la nécessité de prendre en considération la variété des domaines concernés par le développement durable et de raisonner dans une logique de pondération et de compensation, c'est à dire de rechercher un équilibre global pouvant s'appuyer sur des compensations entre différents domaines : un territoire désavantagé dans un certain domaine peut compenser cette mauvaise performance par une performance excellente dans un autre. Nous touchons ici à un élément essentiel de la réflexion et de l'appréhension du concept de développement durable. La synthétisation peut en effet s'appuyer sur la détermination de l'importance accordée aux indicateurs rassemblés et ainsi orienter les décisions en fonction de l'appréciation des décideurs

quant à la valeur qu'ils donnent à chaque indicateur, comme nous le verrons plus loin. Pour cela, Munda énonce six principes de base :

- *La dimension* d'analyse : elle doit définir quels domaines vont être traités (ici, les domaines sociaux, environnementaux et économiques) et identifier le niveau supérieur (durabilité globale) sur lequel vont se fonder les objectifs à atteindre.
- *L'objectif* : quelle est l'orientation de la politique que l'on souhaite mener, vers quelle amélioration faut-il tendre dans chaque domaine ? (augmentation du PIB, réductions des émissions de CO₂, réduction des inégalités...)
- *L'indicateur individuel* : le choix de chaque indicateur étudié en fonction des objectifs fixés.
- *La variable* : la mesure qui permet d'évaluer la « performance » de l'indicateur individuel, d'en interpréter le résultat.
- *L'indicateur synthétique* : étape finale, agrégation, à la dimension supérieure, des indicateurs individuels interprétés par les variables, afin d'évaluer l'objectif global.

Ce processus doit ainsi permettre de cheminer vers la création d'indicateurs synthétiques permettant l'évaluation de la durabilité d'un territoire et, le cas échéant, la comparaison entre différents territoires sur la base d'indicateurs communs. Ayant testé cela sur plusieurs villes, Munda conclut la chose suivante : les résultats obtenus dépendent :

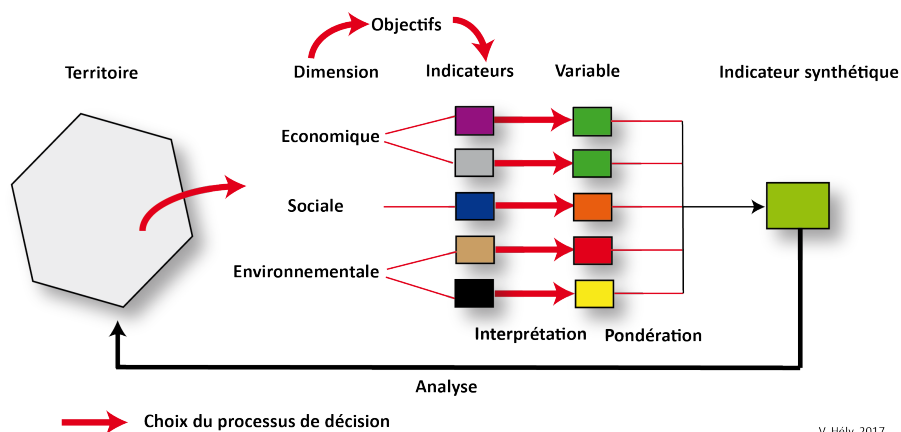
1. de la qualité de l'information disponible (pouvant varier dans le cas d'une étude portant sur plusieurs territoires)
2. des indicateurs choisis : quelle représentation de la réalité découle du choix des indicateurs ?
3. de l'orientation des indicateurs : il s'agit ici de la philosophie dans laquelle ont été évalués les indicateurs afin de déterminer leur performance⁸

8. Par exemple, considérer comme une bonne performance d'avoir beaucoup de logements so-

4. de l'importance relative donnée à chaque indicateur (question de la pondération)
5. de la méthode de synthèse utilisée.

Il apparaît que les quatre premiers points relèvent de la manière dont le processus d'évaluation est pensé et organisé. En d'autres termes, Munda conclut que **dans un processus d'évaluation, ce qui est vraiment important est bien plus le processus de décision que le résultat final** (indicateur synthétique), puisque celui-ci est directement dépendant des choix opérés lors du processus (Figure 3.7).

FIGURE 3.7 – L'importance des choix dans le processus de décision



Nous pouvons ainsi voir l'importance des choix opérés par les parties prenantes d'un projet, élément capital qui guidera la suite de notre travail. La même réflexion se pose également, de manière plus technique, en ce qui concerne le cinquième point, relatif à l'agrégation des données.

3.2.2.2 Synthétisation...puis prolifération ?

Cette question de l'agrégation des indicateurs fait l'objet dans la littérature de nombre d'études méthodologiques. Ultime étape dans la création d'un indicateur synthétique, elle pose la question de la fiabilité de l'information produite, comme nous avons pu le voir dans le 3.1. Elle interroge également sur la logique que l'on

ciaux sur un territoire : cette analyse pourrait être remise en question par d'autres ayant une vision différente des choses.

souhaite donner à la production de l'indicateur final : le choix d'une logique compensatoire cherchant un équilibre global prend ici toute son importance, comme nous le verrons dans les sections suivantes. D'un point de vue méthodologique, la consultation de la littérature issue de rapports internationaux, comme celui de l'Union européenne en 2002, identifie à la base six techniques méthodologiques d'agrégation représentatives (figure 3.8). Il apparaît bien vite que ces techniques visent à produire des indicateurs synthétiques « thématiques », destinés à l'analyse de différents domaines pouvant être rattachés au développement durable. Il s'agit de produire

FIGURE 3.8 – *Méthodologie de calcul d'indicateurs synthétiques, d'après OCDE, 2002*

Method	Equation
1. Sum of country rankings	$CI'_c = \sum_{i=1}^N Rank'_{ic}$
2. Number of indicators above the mean minus the number below the mean.	$CI'_c = \sum_{i=1}^N \text{sgn} \left[\frac{x'_{ic}}{x'_{EUi}} - (1+p) \right]$
3. Ratio or percentage differences from the mean.	$CI'_c = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y'_{ic}}{\sum_{i=1}^N w_i}$, where $y'_{ic} = \frac{x'_{ic}}{x'_{EUi}}$
4. Percentage of annual differences over consecutive years	$CI'_c = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y'_{ic}}{\sum_{i=1}^N w_i}$, where $y'_{ic} = \frac{x'_{ic} - x'_{ic}{}^{t-1}}{x'_{ic}}$
5. Standardized values	$CI'_c = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y'_{ic}}{\sum_{i=1}^N w_i}$, where $y'_{ic} = \frac{x'_{ic} - x'_{EUi}}{\sigma'_{EUi}}$
6. Re-scaled values	$CI'_c = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot y'_{ic}}{\sum_{i=1}^N w_i}$, where $y'_{ic} = \frac{x'_{ic} - \min(x'_i)}{\text{range}(x'_i)}$

Notes: x'_{ic} is the value of indicator i for country c at time t . w_i is the weight given to indicator i in the composite index. In Method 2, p = an arbitrarily chosen threshold above and below the mean.

ici des indicateurs synthétiques internationaux comme évoqué dans le 3.1.3. Nous en avons évoqué quelques-uns tels l'IDH ou l'empreinte écologique dans la section précédente. Il existe ainsi de multiples « indicateurs synthétiques de durabilité », référencés comme tels. La littérature recense ces multiples IS (Singh *et al*, 2011), que nous ne pouvons ici exposer en détail. Ils sont chacun produits pour un territoire donné et embrassent des champs aussi vastes que le marché du travail européen (*European labour market performance*), le niveau de dégradation environnementale (*Green net national product*) ou encore la durabilité des groupes du Dow Jones (*Dow Jones Sustainability Group Indice*)⁹ ... Chacun est le résultat de l'agrégation de plusieurs sous-groupes d'indicateurs, et montre ainsi à quel point cette logique

9. A partir de cinq critères (Technologie, gouvernance, actionnaires, industrie, société), le DJSGI offre une plate-forme permettant aux entreprises de comparer leur niveau de durabilité. Les cri-

d'agrégation est aujourd'hui admise comme l'une des méthodes les plus pertinentes pour la production de ce type d'informations. Mais, nous l'avons vu, ces indicateurs synthétiques recouvrent eux-même de vastes domaines, de multiples thématiques, et l'inventaire à la Prévert que l'on peut en faire laisse à penser qu'eux mêmes participent à cette prolifération d'indicateurs contre laquelle ils ont été initialement conçus...

Dès lors, nous devons bien ici insister sur la logique avec laquelle nous souhaitons traiter cette question de la sythétisation. Il ne s'agit pas de nous orienter vers la création de ce que l'on pourrait qualifier de « nouvel indicateur synthétique sectoriel », qui viendrait s'ajouter à la liste de ceux déjà produits. Il s'agit pour nous de réfléchir à une évaluation de la durabilité du territoire qui fournisse, pour chaque territoire étudié, un indicateur de synthèse qui s'attache à agréger les indicateurs évalués (comme décrit plus haut) pour produire une évaluation générale permettant de guider la prise de décision. Cette méthodologie doit en outre être transposable à d'autres territoires, en changeant le cas échéant d'indicateurs mais sans que cela ne remette en cause la méthodologie générale. Nous sommes donc ici dans une démarche différente de celle qui vise à produire des indicateurs globaux tels que l'IDH ou l'*European labour market performance*... Il nous paraît important de faire cette précision tant est vaste et complexe le domaine des indicateurs synthétiques.

Ainsi, nous allons maintenant nous attarder sur des éléments méthodologiques se rapprochant de notre logique.

3.2.3 Création d'indicateurs synthétiques

Cette sous-partie peut ainsi faire écho au 3.1.3, relatif à la méthodologie de construction d'indicateurs synthétiques. Nous allons exposer ici les récentes recherches ayant fait émerger un cadre méthodologique pertinent pour l'évaluation globale de la durabilité.

tères contribuent à la quantification financière de la performance de la durabilité en abordant les opportunités de durabilité de l'entreprise et les risques (Singh *et al.*, 2011)

3.2.3.1 Cadre conceptuel

Nous pouvons ici citer les travaux exposés par Miller, Witlox et Tribby en 2013 relatif au développement d'un cadre méthodologique pour l'évaluation des politiques de transports (Miller *et al.*, 2013). Dans le cadre de l'évaluation des politiques de planification des réseaux de transports, leurs recherches se sont orientées vers la construction d'indicateurs synthétiques de nature à compléter les informations procurées par les ensembles d'indicateurs. L'approche de construction d'indicateurs synthétiques privilégiée ici est l'approche dite indirecte (Zhou et Ang, 2008), qui correspond globalement à la méthodologie générale identifiée en 3.1.3 : il s'agit de normaliser les différents indicateurs utilisés puis de déterminer le poids relatif de chacun d'entre eux en fonction de l'importance que l'on souhaite leur donner, avant de les agréger dans des indicateurs synthétiques. Le choix de cette approche est ici justifié par la possibilité qu'elle donne d'y faire participer les décideurs, notamment dans le choix des pondérations. Il est ici fait mention du recours aux analyses multi-critères (AMC) pour identifier les différentes alternatives aptes à satisfaire les objectifs énoncés par les preneurs de décisions, tout au long du processus de construction d'indicateurs. Cela concerne les étapes d'identification des indicateurs, de normalisation et de pondération/agrégation.

La première étape consiste donc à définir ce que l'on souhaite évaluer, en rapport avec le sujet étudié (ici, la qualité de vie en rapport avec l'organisation des systèmes de transports). Cette définition permettra logiquement de choisir, en concertation avec les acteurs du territoire concerné, les indicateurs sur lesquels l'évaluation va s'appuyer. Ces indicateurs doivent permettre une clarté d'information et remplir ainsi les propriétés suivantes (Keeney, 1980 ; Malczewski, 2000) :

1. **Compréhensible** : Un indicateur est compréhensible si son niveau indique clairement le degré de réalisation des objectifs.
2. **Mesurable** : Un indicateur est mesurable s'il est possible de quantifier ses performances et s'il est possible de les échelonner sur différents niveaux de valeurs.
3. **Exhaustif** : les indicateurs choisis doivent couvrir tous les aspects du phénomène étudié.
4. **Opérationnel** : la construction de l'indicateur doit s'appuyer sur des données

exploitables et facilement accessibles.

5. **Décomposable** : La performance d'un indicateur doit pouvoir être évaluée indépendamment de celles d'autres indicateurs.

6. **Non-redondant**

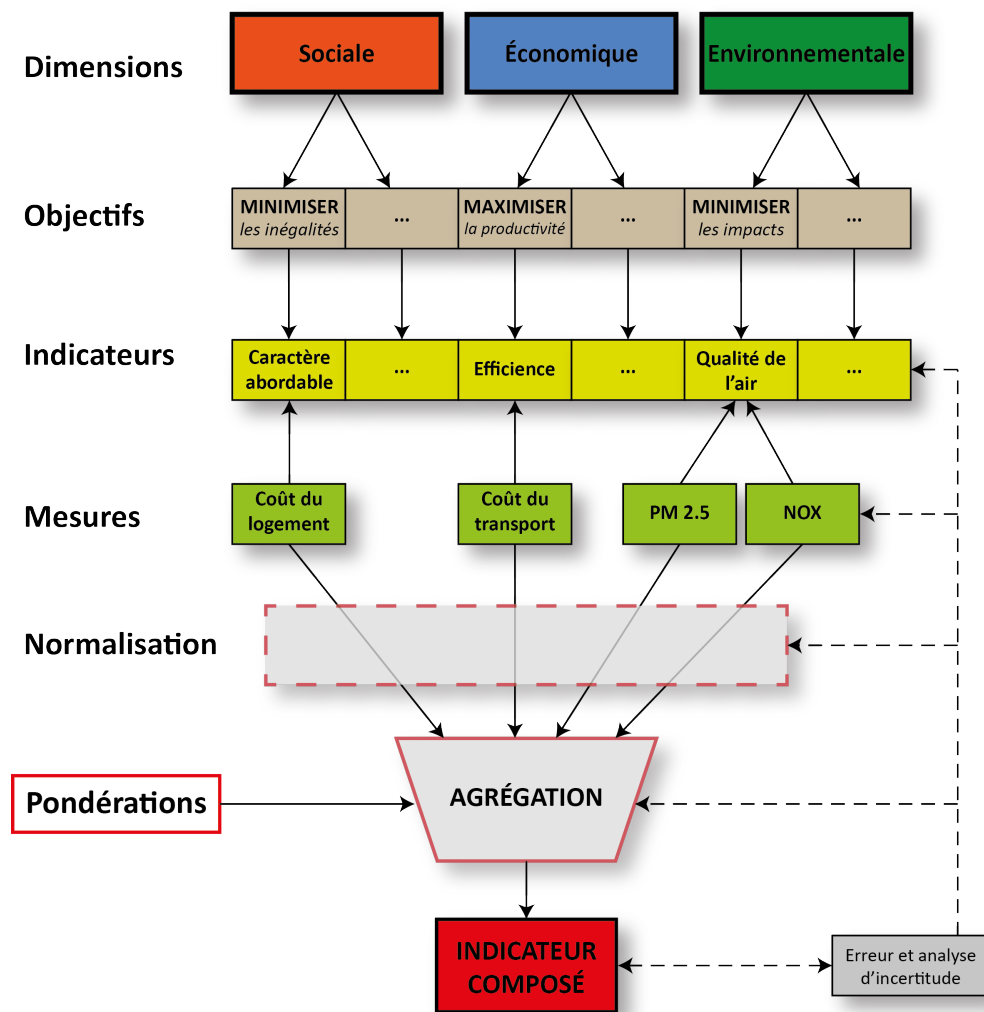
7. **Minimal** : L'échantillon d'indicateurs étudiés doit être aussi petit que possible.

Partant de là, il est proposé un cadre méthodologique permettant de cerner clairement le processus de création d'indicateurs synthétiques aptes à satisfaire aux objectifs assignés dans ces travaux. La thématique recoupe les trois sphères identifiées du développement durable (Figure 3.9). Dans chacune de ces sphères vont être définis des objectifs à atteindre, qui vont être mesurés à partir d'indicateurs sélectionnés en conséquence. La performance pour chacun de ces indicateurs sera évaluée, puis il sera procédé aux étapes de traitement des données afin de produire un indicateur synthétique, dans l'esprit de la méthodologie générale décrite par le rapport de l'OCDE. Les différentes étapes sont analysées et exposées dans l'article. Elles se décomposent de la façon suivante :

La normalisation des données vise à donner une unité de mesure commune pour tous les indicateurs. Il est précisé que cette action de normalisation peut faire intervenir des jugements et des considérations selon le sens que l'on veut donner à l'évaluation de la performance. En fait, se pose ici la question du seuil, abordé dans la section précédente, qui va déterminer comment va être évaluée l'information révélée par l'indicateur.

La pondération va consister à déterminer l'importance que l'on veut accorder à chaque indicateur avant de passer à l'agrégation de ces indicateurs en indicateurs synthétiques. Cette pondération peut être effectuée sous différentes formes, ce qui implique pour chaque projet une réflexion quant à la méthode ayant la plus grande pertinence par rapport au projet. Cela peut se faire par le biais d'une simple échelle de valeur (de 0 à 1 par exemple, la somme de tous les indicateurs pondérés devant être égale à 1). Il s'agit là de la méthode la plus simple et la plus souple, permettant

FIGURE 3.9 – *Conceptual foundation of multidimensional indicators, d'après Miller et al., 2013*



d'assigner un poids à chaque indicateur selon l'intérêt qu'on lui détermine. mais justement, l'évaluation de l'importance de l'indicateur peut elle aussi être soumise à discussion. Il est alors possible d'avoir recours à d'autres types de pondération. Leur importance peut être déterminée à partir de critères d'évaluation préexistants, tels que la valeur monétaire par exemple (chaque indicateur serait alors évalué en fonction de sa valeur monétaire). Nous voyons bien les limites de cette méthode : la multitude d'indicateurs et les vastes champs thématiques qu'ils recoupent empêchent souvent, dans le cadre du développement durable, de recourir à une même unité de mesure telle que la valeur monétaire pour effectuer leur pondération (ce qui nous renvoie d'ailleurs au point précédent de normalisation). Une méthode plus pertinente, à laquelle il est plus fréquemment recouru, est celle de l'AHP (*analytical hierarchical process*)(Saaty, 1980). Il s'agit de décomposer l'ensemble d'indicateurs et d'interroger les parties prenantes et acteurs du projet pour qu'ils comparent ces indicateurs selon différents critères, et ainsi d'en déduire une hiérarchisation de ces indicateurs permettant d'identifier une pondération.

L'agrégation des indicateurs pondérés en un indicateur synthétique requiert elle aussi une réflexion quant à la méthode choisie pour procéder à cette agrégation, comme nous avons pu le voir en 3.2.2. En particulier, se pose la question de savoir si l'on souhaite entrer dans une logique compensatoire ou une logique éliminatoire. Une logique éliminatoire signifierait qu'une performance nulle pour un indicateur serait rhédibitoire pour l'évaluation de la performance globale. Une logique compensatoire, nous l'avons dit, permet de considérer qu'une mauvaise performance dans un domaine peut être compensée dans un autre. Selon la philosophie qui préside à cette évaluation, l'opérateur d'agrégation choisi peut ainsi être différent (démarche axiomatique) (Tannier, 2000). Quelques opérateurs sont exposés dans l'article de Miller *et al.*, (2013) tels que le SAW (*Simple additive weighting*), utilisé dans une logique compensatoire, le *weighted product*, qui lui s'inscrit dans une logique éliminatoire par le recours au produit. Nous aurons l'occasion de revenir plus en détails sur les différents opérateurs d'agrégation et sur cette question dans le chapitre suivant, au vu des questionnements que cela pose quant aux rapports des différents indicateurs et des différents domaines du développement durable entre eux.

Nous voyons ainsi une application concrète d'un processus méthodologique visant à produire un ou des indicateurs synthétiques à partir de multiples indicateurs intégrés aux différentes sphères du développement durable, reposant sur une logique de

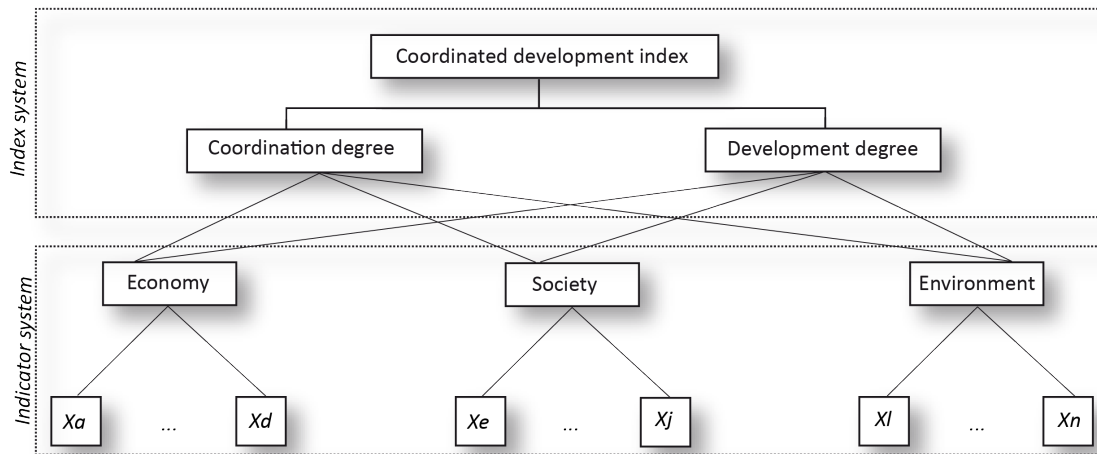
normalisation-pondération-agrégation.

3.2.3.2 Exploitabilité et critiques

Le principe méthodologique décrit ici constitue ainsi une base sur laquelle s'appuyer pour réfléchir à la création d'indicateurs synthétiques relatifs au développement durable. Il permet d'assigner à chacune des sphères économique, sociale et environnementale des indicateurs représentatifs qui vont être normalisés, évalués, pondérés et agrégés en indicateurs de synthèse, celui ou ceux-ci fournissant une information relative à la durabilité du territoire. Cette méthode apparaît à la fois simple et rigoureuse, permettant en outre une dimension participative dans les différentes étapes du processus : évaluation des indicateurs, pondération, détermination des facteurs d'agrégation sont autant d'étapes qui vont nécessiter la consultation, l'implication des acteurs, décideurs, experts et citoyens d'un territoire concerné. Dans la figure 3.9 que nous avons vue plus haut, l'ensemble des indicateurs issus des trois sphères sont agrégés en un indicateur unique. Il paraît néanmoins pertinent de pouvoir procéder à une étape intermédiaire produisant d'abord un indicateur synthétique pour chacune des sphères du développement durable. Cette logique est d'ailleurs reprise dans certains travaux. Nous pouvons citer ceux développés à l'université d'Eindhoven visant à mesurer la durabilité de la province de Hubei (Chine)(Ding *et al.*, 2014), produisant des indicateurs synthétiques dans chacune des trois sphères, avant de procéder à une nouvelle étape d'agrégation pour mesurer deux types d'indices (coordination et développement) permettant *in fine* la production d'un indice global. (Figure 3.10)

Nous pouvons ainsi identifier des « variantes méthodologiques » dans ce processus, notamment concernant le niveau d'agrégation, (une seule étape (figure 3.9)? trois étapes (figure 3.10)) ce qui peut nous ramener au débat entre écoles des agrégateurs et des non-agrégateurs (3.1.2). Quoi qu'il en soit, nous avons ici un cadre conceptuel et méthodologique exploitable dans une logique de synthétisation des indicateurs, qui n'en pose pas moins certaines questions. Notamment, nous venons de l'identifier, à quel niveau synthétiser ? Faut-il une synthèse générale mélangeant les synthèses des trois sphères ? Faut-il décomposer les étapes de synthétisation au risque d'amoinrir la qualité de l'indicateur au plus haut niveau de synthèse ? Et sur quelle base procéder à ces agrégations : logique compensatoire ou éliminatoire ? En-

FIGURE 3.10 – *Evaluation framework of coordinated development d'après Ding et al., 2014*



fin, doit-on recourir à une agrégation *entre* les différentes sphères du développement durable, ce qui signifierait qu'elles peuvent elles-mêmes être pondérées selon l'importance qu'on leur donne ? Ce sont ces questionnements qui guideront nos réflexions concernant nos prochains choix méthodologiques.

3.3 Critiques et questionnements

Devant cet état des lieux méthodologique, avant d'exposer nos choix et notre propre démarche, il nous apparaît utile de nous arrêter sur les questionnements théoriques que ces différentes techniques ne manquent pas de poser. Et notamment les interrogations en rapport avec ce que nous n'avons pas manqué de souligner dans la première partie, à savoir la difficile interprétation du concept de développement durable.

3.3.1 Limites : quelle lecture du Développement Durable ?

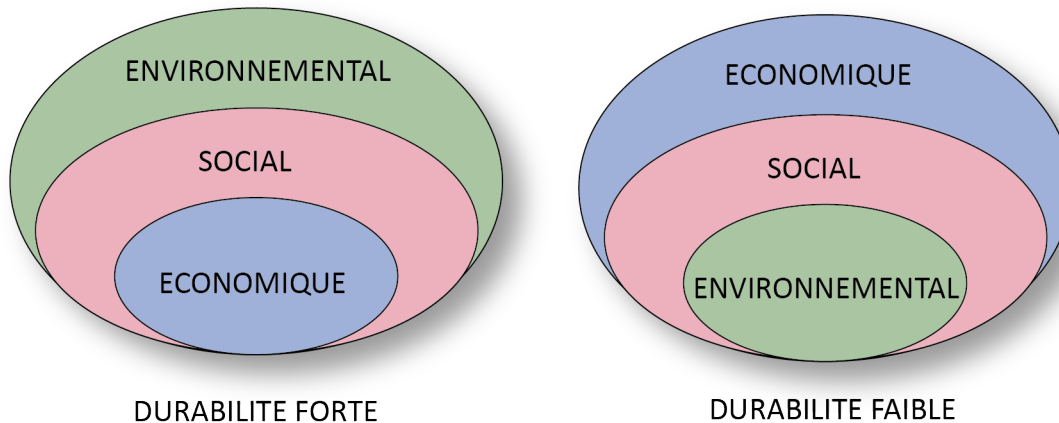
En effet, nous avons mis en évidence dans les chapitre 1 et 2 la difficulté d'appréhender ce concept flou. Cette difficulté se répercute concrètement dans les questionnements relatifs à toute méthodologie de construction d'indicateurs de durabilité.

3.3.1.1 Durabilité forte, durabilité faible ?

Il convient ici de revenir sur les différentes manières d'appréhender les objectifs de durabilité qui s'intègrent dans les politiques d'aménagement menées depuis plus de deux décennies. Car, nous l'avons vu, si le concept de développement durable est ultra-consensuel, sa déclinaison concrète contient de multiples variantes. Les acteurs ont ainsi tendance à orienter leur vision du développement durable en conformité avec leurs intérêts (Rumpala, 1999). De fait, la mise en place d'une méthodologie appropriée peut buter sur la conception initiale de la durabilité qui préside à son élaboration. Les différentes parties prenantes d'un projet d'aménagement ayant des intérêts ou des positionnements idéologiques divergents vont ainsi s'approprier le concept de développement durable à l'aune de leurs objectifs, pouvant ainsi faire émerger des approches « concurrentes » du développement durable, avec la difficulté pour le scientifique de pouvoir accorder ces divergences d'approche dans l'élaboration de sa méthodologie (Boutaud, 2002 ; Lourdel, 2005). La compréhension, l'appréhension du terme de *durabilité* peut donc apparaître comme une controverse politique (Bond, 2010), provoquée par des approches divergentes. De ces différences d'approche, il en est une mise en évidence dans le chapitre 1 sur laquelle il convient de revenir ici : le clivage entre tenants d'une **durabilité forte** et ceux partisans d'une **durabilité faible**. Ces deux visions ont tendance à s'opposer, se situant chacune aux extrémités de ce que l'on peut englober dans le concept de développement durable (voir figure 1.1).

Les partisans d'une durabilité faible tendent ainsi à privilégier une approche plaçant l'économie au centre des préoccupations, les biens naturels n'ayant de valeur qu'en fonction des services qu'ils rendent à l'homme, qui peut ainsi pleinement les utiliser en les transformant en capital transmis aux générations futures (Brodhag *et al.*, 2004, cité par Lourdel, 2005). Cette approche, pouvant être qualifiée d'*économiste*, a pour particularité d'accorder peu d'importance à l'irréversibilité des phénomènes bio-physiques et à la limitation des ressources (Godard *et al.*, 1991). En ce sens, les partisans de cette durabilité forte interprètent le concept de développement durable comme l'expression d'un *développement* centré sur l'économie permettant d'assurer une croissance *durable*. Cette vision se retrouve principalement chez les acteurs de la vie économique. Il accorde donc à la sphère économique une place prépondérante dans la recherche de la durabilité (Figure 3.11), reflétant une vision anthropocentrée et utilitariste (Lourdel, 2005).

FIGURE 3.11 – Schématisation des approches de durabilité forte et de durabilité faible, d'après Lourdel, 2005



A l'inverse, les partisans de la durabilité forte considère que les ressources naturelles disponibles ne peuvent se voir substituées et que leur exploitation irresponsable peut conduire à des situations d'irréversibilité graves. Le principe de précaution est ainsi la base de cette approche (Marechal, 1996). Il s'agit de protéger l'environnement en évaluant et en anticipant les effets d'une politique sur celui-ci, et d'en déduire les mesures effectives à prendre pour parer aux dommages éventuels (ONU, 1992, Charte de l'environnement, 2004). Il s'agit ici d'une approche éco-centrée qui accorde cette fois à la sphère environnementale la place prépondérante, en considérant que l'activité humaine ne peut se faire au détriment des ressources naturelles et de l'ensemble des êtres vivants (Figure 1).

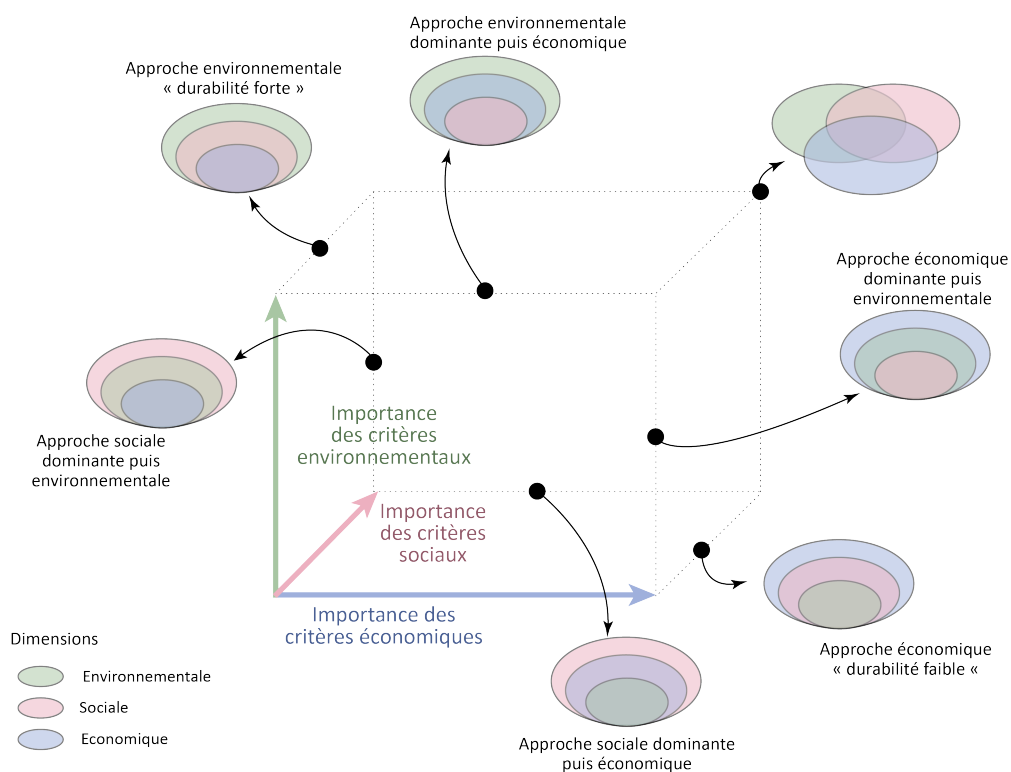
Ces deux approches tendent donc à s'opposer dans le domaine qu'elles estiment fondamental et, de fait, au-dessus de tous les autres. Entre cette opposition de visions economicistes et environnementalistes, la sphère sociale a longtemps peinée à être prise en compte, bien que le mot développement renvoie en principe aussi à une notion d'éthique sociale (Sachs, 1999). Ainsi, le développement durable peut également être envisagé selon une approche socio-centrée, couvrant un champ plus vaste que la simple réduction de la pauvreté et des inégalités (solidarité, participation, accès équitable aux ressources...). Cette approche socio-centrée qui mettrait cette fois-ci la sphère sociale en dimension prioritaire et englobante pourrait elle même s'envisager avec en deuxième clé d'entrée la dimension économique ou la dimension environnementale (Lourdel, 2005)... Bref, nous voyons qu'il existe de nombreuses

approches quant à la manière d'appréhender la durabilité à partir des trois sphères du développement durable.

3.3.1.2 Quels poids pour quelles sphères ?

Ces approches de durabilité forte ou de durabilité faible ont comme particularité de favoriser une, ou plusieurs sphères, auxquelles on accorde une dimension prioritaire. Le choix d'une ou l'autre approche étant inévitablement lié à des considérations politiques, économiques, stratégiques, donc subjectives il apparaît difficile d'en hiérarchiser la pertinence ou la légitimité. Nous pouvons en illustrer la complexité sur les graphiques suivants : la figure 3.12 résume ce que nous avons dit plus haut, avec la priorité donnée à l'une des sphères, la seconde (figure 3.13) montrant elle une possible approche combinant deux des trois sphères.

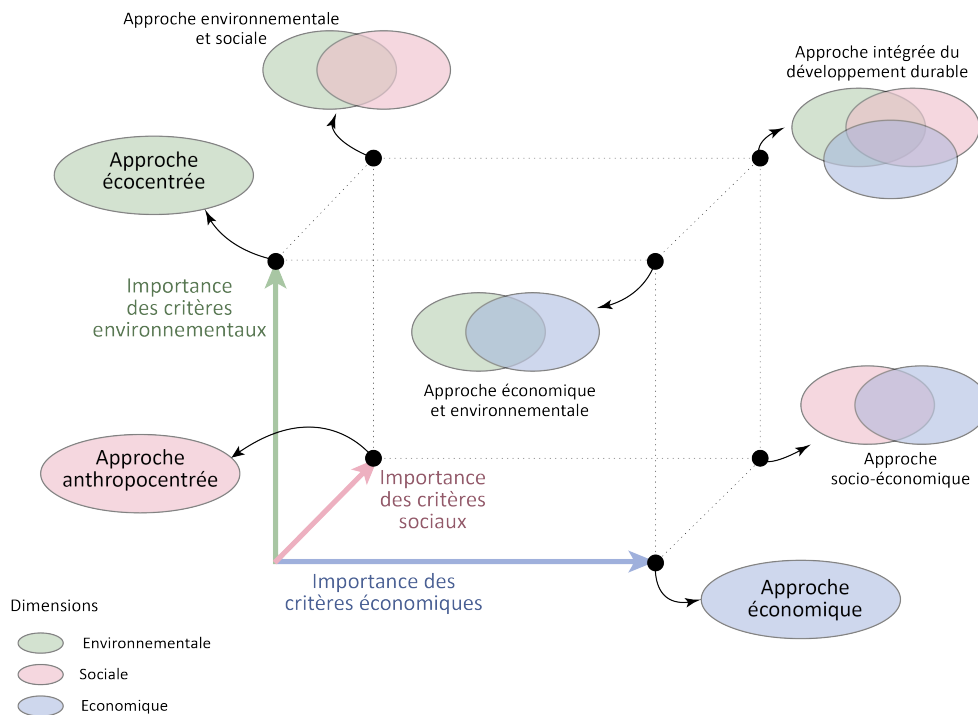
FIGURE 3.12 – Diversité des positionnement dans la manière d'appréhender le sphères (1) (d'après Lourdel, 2005)



Cela permet de mettre en évidence que, comme le souligne Lourdel, « les différents acteurs du développement durable n'ont pas la même position sur l'axe socio-économico-environnemental, utilisant le même terme mais avec des avis différents, d'où les difficultés à s'entendre » (Lourdel, 2005). L'importance accordée à chacune des trois sphères varie selon l'approche envisagée. dans un essai de typologie

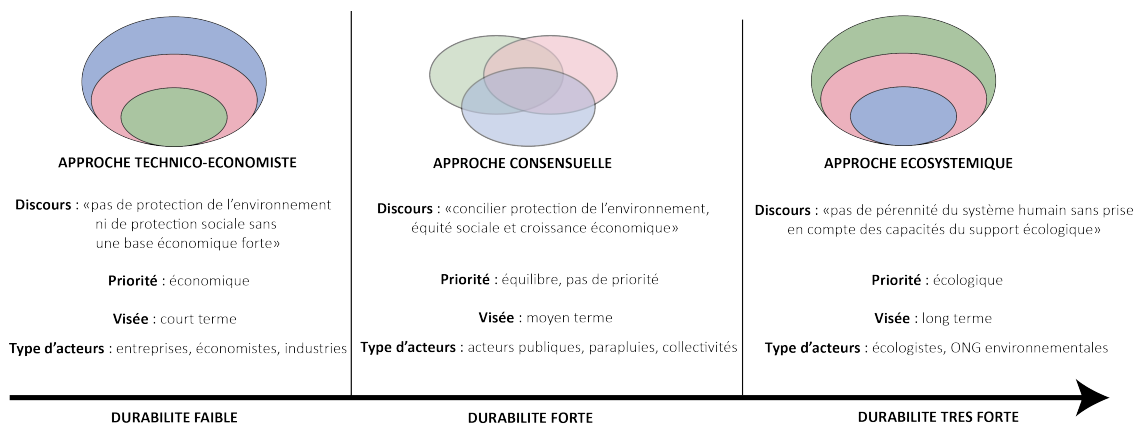
II. Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique

FIGURE 3.13 – Diversité des positionnements dans la manière d'appréhender les sphères (2) (d'après Lourdel, 2005).



des différentes approches du développement durable, Boutaud a pu ainsi identifier trois principales approches : l'approche technico-économiste (durabilité faible), l'approche écosystémique (durabilité forte) et, entre les deux, l'approche consensuelle visant à donner un poids égal aux trois sphères et rechercher l'équilibre (Boutaud, 2005)(Figure 3.14). Nous voyons bien ici quels problèmes peuvent poser ces diffé-

FIGURE 3.14 – Essai de typologie des approches du développement durable : échelle de perception, d'après Boutaud, 2005



rences d'approches dans la production d'indicateurs synthétiques et dans la manière de penser l'évaluation et l'aménagement d'un territoire dans sa globalité. Laquelle

choisir, sur quelle base, quels arguments ? L'économique, le social et l'environnemental sont étroitement liés et indissociables dans le cadre de l'évaluation de la durabilité. Il en découle une forte complexité et une difficulté dans les choix qui doivent présider à l'élaboration d'une méthodologie d'évaluation, qui nous intéresse ici. Faut-il privilégier une approche particulière, faut-il s'orienter vers une solution de consensus en donnant le même poids aux trois sphères ?

3.3.2 Pondération et mesures compensatoires

Ces différentes approches relatives à la manière de concevoir le développement durable selon l'importance accordée aux différentes sphères ouvrent de fait des questionnements sur la méthode apte à satisfaire à l'objectif de durabilité dans le cas où des lacunes apparaîtraient dans telle ou telle sphère. Nous l'avons évoqué brièvement au cours du 3.2. : la question d'une approche compensatoire est un élément important à prendre en compte.

3.3.2.1 Les logiques compensatoires

Si nous avons abordé le terme de « compensation » d'un point de vue méthodologique, il convient de s'arrêter sur les origines de cette notion dans le contexte des politiques dites durables. La notion de compensation est en effet d'abord utilisée dans le domaine environnemental¹⁰. Il s'agit de compenser les impacts d'une politique d'aménagement sur le milieu naturel.

En France, le terme fait son apparition dans le cadre de la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Cette loi, dont nous avons parlé dans le chapitre 1, pose les bases de la protection des espaces naturels en donnant les moyens aux pouvoirs publics de protéger les espèces et les milieux. En particulier, elle insiste sur le nécessaire maintien des équilibres écologiques auxquels participent les espèces animales et végétales, reconnaissant le respect de ces équilibres comme d'intérêt général. Il est ainsi introduit l'impératif d'*équilibre*, dans un contexte de prise de conscience de la nécessité de protéger l'environnement (cf chapitre 1). Elle va ainsi conduire au développement d'études d'impact visant à évaluer les conséquences du développement d'infrastructures et d'équipements sur les milieux naturels (cf chapitre 2). De cette loi va ainsi naître le tryptique *éviter - réduire - compenser*. Il s'agit, pour tout projet impactant les espèces, les habitats et la fonctionnalité des

10. Bien qu'elle soit aussi mobilisée dans le domaine économique.

milieux environnementaux, d'envisager, par ordre de priorité :

1. d'éviter le dommage : redéfinir le cas échéant le projet d'aménagement pour supprimer un impact négatif, par exemple en changeant sa localisation (modifier le tracé d'une autoroute, d'une ligne grande vitesse).
2. de réduire le dommage : lorsque l'évitement n'est pas possible, de rechercher une réduction des impacts du projet, tant dans la phase de travaux (limitation de l'emprise des travaux sur le milieu naturel) que dans la phase d'exploitation de l'infrastructure.
3. de compenser les impacts : après avoir réduit tant que possible le dommage causé au milieu environnemental, il s'agit de compenser les atteintes qui demeurent causées à l'environnement en tentant d'atteindre un bilan écologique neutre voire une amélioration globale de la valeur écologique d'un site et de ses environs (rapport DIREN PACA, 2009).

La mesure compensatoire apparaît donc ici en ultime position dans un processus de maîtrise et de limitation des impacts environnementaux d'un projet d'aménagement. Elle peut ainsi être définie comme « une action écologique visant à restaurer ou recréer un milieu naturel en contrepartie d'un dommage à la biodiversité provoqué par un projet ou un document de planification. Elle ne porte que sur l'impact résiduel après les mesures d'évitement et de réduction des impacts qui sont prioritaires » (Commissariat général au développement durable, 2012). La compensation n'intervient ainsi que lorsque les étapes précédentes d'évitement ou de réduction n'ont pu être suffisantes. Elle est guidée par un souci d'équilibre et dispose en France d'un caractère réglementaire contraignant, énoncé dans le code de l'environnement : « Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement, et si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux » (Art. R. 122-14 II du CE). L'implémentation de l'impératif de compensation s'est, depuis 1976, renforcée au niveau des documents réglementaires. Notamment, la transposition de directives européennes¹¹, les lois issues du Grenelle

11. 85/337, 2011/92, 2014/52 Évaluation incidences sur l'environnement (projets publics et privés), 92/43, directive « Habitats », 2004/35, Prévention et réparation des dommages environne-

de l'environnement ¹² . La définition de ces mesures compensatoires, exposée dans la « Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel » (Ministère de l'environnement, 2012), impose qu'elles soient pertinentes et suffisantes en étant :

- au moins équivalentes (rétablissement de la qualité environnementale du milieu naturel impacté, comme indiqué plus haut)
- faisables, c'est à dire que la faisabilité technique et le coût estimé soient évalués de manière à savoir si l'atteinte des objectifs environnementaux fixés est réalisable
- efficaces, ces mesures compensatoires devant être assorties d'objectifs de résultat et de modalités de suivi de leur efficacité et de leurs effets.

Il est de ce fait reconnu que tout n'est pas compensable. Certaines infrastructures peuvent avoir des impacts qu'il n'est pas possible de compenser sur le plan environnemental, pour des raisons techniques, scientifiques ou financières, ou si des aménagements précédemment réalisés ont déjà causé des dommages irréversibles. Dans ce cas, le projet ne peut en principe être autorisé (Ministère de l'environnement, 2012). Quoiqu'il en soit, ces mesures compensatoires sont pensées comme devant être additionnelles et complémentaires aux mesures de protection environnementale prises globalement, en parallèle, par l'action publique. Au tournant des années 2010, il apparaît assez clairement que la question des mesures compensatoires reste le parent pauvre des projets d'aménagements, malgré le renforcement de la réglementation souligné plus haut. Il a été constaté de « nombreuses lacunes dans les connaissances et les méthodes nécessaires pour évaluer les impacts et proposer une compensation pertinente » (Vanpeen-Bruhier *et al.*, 2013). Il est souligné entre autres le manque d'ingénierie formée à ces enjeux et les conflits d'intérêts d'usage du sol, notamment avec le milieu agricole, qui peuvent freiner la mise en place efficace de mesures compensatoires.

Pour mettre en perspective ces principes relatifs aux mesures compensatoires avec

mentaux (responsabilité environnementale)

12. (Loi 2009-967 du 3 août 2009, loi 2010-788 du 12 juillet 2010, Décret 2011-2019 reformant de l'étude d'impact et évaluation des plans et programmes)

notre travail et nos réflexions dans cette partie, nous pouvons souligner que l'on retrouve dans cette philosophie la volonté de corriger les effets, les impacts de choix d'aménagements qui dégraderaient l'environnement. Pour faire le lien avec ce que nous disions dans la sous-partie précédente, cette logique compensatoire appliquée à l'environnement peut être identifiée comme appartenant au courant de la durabilité forte, où l'on considère que l'exigence de protection de l'environnement doit être primordiale. Toutefois, comme cela a été dit, les potentiels obstacles relatifs à la faisabilité (en particulier d'un point de vue économique) et les potentiels conflits d'usages des sols pouvant découler de ces mesures compensatoires nous ramènent au questionnement du poids à accorder à chacune des sphères et à la manière d'envisager le développement durable.

3.3.2.2 Réflexions relatives à la pondération

Nous avons vu plus haut que le développement durable pouvait s'envisager selon différentes approches, selon l'importance accordée à chacune des sphères. Ces approches possèdent toutes, nous l'avons dit, des argumentations et des visions qui les rendent légitimes. Dès lors, dans le cadre d'une méthodologie générale visant à fournir un outil d'évaluation et d'aide à la décision, il paraît difficile de devoir choisir l'une d'elles, de définir objectivement et impartialement une priorité à accorder à l'une ou l'autre des sphères. Ce constat a conduit à l'émergence d'une solution dite de compromis, qui accorderait une priorité égale à chacune des trois sphères, bien que ce compromis soit lui aussi dénoncé (Boutaud, 2002 ; Lourdel, 2005). La question qui nous est posée ici est celle de savoir sous quelle dimension envisager le développement durable pour fournir un outil rigoureux d'évaluation de la durabilité des territoires à l'aide de la production d'indicateurs synthétiques. Nous avons vu que la production de tels indicateurs nécessitait le recours à un processus d'agrégation et de pondération, et que ce processus s'échelonnait sur plusieurs étapes. Dès lors, il convient ici de se poser la question sur le rôle et la place de la pondération au cours du processus. D'abord, à quel moment procéder de la sorte ? La pondération doit-elle s'effectuer concernant les sphères du développement durable, c'est à dire doit-on donner à l'indicateur synthétique d'une sphère un poids supérieur à celui d'une autre sphère ? Ou bien cette pondération ne doit-elle intervenir qu'au sein du processus d'agrégation intra-sphère, c'est à dire dans la production d'indicateurs synthétiques pour chacune des sphères ?

Il nous apparaît difficile de pouvoir privilégier telle ou telle sphère à partir du moment où l'on souhaite rechercher un équilibre, une *harmonie* sur un territoire où doivent s'accorder les politiques économiques, sociales et environnementales. La production d'indicateurs synthétiques étant effectuée pour chacune des sphères, il apparaît nécessaire de pouvoir établir une comparaison des atouts et des lacunes d'un territoire dans chaque domaine relatif au développement durable. De plus, nous avons vu que l'outil produit se doit d'être lisible, facilement exploitable et reproductible sur différents territoires. La difficulté de définir précisément le développement durable et la complexité engendrée par les différentes approches possibles rendent difficiles sinon impossible la mise en place d'une méthodologie opérationnelle sans procéder à une simplification théorique. C'est la raison pour laquelle il nous semble plus pertinent et plus réaliste de considérer que chaque sphère doit être envisagée avec la même importance dans la production d'un indicateur synthétique d'évaluation.

Nous sommes bien conscients des limites que peut présenter cette approche, mais elle nous paraît, effectivement, le meilleur compromis si l'on souhaite offrir une vision globale des enjeux relatifs à la durabilité. Le recours à la pondération ne devrait ainsi se faire que pour la production d'indicateurs synthétiques intra-sphères, en fonction du poids que l'on souhaite accorder à chaque indicateur sectoriel. Une fois ces indicateurs synthétiques produits pour l'économie, le social et l'environnemental, il ne s'agit plus de procéder à une nouvelle agrégation pour produire un indice unique de durabilité qui n'aurait pas beaucoup de sens, mais d'envisager une comparaison de l'espace entre les trois indicateurs synthétiques. Un territoire est-il « performant » dans les trois domaines, assurant ainsi sa durabilité, ou bien ne l'est-il aucunement, ou encore, cas le plus probable et le plus intéressant, se distingue-t-il par une performance satisfaisante dans l'une des sphères et décevante dans l'autre, c'est à dire dispose-t-il d'*atouts* ou de *lacunes* ?

Il faut pour cela envisager une méthodologie d'évaluation procédant, à ce stade, non plus de l'agrégation mais de la combinaison. L'information produite doit permettre de dégager le « niveau de durabilité » de l'espace étudié. Et, dans le cas de l'identification d'atouts et de lacunes, la question des mesures compensatoires prend ici tout son sens : le décideur va ainsi être amené à faire des choix de manière à pallier une lacune. Ce principe compensatoire, qui est développé jusqu'ici dans le domaine environnemental, pourrait s'appliquer en fait à chacune des sphères, celle(s) dans

laquelle un territoire serait « déficitaire ». **Ainsi, à partir d'une méthodologie d'évaluation basée sur l'égalité des sphères, il serait possible d'identifier, de la manière la plus neutre, la plus objective et la plus globale possible, les forces et les faiblesses d'un territoire en matière de durabilité.** A charge ensuite aux décideurs, à partir de cet outil, de déterminer eux-mêmes les mesures compensatoires qu'ils jugent nécessaires d'y apporter. De cette façon, la manière d'envisager la durabilité (éco-centrée ? anthropocentrée ?...) serait laissée à la discrétion des preneurs de décisions : nous pouvons facilement penser que les mesures prises ne seront pas les mêmes selon l'orientation politique et la vision du monde des personnes amenées à faire les choix. **L'outil scientifique d'évaluation, en même temps qu'il fournirait un processus rigoureux de synthétisation, offrirait ainsi une garantie de « neutralité »¹³ quand à l'épineuse question du poids des sphères et de la manière de concevoir le développement durable.**

Si l'objectif de durabilité implique de s'orienter vers un meilleur équilibre entre économie, social et environnement, nous voyons qu'il oriente les actions vers la logique de compensation, visant, en dernier recours, à corriger les effets néfastes d'un aménagement. Ce principe aujourd'hui développé dans le domaine environnemental pourrait s'envisager pour chacune des sphères dans le cadre d'une recherche de l'équilibre. Ainsi, la méthodologie scientifique développée doit s'attacher à fournir une évaluation objective accordant une égale importance à toutes les dimensions du développement durable, là où les choix politiques et stratégiques doivent relever des acteurs et décideurs du territoire étudié.

Conclusion du chapitre 3

Si nous souhaitons prendre un peu de recul à l'heure de conclure ce chapitre, nous pouvons dire que la difficulté théorique d'appréhender le concept de développement durable se retrouve dans la difficulté technique à mettre en place des indicateurs synthétiques visant à évaluer cette durabilité. Notamment, la question du proces-

13. Nous mettons entre guillemets cette notion de neutralité car il est dans l'absolu bien difficile, voire impossible d'obtenir dans une communauté humaine une authentique neutralité. De même que l'on peut se demander si un pays se proclamant « neutre » l'est véritablement, toute action, toute décision, y compris dans le domaine scientifique, peut se voir influencée par des valeurs, des idées, des concepts, parfois inconsciemment. Nous avons vu que le concept même de développement durable qui préside à ces travaux est lui-même, en réalité, fondé sur divers partis pris...

Le processus d'agrégation des indicateurs sectoriels en indicateurs de synthèse est rendu délicat par les multiples manières d'envisager la durabilité d'un territoire. Quelles pondérations ? Quelle méthode de lecture des données synthétiques produites ? Quels supports techniques pour mieux identifier les forces et les faiblesses d'un territoire et en déduire les actions à mener ? Ces questions sont celles qui vont nous conduire à formuler, dans le chapitre suivant, des propositions méthodologiques.

Chapitre 4

Proposition d'une méthodologie

Les éléments mis en lumière dans les chapitres précédents nous conduisent ainsi à formuler dans ce chapitre 4 des propositions qui s'efforcent de tenir compte des principales exigences soulevées plus haut. A savoir, le recours à une production d'indicateurs synthétiques destinés à fournir des données exploitables, par un processus à la fois rigoureux et simple, dans le but de l'intégrer à un processus concret de décision d'aménagement. Nous nous appuyons donc sur les données de sorties d'un modèle LUTI, MobiSim, dont nous présentons les caractéristiques. Puis nous sélectionnons, avec prudence et le recul critiques indispensables, neuf indicateurs à valeur de test pour l'élaboration d'un processus méthodologique dont nous présentons les aspects théoriques destinés à être appliqués sur une aire d'étude (Besançon). Enfin, nous n'oublions pas la nécessité d'intégrer une dimension participative à ce processus, avec l'intégration d'une enquête de terrain.

4.1 Données et outils : MobiSim...

Notre travail va consister en un traitement de données issues de la simulation en vue de produire une information synthétique et exploitable dans la perspective de l'évaluation des politiques d'aménagement. Ce travail nécessite donc le recours aux indicateurs qu'il va s'agir d'analyser puis de transformer dans l'optique de produire une donnée globale permettant de juger des performances d'un territoire en matière de durabilité. Avant d'exposer cette méthodologie, il convient ici de s'arrêter sur les données de départ à partir desquelles nous avons effectué notre choix d'indicateurs. Pour analyser la durabilité d'un territoire à l'aune de ses caractéristiques modélisées, nous avons recours au modèle LUTI MobiSim, actuellement développé et exploité par le laboratoire ThéMA. Son objectif est de développer une plateforme de simu-

lation pour l'étude prospective des mobilités quotidiennes et résidentielles dans les agglomérations françaises. Ceci dans le but d'identifier l'impact de ces mobilités dans le processus d'aménagement urbain et d'en maîtriser son étalement. Ce modèle de simulation est le fruit de nombreuses évolutions et caractéristiques qu'il nous paraît important d'évoquer ici, afin de mettre en perspective l'utilisation de MobiSim dans l'optique d'une meilleure prise de décision pour parvenir à construire une ville plus durable.

4.1.1 Historique et spécificités

MobiSim s'est vu porté par deux acteurs depuis sa création en 1999 : la société ATN, jusqu'en en 2007, puis le laboratoire Théma, depuis 2008, avec des financements réguliers de la part de l'Etat (Ministère de l'écologie, ADEME, PREDIT).

4.1.1.1 Philosophie et évolutions d'un modèle LUTI

Le modèle MobiSim a été fondé au début des années 2000 par la société ATN¹, pilotée par P. Casanova, avec comme objectif l'étude des interactions entre transport et aménagement urbains, dans le cadre de la diffusion des modèles LUTI. Intégrant la logique systémique, MobiSim avait pour objet « *l'étude de l'évolution complexe du système de façon macroscopique, au travers de boucles de rétroactions* » (Casanova *et al.*, 2005). Nous trouvons ainsi dès le départ la volonté de fonder un modèle de prospective pour l'aide à la décision fondé sur l'analyse de la complexité et des dynamiques du système urbain, intégrée dans le programme de modélisation (Antoni, 2011 ; Hirtzel, 2015). Conçu sur la base de données de plus en plus désagrégées (passage d'une ville découpée en trois zones à un découpage par IRIS, individualisation de tous les agents), sa première évolution majeure, au sein d'ATN, sera de débaucher sur une modélisation de type multi-agent (MobiSim SMA) permettant l'étude des comportements démographiques et des mobilités des ménages et entreprises du territoire étudié. MobiSim s'inscrit ainsi dans la gamme des modèles fondés sur la micro-simulation et l'approche individu-centrée (Casanova *et al.*, 2005 ; Hirtzel, 2015). Les simulations s'appuient sur une population synthétique d'agents, caractérisés par des attributs, dont les déplacements sont générés par le recours au modèle à quatre étapes que nous avons évoqué plus haut, combiné à différents modèles d'évolution de l'occupation des sols.

1. Applications de Technologies Nouvelles

En 2008, le modèle MobiSim change de main et se voit porté au sein du laboratoire de recherche ThéMA. La philosophie reste la même : il s'agit de donner au projet MobiSim deux dimension complémentaires (Antoni *et al.*, 2009) :

- Une dimension « théorique », par la mise en place d'une plate-forme générique, permettant la réflexion quant à l'évolution des formes urbaines, l'impact des politiques de transport et d'urbanisme et les interactions pouvant être identifiées entre les différents leviers de décisions
- Une dimension « appliquée », en créant un outil d'aide à la décision capable de modéliser et d'analyser différents scénarios d'aménagement, en prise avec les problématiques locales.

La phase d'appropriation du modèle par le laboratoire ThéMA a permis de mettre en avant les principaux écueils du modèle. En particulier, le temps de calcul important dû à la masse de données, et l'architecture mixte entre données agrégées et désagrégées selon les différents modèles utilisés, faisant en fait osciller le modèle entre démarche agrégée et démarche individu-centrée, empêchant celui-ci d'être un véritable SMA (Antoni *et al.*, 2009). Une refonte théorique du modèle a ainsi permis de déboucher vers une uniformisation de l'approche individu-centrée, simplifiée par le fait qu'un seul type d'agent fut conservé, celui des individus regroupés dans des ménages. MobiSim était alors caractérisé par :

- une approche multiscalaire, représentant 3 niveaux de l'espace géographique (global, zonal, cellulaire), permettant la prise en compte des divers processus pouvant intervenir à différentes échelles.
- un couplage entre système multi-agent pour les activités des ménages et automates cellulaires pour les mobilités résidentielles et les dynamiques d'occupation des sols.
- une architecture modulaire détaillée, chaque module répondant à une problématique qui lui est propre.

MobiSim a par la suite connu un certain nombre d'évolutions, notamment en ce qui concerne les modèles de mobilités et de développement résidentiel. Le processus de décision des ménages prend mieux en compte la complexité d'un choix pouvant être contraint par un scénario élaboré en amont. Des scénarios d'aménagement traduisant une volonté d'application d'une politique publique, exogène à la simulation elle-même, peuvent désormais être implémentés dans le modèle et mieux satisfaire les attentes actuelles des aménageurs et décideurs. Le modèle à quatre étapes a été amélioré pour intégrer la modélisation du coût généralisé des déplacements (notion sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir) et le découpage temporel des activités dans la journée, selon un planning défini. Enfin, la génération de la population synthétique a été repensée pour mieux intégrer les dynamiques géographiques (Hirtzel, 2015).

MobiSim est ainsi aujourd'hui fondé sur une plateforme regroupant différents modèles permettant la simulation des évolutions des processus d'urbanisation, en appréhendant leur dimension spatiale, économique, environnementale et démographique. Grâce à la prise en compte de la complexité et de l'aspect systémique des espaces urbains, ses évolutions successives conduisent aujourd'hui à la possibilité d'élaborer des scénarios d'aménagement en simulant les mobilités (quotidiennes ou résidentielles) des individus composant un territoire urbain. MobiSim se présente donc comme un modèle LUTI dont les caractéristiques principales sont sa forte intégration et son haut niveau de désagrégation, sur lesquelles nous allons nous arrêter pour étudier son architecture.

4.1.1.2 Un modèle fortement intégré et désagrégé

MobiSim peut en effet être identifié comme un modèle LUTI pleinement intégré : il intègre sept des huit sous-systèmes du système urbain identifiés par Wegener (à l'exception du sous-système des transports de marchandises)(*cf* chapitre 2). Le modèle de transport, qui se base sur un modèle à quatre étapes « amélioré », est pleinement intégré au modèle, sans nécessiter de recourir à une connexion externe. De plus, MobiSim présente une structure « unifiée », c'est à dire que la structure de données est accessible à tous les sous-modèles, présentant ainsi une cohérence théorique et organisationnelle. Si l'on s'en réfère au tableau descriptif présenté plus haut, nous pouvons ainsi classer MobiSim dans la catégorie des modèles LUTI intégrés et

unifiés, de type quasi-dynamique s'appuyant sur une forte désagrégation des données, ce qui en fait un modèle de simulation performant et pertinent pour simuler les évolutions d'un système urbain, tant d'un point de vue temporel (processus itératif permettant la prise en compte des dynamiques urbaines) que structurel (possibilité de recours à des données fortement désagrégées). Il peut d'ailleurs se caractériser par une triple désagrégation (Antoni *et al.*, 2016) :

- Au niveau de l'agent (individu), permettant une modélisation précise et fine des évolutions démographiques, des choix de modes de transport et de localisations résidentielles.
- Au niveau de l'entité spatiale (échelle du bâtiment), permettant l'analyse des mobilités sur de courtes distances (mobilités piétonnes notamment) et l'étude fine de différents scénarios de développement résidentiel.
- Au niveau de l'échelle temporelle, permettant le détail précis des plannings d'activités des individus durant une journée.

Cette triple désagrégation rend possible l'élaboration d'un nombre important de variables, pouvant d'ailleurs par la suite être réagrégées selon les caractéristiques des entités de référence. Ainsi, cela multiplie les champs d'analyses possibles des résultats.

Le processus de simulation consiste ensuite à modéliser deux systèmes spatiaux en interaction : le système résidentiel et celui des mobilités quotidiennes. Composés chacun de plusieurs modules, ils sont calibrés à partir de données adéquates et interliés les uns aux autres. Ils s'appuient sur la génération d'une population synthétique, représentant de manière réaliste des individus regroupés dans des ménages et localisés dans des logements. Ce cadre *agent/espace* va permettre la modélisation des mobilités quotidiennes à partir d'un modèle dont les quatre étapes sont regroupées deux à deux². Fondé sur différents types de données³, ce processus ité-

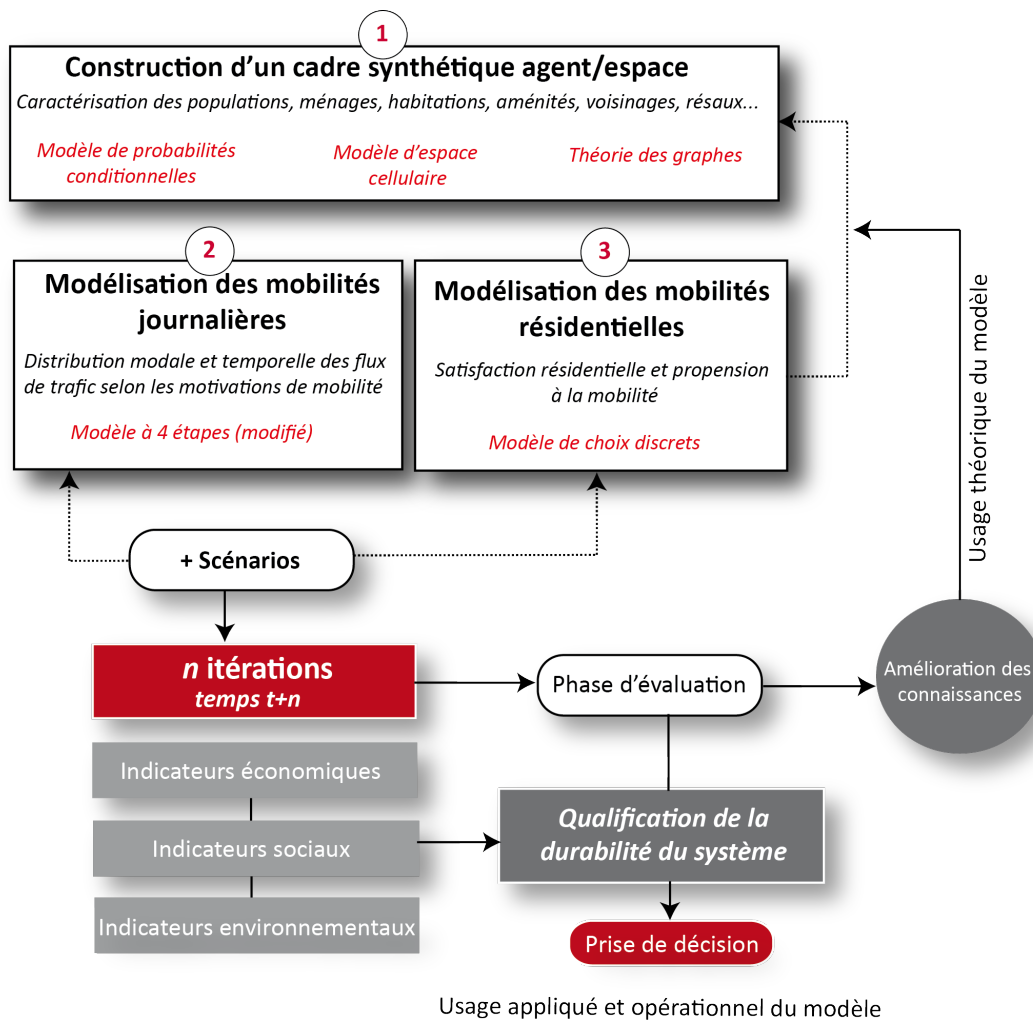
2. ((1) Génération des plannings d'activités et génération des déplacements qui en découlent, (2) affectation sur le réseau rétroagissant sur le choix du mode de transport), puis des mobilités résidentielles (choix de déplacements des ménages fondés sur leur satisfaction résidentielle, leur mobilité intrinsèque à leur mode de vie et leur intérêt global à migrer au sein de la zone d'étude)

3. Base de données socio-économiques et géographiques, PLU et documents de prospective, données locales fournies par les collectivités quant aux comportements spécifiques à la zone d'études, enquêtes *ad hoc* permettant de mieux calibrer le modèle.

II. Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique

ratif de simulation va produire des résultats à différentes étapes temporelles ($t+n$) qui permettront d'analyser l'évolution de l'espace en s'appuyant sur différents indicateurs élaborés à partir des données de sorties du modèle afin de caractériser l'espace et d'en tirer des conclusions quant aux mesures à envisager à l'aune des choix d'aménagement effectués.

FIGURE 4.1 – Connexion et interdépendance des étapes de modélisation dans *MobiSim*, d'après Antoni, 2010



Ce processus est formalisé dans la figure 4.1 qui permet d'identifier les interactions existantes entre les différentes étapes et les différents modèles composant *MobiSim*⁴

4. Notons que *MobiSim*, modèle LUTI, peut s'appuyer sur des logiciels de simulation plus spécifiques permettant la simulation de milieux urbains : nous pouvons citer entre autres *Mup-city*, *Morpholim* (simulation du développement de l'urbanisation à partir du principe de fractalité des structures urbaines) ou encore *LucSim* (automate cellulaire analysant l'évolution de l'occupation des sols)

MobiSim offre ainsi la possibilité d'une modélisation fine des processus d'évolution urbains, grâce à une architecture intégrée et unifiée permettant, grâce à une forte désagrégation, de générer des simulations précises donnant de vastes possibilités d'analyses de résultats. En se penchant sur l'impact des choix de localisation résidentiels et l'étude des mobilités, il permet de simuler l'évolution de la structure urbaine et de son environnement en fonction des scénarios d'aménagement envisagés. Il offre en outre une orientation socio-démographique et environnementale originale qui tranche avec la plupart des modèles LUTI davantage focalisés sur les aspects économiques.

4.1.2 Un outil développé pour l'aide à la décision

Le développement de MobiSim conduit ainsi à envisager les débouchés concrets que celui-ci peut offrir vis-à-vis des politiques d'aménagement urbain.

Intégration au sein du projet VILMODES

MobiSim offre l'opportunité de tester l'impact de scénarios d'aménagement issus de prises de décisions locales. A partir de données exogènes en entrée (*input*), il peut permettre à des décideurs de visualiser et d'évaluer l'impact de leurs choix en matière de politique de logements, de transports (aussi bien concernant l'évolution des plans tarifaires que celle des infrastructures), tout en pouvant prendre du recul à partir de simulations concernant des enjeux plus généraux tels que l'évolution des prix des carburants, les pollutions atmosphériques ou l'évolution structurelle de la population. Cela s'appuie sur le traitement des données de sorties du modèle. Le traitement de celles-ci aboutit à la production de multiples indicateurs, qu'il convient ensuite d'exploiter. Les scénarios d'aménagement choisis doivent ainsi pouvoir être évalués, à l'issue de leur simulation, en s'appuyant sur les indicateurs fournis. La difficulté, ici, réside dans l'identification et la sélection d'indicateurs pertinents. Dans l'optique d'une analyse fondée sur la durabilité des territoires, il s'agit ainsi de déterminer quels indicateurs vont être retenus, sachant qu'il convient d'en identifier couvrant les trois champs relatifs au développement durable (Figure 4.2) . Une des finalités de MobiSim est donc d'être un outil de réflexion théorique permettant d'élaborer des scénarios pouvant influencer et de guider des politiques urbaines. Parallèlement, ce modèle doit pouvoir devenir une plate-forme opérationnelle permettant l'aide à la décision. A ce titre, après une phase de développement et de reprise en main par

FIGURE 4.2 – Résumé du processus de production d'indicateurs à partir de *MobiSim*



le laboratoire Théma que nous avons évoquée plus haut, *MobiSim* est devenu un support de travail dans des projets de recherche en aménagement. Développé sur le terrain d'étude bisontin durant sa phase d'appropriation Théma, *MobiSim* s'est vu intégré au coeur du programme VILMODES⁵, mené par le laboratoire Théma⁶, le LET⁷ et son modèle de simulation SIMBAD et le LVMT⁸, ce projet a permis une mise en commun des techniques de modélisation et les outils de prospectives appliqués sur deux terrains d'études, celui des agglomérations de Besançon et Lyon, le terrain d'étude bisontin modélisé par *MobiSim*, le lyonnais par SIMBAD. . Faisant collaborer plusieurs laboratoires de recherche, ce projet avait pour vocation de construire des scénarios prospectifs en aménagement urbain en se basant sur les dynamiques de localisation et de mobilité sur les deux prochaines décennies, appuyés sur l'utilisation de différents modèles de simulation dont *MobiSim*. Ce programme de recherche nous offrant ici un bon exemple de l'application concrète de l'évaluation et de la modélisation dans le cadre de projets d'aménagement, il nous semble intéressant d'en exposer ici les grandes lignes⁹.

A partir des données de simulation de *MobiSim* et de SIMBAD, la réflexion a été conduite sur les différents indicateurs auxquels recourir, en fonction de leur pertinence pour l'évaluation, au vu des thématiques qu'ils abordent. En ayant à l'esprit les différentes dimensions concernées par le développement durable, les principaux champs retenus ont été ceux de :

5. Programme de recherche soutenu et financé par le PREDIT durant plus de trois ans (2011-2014)

6. (UMR 6049, Université de Franche-Comté)

7. Aujourd'hui LAET, Laboratoire Aménagement Economie Transport (UMR 5593 du CNRS, de l'ENTPE et de l'Université de Lyon 2)

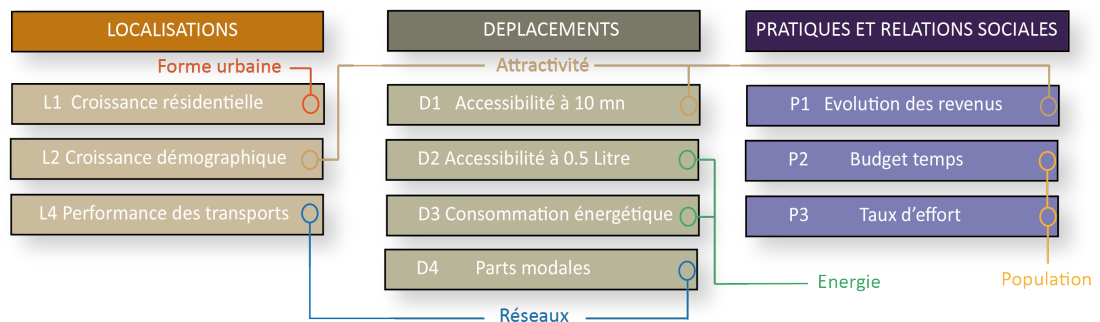
8. Laboratoire Ville Mobilité Transport (UMR T 9403 de l'Ecole des ponts, de l'IFSTTAR et de l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée)

9. Pour plus de détails, se référer au rapport final (Antoni *et al*, 2014)

- l'accessibilité économique, c'est à dire l'efficacité d'ensemble du système de déplacement de l'aire urbaine, prenant en considération la performance du réseau de transport et les différentes aménités urbaines accessibles
- l'accessibilité « sociale », c'est à dire l'accessibilité aux aménités et aux emplois en fonction de la localisation ou du revenu de chacun des groupes sociaux
- les impacts environnementaux, champ aux thématiques très divers, allant des pollutions et nuisances sonores aux problèmes d'occupation des sols
- l'équité dans les pratiques de mobilités, selon les contraintes de localisation et les fragilités, notamment budgétaires, des ménages.

L'identification de ces différents champs a ainsi conduit à la conception d'un système d'indicateurs, évaluant les champs présentés ci-dessus, à travers trois grandes thématiques : les localisations, les déplacements et les pratiques et relations sociales (Figure 4.3) Chacune de ces thématiques constitue donc un sous-système composé

FIGURE 4.3 – Les 10 indicateurs retenus dans le projet Vilmodes, d'après Antoni et al. (2014)



de trois ou quatre indicateurs ayant vocation à être complémentaires les uns des autres (Antoni et al., 2014) :

- Le sous-système *Localisations* est évalué par l'intermédiaire de trois indicateurs complémentaires : la croissance résidentielle indiquant l'évolution de la tache urbaine, la croissance démographique qui montre comment les densités s'y répartissent et la performance des réseaux qui montre dans quelles conditions les espaces les plus centraux peuvent être correctement reliés avec les espaces les plus périphériques.

- Le sous-système *Déplacements* est évalué par quatre indicateurs. Les deux premiers témoignent de l'accessibilité permise par les réseaux de transport dans chacun des trois scénarios. Le troisième, plus environnemental, tente d'évaluer les consommations énergétiques qui en découlent. Le quatrième fait référence aux comportements et aux programmes d'activité des usagers afin de quantifier la répartition modale des différents moyens de transport.
- Le sous-système *Pratiques et relations sociales* est composé lui d'indicateurs qui renseignent sur la qualité de vie et l'accessibilité sociale des trois scénarios simulés : évolution et répartition des revenus à l'horizon 2030, budget-temps et taux d'effort des ménages selon leur localisation au sein des aires urbaines.

Nous avons donc ici un système d'indicateurs veillant à évaluer l'espace à partir des données de sortie de simulation permettant d'offrir un aperçu des dimensions jugées incontournables dans l'évaluation de scénarios d'aménagements urbains. Ces indicateurs visent, par leur évaluation et leur exploitation, à fournir un support d'aide à la décision en permettant aux décideurs d'identifier les impacts de leurs choix sur l'évolution de l'aire urbaine étudiée. Il est important pour nous ici de souligner les principales conclusions issues du projet Vilmodes (Antoni *et al.*, 2014). Tout d'abord la question de la variabilité des résultats selon les différents territoires est soulignée : « (...) sur des agglomérations aussi différentes par leur taille et leur structure que Lyon et Besançon, des scénarios identiques dans leur principe théorique ne s'implémentent pas de la même manière et produisent des résultats différents, voire contradictoires, notamment dans les marges périurbaines. La modélisation urbaine, même si elle s'appuie sur un outillage général plus ou moins « universel » (les modèles) n'en reste pas moins toujours un cas particulier, qui n'est interprétable que dans un contexte nominal. ». Ensuite, la question de l'échelle d'interprétation des résultats a son importance « si la cartographie des résultats est possible à une échelle très fine, elle n'est souvent lisible et interprétable sur des territoires étendus qu'après avoir été généralisée dans des zones plus vastes ». Enfin, et surtout, d'un point de vue plus global, il est bien souligné qu'en ce qui concerne le recours aux indicateurs, le principal enjeu n'est pas de les produire mais « de les harmoniser et de les croiser dans une vision plus globale de l'avenir des villes. ». Il s'agit bien d'évaluer la performance du territoire par rapport aux objectifs fixés de durabilité, en produisant des indicateurs synthétiques à partir de l'agrégation de plusieurs indicateurs de base (à

l'image de ceux utilisés dans ce projet), dans le but d'avoir un outil global d'analyse permettant en outre d'envisager les mesures de compensation adéquate pour pallier aux faiblesses d'un territoire.

Nous voyons donc ici que l'enjeu de notre travail, au vu de l'état des lieux méthodologique effectué dans le chapitre 3, va être de s'appuyer sur des données de sorties de MobiSim pour en sélectionner des indicateurs permettant l'élaboration d'un processus méthodologique capable d'apporter des réponses aux conclusions énoncées ici.

4.1.3 Sélection de neuf indicateurs

De ce fait nous allons maintenant présenter les indicateurs sur lesquels nous comptons nous appuyer pour réaliser ce travail. Il nous faut réaliser une sélection permettant de produire une évaluation à la fois pertinente et simplifiée : pertinente quant à la représentativité des indicateurs choisis au vu des enjeux relatifs au développement durable, simplifiée par la limitation du nombre des indicateurs traités. Il s'agit en effet de réaliser l'architecture d'un processus méthodologique conduisant à la production d'indicateurs synthétiques dans chacune des trois sphères, comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent. Nous avons donc choisi, pour tester, neuf indicateurs, à raison de trois par sphère. Comme nous avons pu le voir dans le rapport Vilmodes, chacun à vocation à représenter une problématique crédible en lien avec les questions de durabilité du territoire. Ce choix, d'abord arbitraire, peut bien évidemment être sujet à discussion. Il s'est effectué par un choix raisonné d'indicateurs jugés représentatifs, en fonction, aussi, des possibilités offertes par les données de sorties de MobiSim. Il va de soi que d'autres indicateurs auraient pu être choisis. Mais ici, il s'agit pour nous de pouvoir procéder, à l'aide d'exemples, à l'élaboration de la méthodologie. Avant d'exposer celle-ci, nous allons décrire ici la composition des neufs indicateurs retenus.

4.1.3.1 Sphère économique

Nous souhaitons nous pencher ici sur divers aspects relatifs à la performance économique d'un territoire. Notamment, la question de l'accessibilité aux emplois et, incidemment, le coût des déplacements pouvant y être liés. Dans l'optique de politiques incitatives aux usages, plus écologiques, des transports en commun, l'intérêt de ceux-ci dans le temps de parcours pour les déplacements semble être également

une dimension à envisager.

1. Coût généralisé des déplacements, tous modes confondus

Objectif : Calculer le coût généralisé d'un point i vers tous les points j , quel que soit le mode de transport employé, et en déduire quel est le mode le plus attractif selon les différentes localisations.

Méthode : Calculer le coût généralisé de déplacement d'une cellule i vers un point j (Bonnafous *et al.*, 2009).

$$C_{ij} = P_{ij} + vT_{ij}$$

où :

- P_{ij} correspond au coût monétaire du mode n
- v à la valeur du temps
- T_{ij} au temps de déplacement en mode n

2. Performance du TC (Transport en commun)

Objectif : Déterminer les espaces desservis plus rapidement par les TC et modes doux que par le VP.

Méthode : Calculer le différentiel d'accessibilité (A) entre TC/MAP¹⁰ et VP¹¹ vers un point (Bonnafous *et al.*, 2010) en utilisant la distance temporelle en minutes.

$$A = T_{ij}TC - T_{ij}VP$$

où :

- $T_{ij}TC$ = Temps de trajet d'un point i à un point j par TC
- $T_{ij}VP$ = Temps de trajet d'un point i à un point j par VP

10. MAP = Marche à pied

11. VP = Véhicule particulier

3. Part des emplois accessibles

Objectif : Déterminer le potentiel d'emplois accessibles selon la distance temporelle au lieu de résidence.

Méthode : Calculer la distance temps à parcourir pour accéder à un nombre n d'emplois à partir d'une cellule i , en identifiant un périmètre d'accessibilité P aux emplois depuis la cellule d'origine (Crozet *et al*, 2012).

L'heure de départ devra être précisée pour intégrer le paramètre de la congestion.

$$P_i = d \text{ tel que } \overline{\{T_{ij} | T_{ij} < d\}} = n$$

où T_{ij} = distance en minutes entre i et j

4.1.3.2 Sphère sociale

Nous souhaitons nous attacher ici à évaluer la sphère sociale en recourant à des indicateurs ayant trait aux problématiques de mixité de la population ainsi que des potentielles ségrégations socio-spatiales pouvant en résulter. De même, la question de l'accessibilité aux aménités urbaines, notamment l'accès aux commerces et aux services, apparaît comme un enjeu social important.

1. Indice de mixité

Objectif : comparer l'hétérogénéité de la population des différentes unités spatiales ou zones d'études.

Méthode : Il s'appuie sur la répartition par CSP¹² de la population, évaluée par l'indice de Shannon-Wiener basé sur la notion d'entropie (Apparicio, 2000). Si H est égal à 0, l'unité spatiale est totalement homogène (seul un groupe social y réside) tandis qu'elle est très hétérogène pour une valeur de 1. L'indice permet ainsi de dégager les espaces à forte ségrégation sociale des espaces plus hétérogènes.

12. CSP = Catégorie socio-professionnelle

$$H = - \sum_{i=1}^n [(\frac{P_{ij}}{P_j}) \ln(\frac{P_{ij}}{P_j})]$$

où :

- n = Nombre de groupes
- P_{ij} = Population de la CSP i dans l'unité spatiale j
- P_j = Somme des populations des CSP 1 à n dans l'unité spatiale j

Pour pouvoir faire des comparaisons entre zones avec des catégories différentes, on utilise l'indice de Pielou (avec des valeurs entre 0 et 1), qui normalise l'indice de Shannon-Wiener :

$$J = \frac{H}{\ln K}$$

où K est le nombre de catégories présentes.

2. Indice de ségrégation

Objectif : Mesurer la ségrégation sociale relative au taux de chômage.

Méthode : Recours à l'indice de Duncan (Duncan et Duncan, 1955). Cet indice compare les distributions de deux groupes dans les unités spatiales. Ici, la population avec emploi et la population sans emploi (CSP7), la distribution d'une catégorie variant entre 0 (hétérogénéité : 50/50 entre les deux catégories) et 1 (homogénéité totale : 1 seule catégorie)(Apparicio, 2000).

$$IS = \sum_{i=1}^n [\frac{t_i |p_i - P|}{2TP(1-P)}]$$

où :

- t_i = Population totale dans l'unité spatiale i
- T = Population totale dans la ville
- p_i = Proportion du groupe CSP7 dans l'unité spatiale i
- P = Proportion du groupe CSP7 dans la ville
- n = Nombre d'unités spatiales dans la ville.

3. Accessibilité aux aménités urbaines

Objectif : Evaluer l'accessibilité de la population aux services de proximité

(niveau 1), dans un rayon de 400 m (Frankhauser *et al.*, 2010).

Méthode : Il s'agit de compter le nombre de commerces et services de niveau 1 (recours quotidien) dans des cellules bâties (à partir d'un carroyage d'une échelle de 400 m). Afin de pallier au problème des effets de bord, nous prendrons en compte les 8 cellules jouxtant la cellule i .

$$Si = \sum_j^n \frac{nj}{dij} + ni$$

où :

- ni est le nombre de services dans la cellule i
- nj est le nombre de services dans les cellules voisines, avec $\sum nj = 8$
- dij la distance entre i et j

4.1.3.3 Sphère environnementale

Dans le vaste domaine des préoccupations environnementales, il nous a paru pertinent de sélectionner des indicateurs relatifs à trois enjeux : le cadre de vie, les problèmes liés à la pollution, et ceux relatifs à l'artificialisation des sols.

1. Proximité aux espaces verts

Objectif : Evaluer la qualité du paysage et du cadre de vie par la proximité aux espaces verts.

Méthode : Calcul de la proportion d'espaces verts autour d'un espace bâti. A partir des données d'occupation des sols, calcul de la proportion d'espaces verts dans un rayon de 400 mètres autour d'une cellule i .

2. Pollutions atmosphériques

Objectif : Evaluer les nuisances dues au trafic routier par la mesure des pollutions atmosphériques dégagées par celui-ci.

Méthode : A partir des données produites par MobiSim, fournissant le nombre d'émissions de polluants rapporté au mètre, carroyage de l'espace en grille de cellules de 400 mètres. Dans chaque cellule i sera mesuré le nombre de mètres

de réseau routier et les valeurs d'émission de polluant qui s'y rapportent.

$$PAi = \sum_t Pt \forall t \cap i$$

où :

- Pt = émission de polluant atmosphérique par le tronçon t

3. Préservation des espaces agricoles

Objectif : Identifier un phénomène de mitage de l'espace à partir des espaces agricoles entourant un espace bâti.

Méthode : A partir là aussi des données d'occupation des sols, calcul de la proportion d'espace agricole autour d'une cellule bâtie. Découpage de l'espace par carroyage en cellules de 400 mètres. Calcul du nombre de cellules voisines d'une cellule bâtie i , occupées par un espace agricole. Une forte proportion de cellules agricoles signifierait un fort mitage (M) de l'espace.

$$Mi = \frac{\sum_j a}{j}$$

où :

- a = cellule occupée par un espace agricole

- j = cellule de voisinage

Ces indicateurs sélectionnés, la question se pose de l'échelle d'analyse : sur quel maillage traiter, analyser et transformer les données ? Il apparaît clairement que le recours à un maillage administratif (commune, IRIS, îlot) ne saurait retranscrire la diversité des espaces qui les composent. Ainsi, le recours au carroyage nous semble pertinent : il s'agit d'analyser l'espace par le biais d'une grille le découpant en cellules régulières, de nature à identifier les variations pouvant apparaître, parfois sur de courtes distances. Il a été décidé que les indicateurs seraient calculés, agrégés et analysés dans une grille de cellules de 400 mètres de côté. Nous avons testé plusieurs mailles et cette taille présente plusieurs avantages : elle correspond à la distance de référence pour l'accessibilité aux usages urbains d'usage quotidien (Frankhauser *et al.*, 2010), et évite les pièges d'un maillage trop fin¹³. Pour les indicateurs sociaux et

13. Il est clair que nous pouvions choisir, par exemple, un maillage de 100 mètres de côté : outre le fait que cette échelle posait des problèmes de pertinence pour l'analyse de certains indicateurs

économiques, les données produites par la simulation seront agrégées à travers ces cellules tandis que pour l'environnement, un traitement sera effectué à l'aide d'un SIG (Arc GIS) à partir des données d'occupation des sols (BD TOPO ou Corine Land Cover).

Ces neuf indicateurs sélectionnés en s'appuyant sur les sorties du modèle MobiSim, dans le but de procéder à une évaluation basée sur un nombre limité d'indicateurs, sont ainsi jugés représentatifs, et doivent conduire à la production d'un indicateur synthétique pour chacune des sphères dans le but de produire une donnée d'analyse des performances d'un territoire en matière de durabilité. Ces neuf indicateurs seront traités, après des tests théoriques, sur le territoire de la Communauté d'agglomération du Grand Besançon, dans le but de s'appuyer sur un territoire réel pour vérifier la pertinence des choix méthodologiques.

4.2 ...pour un processus méthodologique...

Nous allons nous attacher ici à décrire le processus méthodologique que nous avons choisi pour réaliser cette évaluation, au vu des éléments mis en lumière dans le chapitre précédent.

4.2.1 Présentation du processus

Nous avons pu voir, à la fin du 3.2, que se distinguaient des méthodologies générales visant à construire des indicateurs synthétiques pour chacune des sphères. Nous avons pu souligner également, dans le 3.3., notre choix de donner un poids égal à chacune des sphères. Enfin, nous avons insisté sur la nécessité de recourir à une innovation méthodologique permettant la combinaison des indicateurs synthétiques dans la dernière étape du processus, ceci afin d'avoir une évaluation d'un territoire en fonction de sa performance globale en matière de durabilité. Partant de là, nous avons établi un processus méthodologique de manière à produire de telles informations, à partir de données de base, issues ici des données de sorties de MobiSim identifiées dans la partie précédente.

(proximité aux aménités, accessibilité aux emplois...), elle génère en plus des difficultés techniques en raison de la lenteur des calculs.

4.2.1.1 Philosophie et objectifs

Le processus méthodologique présenté ici se veut une synthèse des éléments étudiés plus haut et des réflexions conduites depuis le début de ce travail. Il s'agit en effet, nous l'avons vu dans la première partie, de produire des éléments d'aide à la décision qui puissent à la fois allier la rigueur de l'expertise scientifique à une relative facilité de compréhension par les acteurs locaux. De même, il s'agit de définir un processus général d'évaluation des territoires tout en en faisant un outil adaptable à chaque territoire sur lequel il sera appliqué (*cf* chapitre 2). Sur cette base, il convient donc de simplifier les données brutes, ici issues des sorties de modèles, pour produire des indicateurs synthétiques plus lisibles et exploitables, tout en évitant une trop grande multiplicité d'étapes d'agrégation, comme souligné dans le chapitre 3. Enfin, nous avons également expliqué notre choix de privilégier une approche qui accorderait le même poids aux différentes sphères composant le développement durable. Ce processus doit également s'inscrire dans une démarche « participative », qui inclut le plus possible les acteurs, experts et décideurs au processus de décision, ce qui implique ici une participation au processus d'élaboration de ces données de synthèse.

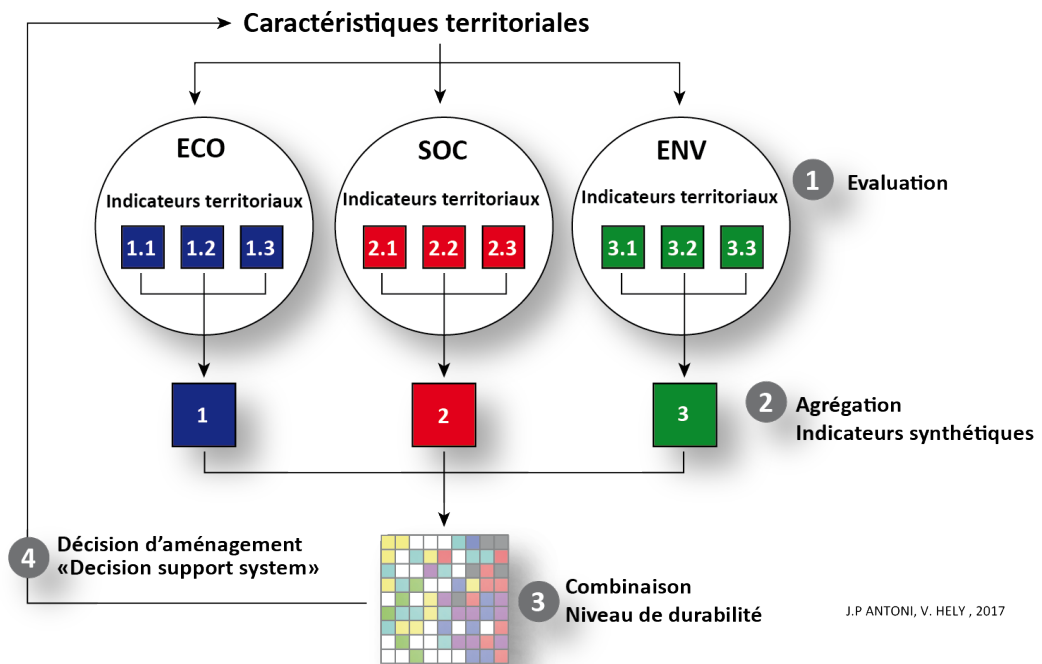
En nous appuyant sur les acquis méthodologiques identifiés plus haut, nous proposons donc un processus qui s'insère dans une démarche plus large, celle de la conduite d'un projet d'aménagement, en y intégrant l'outil de modélisation et en voulant rendre ses données de sorties plus opérationnelles et compréhensibles, nous aurons l'occasion d'y revenir. Cette méthodologie est représentée dans la figure 4.4. Elle décrit le processus visant à établir un diagnostic relatif à la durabilité d'un territoire, en montrant le cheminement à partir des données de départ jusqu'aux données finales devant servir à identifier le niveau de durabilité de chaque espace du territoire. Elle est construite de manière à répondre aux impératifs décrits plus haut. Nous allons ici décrire chaque étape en nous appuyant sur les tests théoriques effectués au début de ce travail. Nous présenterons ensuite, dans la troisième partie, les résultats obtenus par l'application de cette méthodologie sur notre terrain d'étude.

4.2.1.2 Les quatre étapes du processus

Nous pouvons décomposer notre méthodologie en quatre étapes principales.

1. **L'évaluation.** Cette première phase consiste en l'analyse des données de base, ici, les indicateurs de sortie des modèles. Il s'agit de déterminer quelle valeur

FIGURE 4.4 – Proposition d'un processus méthodologique



va être donnée à chaque indicateur en fonction des performances attendues. Cette étape peut être éminemment subjective, en ce sens que chaque indicateur peut être évalué en fonction des objectifs fixés dans le domaine qu'il mesure : à partir de quelle proximité aux espaces verts considère-t-on que la performance de l'espace est positive ? A partir de quelle distance aux emplois peut-on considérer qu'un point du territoire est défavorisé ? L'interprétation des informations données par ces indicateurs se fait ainsi à l'aune de ce que perçoivent et envisagent les acteurs et décideurs du territoire évalué. L'évaluation des indicateurs de départ requiert ainsi le recours aux experts, de manière à produire une évaluation la plus objective possible, avec les limites que nous avons identifiées, pour interpréter les données produites. Il s'agit en tous les cas d'une démarche que l'on pourrait qualifier de *top down*, puisqu'elle se fonde sur la perception des décideurs et surtout sur le savoir des experts, s'imposant ainsi « par le haut ». Techniquement, cette étape comprend deux phases : celle de normalisation des données. Chaque indicateur ayant une échelle de valeur lui étant propre, il va s'agir de normaliser tous ces indicateurs sur une échelle de valeur commune, déterminée à l'avance, de manière à avoir une graduation des valeurs comparable pour chaque indicateur, permettant leur évaluation et, pour la suite, leur agrégation. Ici, nous allons par exemple standardiser toutes

les valeurs sur une échelle de 0 à 10. A partir de là, il s'agit de déterminer les seuils à partir desquels les performances vont être jugées positives ou négatives. Nous touchons ici à un questionnement important : celui du recours à une logique graduelle plutôt qu'une logique binaire. En effet, la complexité du monde réel et, dans certains cas, la nature des indicateurs retenus (qualité d'accès aux espaces verts, niveau d'emploi, consommation énergétique, *etc.*) tendent à nous éloigner d'une logique binaire qui verrait s'opposer des espaces « totalement bons » à des espaces « totalement mauvais ». De ce fait, il est souvent préférable de privilégier des indicateurs « à logique graduelle », dont l'évaluation (bon ou mauvais) dépendrait d'un seuil de nature variable. Le travail d'expertise consisterait ainsi à déterminer ces seuils, à partir desquels chaque indicateur pourrait être évalué en fonction de sa performance (bonne, moyenne ou mauvaise par exemple).

2. **L'agrégation.** Cette phase consiste en la production d'indicateurs synthétiques, comme nous avons pu le voir dans l'état des lieux méthodologique présenté plus haut. Les indicateurs de base, évalués par expertise, vont à présent être agrégés en un indicateur synthétique pour chacune des sphères. Cette étape, d'un point de vue méthodologique, voit une réflexion se portant principalement sur la question de la méthode d'agrégation. Comme nous avons pu le voir, la manière d'agréger les données peut faire varier les résultats et nécessite donc une réflexion sur l'opérateur d'agrégation choisi. Cette réflexion, là aussi, dépend du poids que l'on souhaite accorder à chaque indicateur, ainsi que de la manière de synthétiser. Cette réflexion doit là aussi être conduite en concertation avec les acteurs de terrain. Mais cette fois, il nous semble opportun d'envisager, plutôt qu'un recours à l'expertise, un recours à l'avis général, afin d'identifier, pour l'ensemble d'une population du territoire, la valeur et la signification qui peut être accordée à chaque indicateur de départ. Nous nous situerions ici davantage dans une démarche *bottom-up*. Nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur ce point.
3. **La combinaison.** Nous touchons ici à l'aspect original et novateur de la méthodologie. Comme nous l'avons souligné à la fin du chapitre précédent, une fois les indicateurs synthétiques produits, pour chaque sphère, comment les exploiter pour les interpréter ? Comment déterminer, à partir d'eux, la du-

tabilité globale de l'espace ? Ces indicateurs synthétiques, quantifiés, devront être à leur tour évalués en fonction de leur valeur afin de déterminer leur performance. Il s'agit là aussi d'identifier à partir de quelle valeur l'on peut considérer qu'une sphère dispose d'un « bon » indicateur, permettant de déduire que l'espace étudié présente une bonne performance dans ce domaine. Une fois ces seuils identifiés, il va s'agir de combiner les trois indicateurs synthétiques pour déduire la performance générale de l'espace étudié en matière de durabilité, en nous appuyant sur le schéma des trois sphères (cf chapitre 1). Une combinaison de bonne performance dans chacune des trois sphères va conduire à un niveau de durabilité que l'on pourrait qualifier d'« optimal », là où une mauvaise performance dans les trois verra à l'inverse cet espace identifié comme globalement mauvais. Entre les deux, des niveaux intermédiaires permettront de catégoriser l'ensemble de l'espace selon son niveau de durabilité, nous le verrons dans la partie suivante.

4. **La décision d'aménagement.** Une fois effectuée la combinaison, les nouvelles données produites permettent ainsi une analyse synthétique et globale permettant d'appréhender la durabilité du territoire. Le découpage de celui-ci dans un espace carroyé, comme nous l'avons expliqué plus haut, vise ainsi à permettre une analyse détaillée et d'identifier différents types d'espaces composant le territoire en fonction de leur niveau de durabilité. La visualisation de ces informations, sous la forme de production cartographique et d'analyse quantitative des données, peut ainsi permettre aux décideurs d'avoir une vision générale à partir de laquelle ils vont pouvoir orienter leurs décisions d'aménagement. Notamment, la question des mesures compensatoires devrait ici pouvoir s'inscrire dans une dimension spatiale, les informations produites ici permettant l'identification de différents niveaux de durabilité selon les différents espaces.

Voici donc, en résumé, la description du processus méthodologique que nous proposons ici. Celui-ci se veut participatif, au sens où nous avons pu montrer qu'il permet de mobiliser les différents acteurs et parties prenantes du territoire selon les étapes (experts, modélisateurs, décideurs, grand public). Il se veut également être un outil lisible, en ce sens qu'il propose une démarche relativement simplifiée et donc compréhensible quant à l'élaboration d'indicateurs synthétiques puis combinatoires à partir

des données fournies par la modélisation. Enfin, cette ossature méthodologique nous semble pouvoir être reproductible sur différents territoires tout en permettant la prise en compte, par son processus participatif et spécifique dans le traitement des données, les caractéristiques propres à chaque territoire étudié.

Ces postulats demandent évidemment à être démontrés et critiqués, notamment avec la mise en application concrète de cette méthodologie à partir des indicateurs choisis plus haut. Nous allons ainsi nous attacher à décrire maintenant plus en détail la mise en oeuvre des quatre étapes du processus. Il convient de préciser que, de la même manière que pour le choix d'indicateurs, certains choix, notamment pour l'évaluation, seront là aussi arbitraires et théoriques, le but ici étant de tester la faisabilité de la méthodologie.

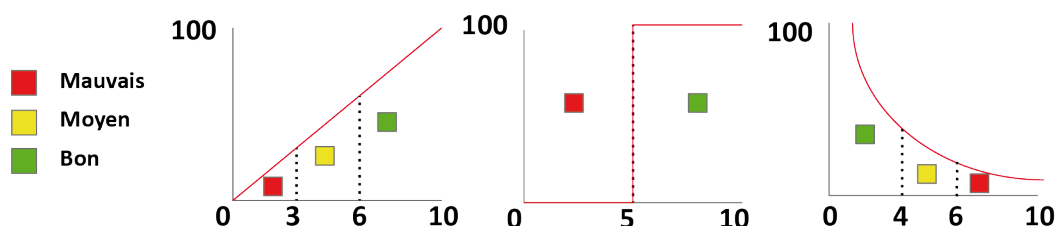
4.2.2 Évaluation et pondération

La première étape du processus consiste à traiter les données brutes pour les rendre interprétables. Leur normalisation doit ensuite permettre leur évaluation.

4.2.2.1 Logique graduelle

Nous avons indiqué précédemment la nécessité du recours à une logique graduelle. Cela a pour but de permettre une évaluation plus fine des indicateurs. Chaque indicateur ayant ses spécificités, il va de soi que leur évaluation va varier. Ainsi, sur une échelle normalisée de 0 à 10 commune à chacun des neuf indicateurs, les seuils déterminant l'identification d'une performance vont varier. Le recours à une expertise affinée pourrait conduire à identifier différents types de fonctions représentatives de la distribution des données, à partir desquelles vont pouvoir être déterminés ces seuils, comme le montre l'exemple théorique décrit dans la figure 4.5. Cette logique

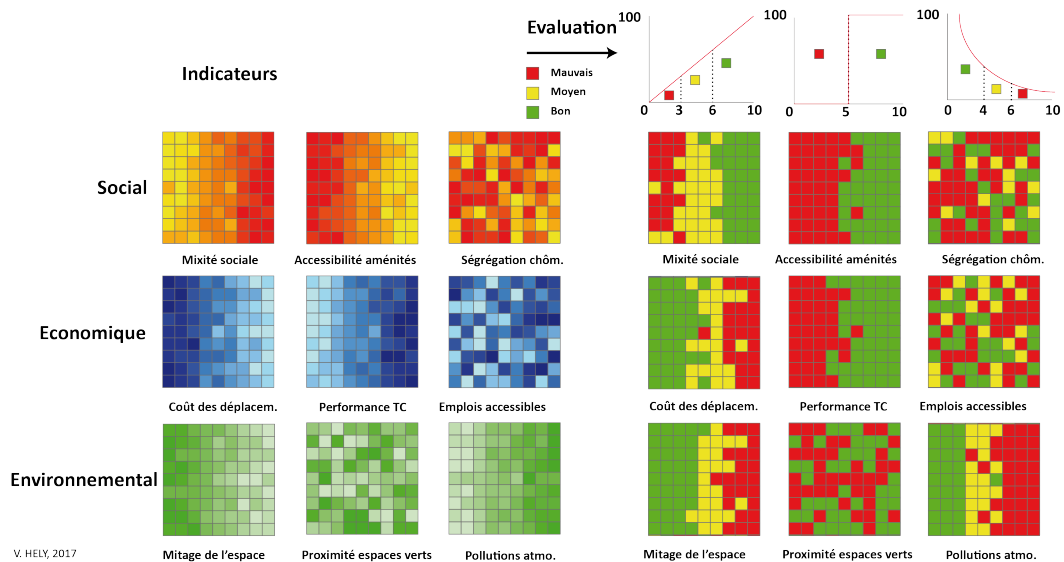
FIGURE 4.5 – *Évaluation graduelle*



permet donc de reproduire une situation dans laquelle chaque indicateur possède une évaluation qui lui est propre. Devant l'étendue de l'échelle de données (de 0 à

10), il semble important, dans une logique de simplification et de lisibilité, de regrouper les différents types d'évaluation des performances dans un nombre de catégories restreintes. Le nombre de trois, (performances *mauvaises*, *moyenne* ou *bonne*) nous semble ici le plus approprié, de manière à faire émerger une catégorisation de chaque indicateur dans un de ces trois états, catégorisation quantifiée à partir de laquelle s'appuiera la suite du processus relatif à l'analyse. Nous pouvons illustrer ce raisonnement à partir de la figure 4.6, toujours à partir d'exemples théoriques, où nous avons simulé l'évaluation de chaque indicateur selon les trois exemple-types de fonctions de distribution des données (choisies ici répétons-le, de manière arbitraire à titre de simple expérimentation théorique). Nous pouvons ainsi voir émerger, pour

FIGURE 4.6 – *Tests théoriques d'évaluation des indicateurs selon différents seuils*



chaque grille représentant l'espace évalué en fonction de l'indicateur concerné, une évaluation catégorisée de manière simple et uniforme. L'examen de la figure nous montre en outre la variété des résultats possibles entre les différents indicateurs. La répartition spatiale est fort différente, par exemple, entre indicateur de ségrégation et taux de chômage. Il s'agira de voir plus loin ce qu'il en sera dans la réalité de notre aire d'étude.

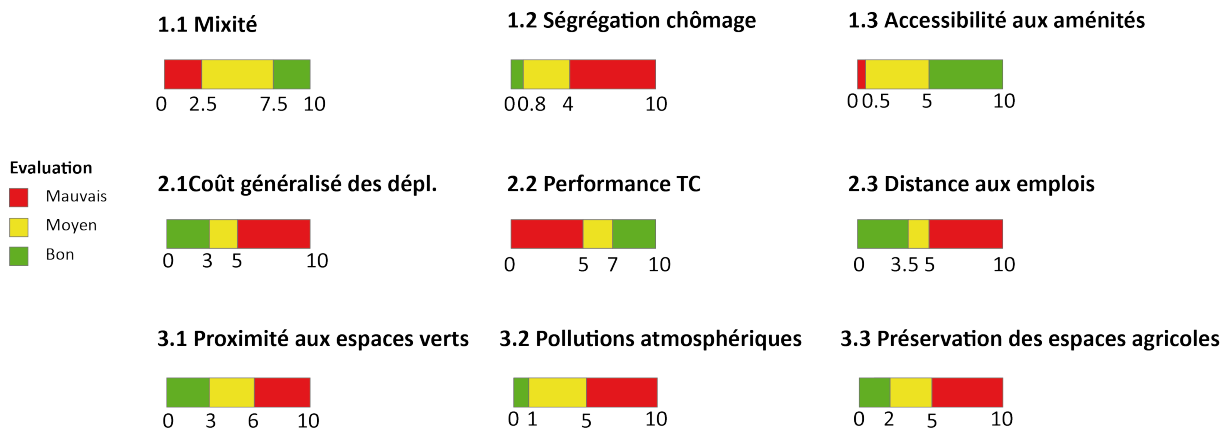
4.2.2.2 Evaluation des indicateurs

Le schéma fourni dans la figure 4.7 montre la détermination des seuils permettant d'évaluer chaque indicateur dans la logique présentée ci-dessus. Ici, la détermination

de ces seuils a été produite de manière arbitraire et intuitive, se voulant la plus réaliste possible par rapport à ce que pourrait donner le jugement d'un expert. Ainsi, nous allons logiquement considérer que la valeur du coût généralisé d'un déplacement tendant vers le maximum (valeur 10, c'est à dire le temps maximum de l'étendue de données) sera jugée négativement (*mauvaise*), tandis qu'au contraire, pour la Performance des transports en commun, un faible différentiel d'accessibilité en faveur des transports en commun, tendant donc vers 0, sera évalué négativement... Dans la réalité du processus d'évaluation, cette détermination doit se faire par une expertise appuyée sur des informations collectées à partir d'une enquête spécifique et locale impliquant par exemple des questionnaires locaux, ou basée sur un état de l'art plus généraliste de la littérature (les jugements relatifs au niveau d'accessibilité aux aménités ou à la quantité de pollution atmosphérique, par exemple, font l'objet de nombreuses études et publications). Ainsi, le processus d'évaluation permet de prendre en compte la dimension *top-down* dans l'approche d'évaluation en intégrant le point de vue des experts et de la mesure scientifique des phénomènes et de leur impact attendu sur la durabilité des territoires.

Ces seuils déterminés, nous pouvons passer à la catégorisation de l'espace car-

FIGURE 4.7 – évaluation arbitraire des indicateurs choisis



royé en donnant à chaque cellule sa valeur pour chacun des indicateurs étudiés. Les multiples indicateurs d'évaluation des performances du territoire peuvent ainsi être analysés de manière normalisée. Chaque indicateur est évalué à l'aune de ses spécificités évidemment très diverses et ainsi souvent peu comparables les uns des autres. Mais ce processus de normalisation permet la production d'une donnée, l'indicateur évalué, à partir de laquelle le processus de synthétisation va pouvoir s'opérer. Cela conduit à envisager la deuxième et la troisième étape du processus, celle de la

production de données synthétiques.

4.2.3 Agrégation et combinaison

Cette fois, deux questions nous paraissent importantes : celle concernant la manière d'envisager la compensation, en vertu des principes compensatoires évoqués plus haut, et, conséquemment, l'éventuelle pondération qu'il peut convenir d'apporter à chacun des différents indicateurs de départ.

4.2.3.1 Agrégation et pondération

La synthétisation des indicateurs pose la question de la méthode relative à la production de cette donnée de synthèse. Les valeurs des indicateurs évalués vont ainsi devoir être « fusionnées » pour produire un indicateur synthétique regroupant, ici, les trois indicateurs évalués sélectionnés. Ce procédé mathématique d'agrégation pose ici la question de la pondération des indicateurs, évoquée dans le chapitre 3. Doit-on accorder la même valeur à tous les indicateurs ? Doit-on considérer qu'une mauvaise performance pour un seul indicateur rends l'ensemble globalement mauvais ? Selon la philosophie envisagée, il peut être recouru à divers procédés d'agrégation. Par exemple, le recours à différents opérateurs d'agrégations (Tannier, 2000). Nous en présentons deux ici, les plus parlants pour notre méthodologie, qui permettent de réaliser une moyenne des indicateurs de départ pour former un indicateur synthétique.

– **La moyenne arithmétique** $\frac{\mu a + \mu b + \mu n}{n}$

La plus simple et la plus fréquente, se traduisant par la simple addition des valeurs divisée par le total de celles-ci. La valeur 0 n'est pas élément absorbant.

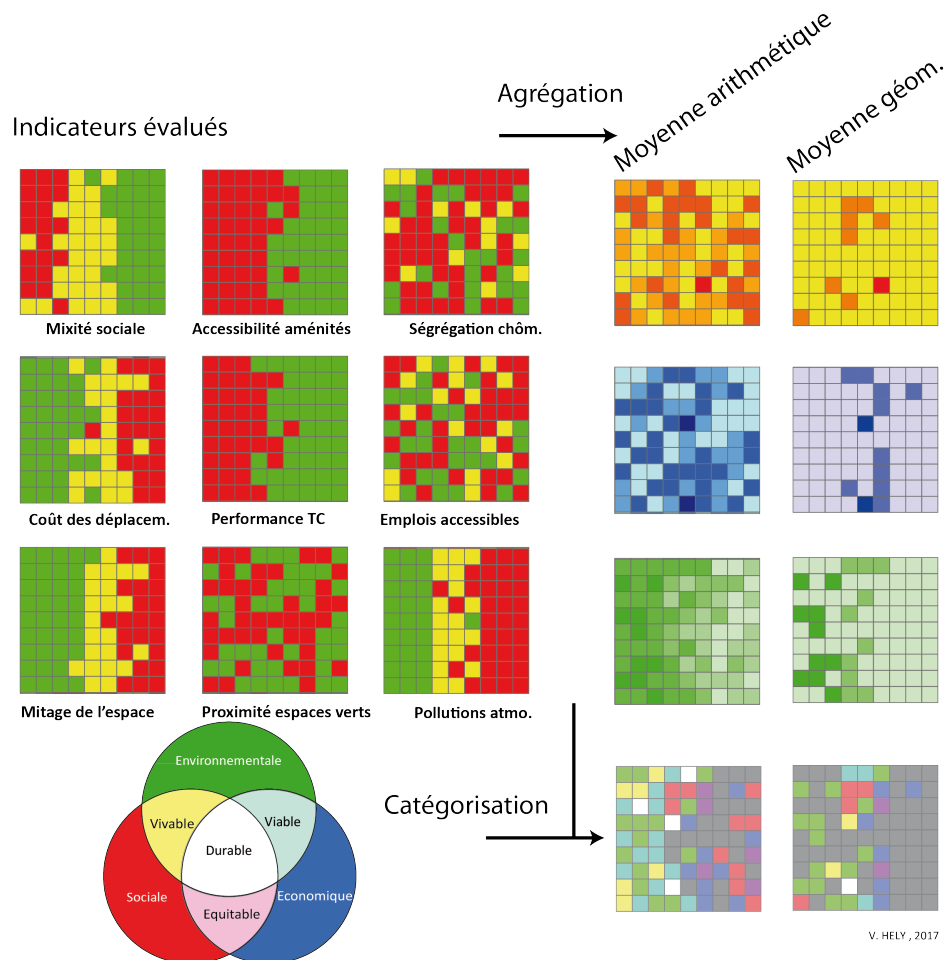
– **La moyenne géométrique** $\sqrt[n]{\mu a \mu b \dots \mu n}$

Cette moyenne fait de la valeur 0 un élément absorbant, rendant ainsi nulle la valeur d'un indicateur synthétique dans lequel l'un des indicateurs évalués aurait une valeur 0. Nous sommes ici dans une logique éliminatoire où l'on considérerait qu'une mauvaise performance dans un domaine entraînerait d'office une mauvaise performance dans l'ensemble de la sphère concernée (la valeur de l'indicateur synthétique se rapprochera du minimum). C'est un opérateur qualifié de « pessimiste » puisqu'il ne permet en fait pas de compensation entre les indicateurs d'une même sphère.

Les tests théoriques ont pu montrer que l'utilisation de ces deux types de moyennes pouvaient influencer sur le résultats final concernant l'indicateur synthétique, comme le montre la figure 4.8. Nous retrouvons logiquement des indicateurs synthétiques aux valeurs différentes faisant varier les perceptions des performances du territoire selon l'opérateur utilisé. La moyenne géométrique, nous le voyons partout, diminue nettement le nombre de cellules de bonne performance pour chacun des indicateurs.

Cette agrégation s'est faite, avec ces moyennes, dans l'hypothèse d'un poids égal accordé à chaque indicateur. Dans l'hypothèse où l'on exclut de donner une valeur éliminatoire à un indicateur jugé mauvais, et où l'on jugerait au contraire nécessaire de valoriser une bonne performance pour un indicateur jugé important, il faudrait cette fois-ci se tourner vers un recours à des pondérations « à la carte » en fonction des choix des décideurs.

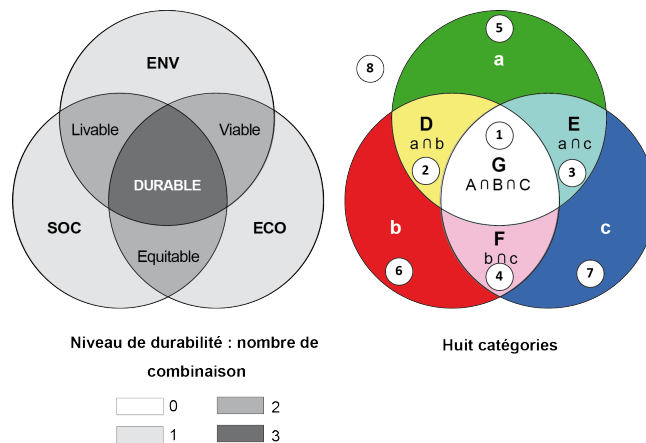
FIGURE 4.8 – Processus théorique d'agrégation et de combinaison



4.2.3.2 Combinaison

La dernière étape illustrée dans la figure 4.8, (« catégorisation »), correspond à l'étape de la combinaison décrite plus haut. A partir des indicateurs synthétiques obtenus, la combinaison des valeurs de chacun d'eux va permettre d'identifier à quelle catégorie ils se rapportent, selon le schéma du développement durable : une cellule combinant une bonne performance dans les trois sphères correspondra à la catégorie centrale (durable), *etc.* Cette catégorisation peut se formaliser comme illustré dans la figure 4.9. Nous pouvons ainsi analyser les différentes mailles de l'espace en fonc-

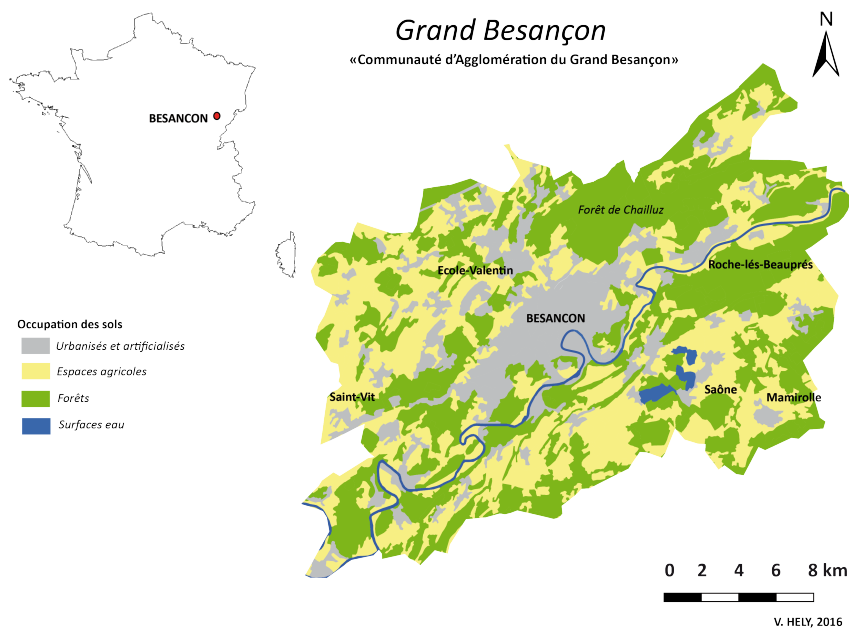
FIGURE 4.9 – *Niveaux de combinaisons*



tion de leur niveau de durabilité, comme nous l'avons expliqué dans la présentation du processus méthodologique. Cela nous permet de produire une cartographie finale illustrant les performances de chacune de nos cellules en fonction de leur durabilité. Cette cartographie finale est l'outil sur lequel pourront s'appuyer les décideurs pour disposer d'une analyse globale et complète de la situation de leur territoire. Nous nous attacherons, dans la troisième partie, à analyser en détails ces résultats obtenus. Ici, nous avons présenté l'élaboration progressive du processus méthodologique visant à traiter les données de sorties issues de la modélisation, à savoir les neuf indicateurs sélectionnés, pour conduire à une donnée synthétique. Nous avons pu identifier les principales étapes du processus et les principales questions qu'il présentait, notamment celle de la méthode d'agrégation et de l'importance accordée à chaque indicateur évalué.

Nous l'avons dit, les choix méthodologiques présentés ici seront appliqués et présentés dans le chapitre 5, sur l'aire d'étude de la Communauté d'agglomération du Grand Besançon. Nous présentons cette aire d'étude dans la figure 4.10.

FIGURE 4.10 – Aire d'étude du Grand Besançon



Besançon est une ville moyenne peuplée d'environ 117 000 habitants¹⁴. La Communauté d'agglomération du Grand Besançon (CAGB), sur le territoire de laquelle nous effectuons ces tests, était peuplée, avant son élargissement en 2017 (non pris en compte ici) de 180 000 habitants¹⁵. Elle se caractérise par une présence forte d'espaces périurbains et ruraux, et d'espaces naturels : Forêt de Chailluz (1673 hectares), contreforts du massif du Jura au Sud de l'agglomération). Terrain d'étude des simulations du modèle MobiSim, elle nous permettra donc de tester les indicateurs retenus et produits par ce modèle.

Cette méthodologie nous semble ainsi appropriée pour répondre aux besoins identifiés plus haut d'obtenir des données lisibles et exploitables. En nous basant sur les méthodologies exposées dans l'état de l'art réalisé dans le chapitre précédent, nous avons voulu produire ici un protocole de production d'informations accessible aux acteurs de l'aménagement d'un territoire. Nous avons en effet souligné la possibilité d'un recours à la fois à une démarche de type *top-down* basée sur l'expertise (évaluation des indicateurs) et à une démarche *bottum-up*, dans la partie concernant l'agrégation des données : quelle importance une société, une population accorde-t-elle à chaque indicateur ?

14. Recensement de 2014

15. *Idem*

Avant d'analyser le détail des résultats produits par cette méthodologie, nous devons, en conséquence, nous interroger sur la pertinence de nos choix. Nous avons vu en effet que les tests effectués ici, notamment dans les différents exercices de pondération, se sont basés sur des choix intuitifs et arbitraires. Cela nécessite des questionnements et approfondissements que nous allons soulever dans la dernière partie de ce chapitre.

4.3 ... calibré et validé par une démarche participative

Dans la perspective d'une évaluation du territoire satisfaisant aux objectifs de démocratie locale et de dimension participative, il convient de s'interroger sur les moyens d'intégrer cette méthodologie à un processus global impliquant les différents acteurs de l'aménagement. Et d'abord d'identifier ce qui, au sein de ce protocole, peut nécessiter l'appui sur la participation de telle ou telle composante de l'aménagement.

4.3.1 Besoin d'avis

En effet, les choix arbitraires effectués dans l'élaboration méthodologique l'ont été, nous l'avons dit à titre d'exemple. Il convient cependant de s'interroger sur l'impact que pourraient avoir sur ces choix des divergences d'approches selon les personnes impliquées dans le processus de décision.

4.3.1.1 Questionnements

Pour revenir à la méthodologie présentée précédemment, nous pouvons distinguer plusieurs phases de choix à effectuer durant les différentes étapes du processus :

1. En premier lieu, le démarrage du processus de traitement des données nécessite le classement de celles-ci dans des catégories identifiées. Ici, cela s'entend par le classement des indicateurs sélectionnés dans les trois sphères du développement durable. Nous avons pu voir dans le chapitre précédent que la détermination de l'appartenance de tel ou tel indicateur au domaine économique, social ou environnemental pouvait poser des difficultés, certains indicateurs pouvant chevaucher plusieurs thématiques (*cf* 3.2., Tanguay *et al*, 2009). La

présentation des tests méthodologiques durant la réalisation de ce travail n'a d'ailleurs pas manqué de soulever ces questions. Dès lors, nous pouvons nous demander si cette question ne nécessite pas, dans une application réelle sur le terrain, un premier travail de prospection auprès des personnes concernées pour connaître la perception qui est faite de chaque indicateur, de manière à éviter des incompréhensions et, le cas échéant, de mauvaises interprétations des performances du territoire.

2. L'évaluation des indicateurs. Nous avons vu que cette étape, d'inspiration *top down*, relevait de l'expertise. La valeur accordée aux indicateurs évalués va donc dépendre de l'analyse qui en est faite par les experts interrogés sur le terrain d'étude. Contrairement aux démarches de type *bottum-up* ouvrant la porte à des consultations de terrain sur lesquelles peut s'appuyer le processus méthodologique, il semble ici difficile d'anticiper et le cas échéant de simuler le jugement des experts concernant la valeur accordée à la performance et ainsi la production d'indicateurs évalués (cf 4.2.). Pour cette raison, les choix arbitraires intuitifs réalisés dans l'élaboration de la méthodologie ne seront pas remis en cause ici.
3. La pondération dans le **processus d'agrégation**. Sur cette étape en revanche, il apparaît que l'importance pouvant être donnée à chaque indicateur entraîne une variabilité des résultats, que nous avons identifié dans les tests présentés plus haut. Il apparaît en outre que cette étape, primordiale dans la production d'indicateurs synthétiques, relève, comme celle de l'identification, d'une démarche *bottum-up* nécessitant la consultation de l'ensemble des acteurs et résidents du territoire. En effet, dans une optique participative, il nous semble indispensable d'identifier l'importance qui peut être accordée à chacun des indicateurs de départ pour, le cas échéant, prendre en considération un déséquilibre en faveur ou en défaveur de tel ou tel d'entre eux. Les choix intuitifs de pondération effectués dans la méthodologie pourraient ainsi se trouver confirmés ou infirmés par une consultation réelle sur un territoire étudié.
4. La question du poids des différentes sphères. Nous avons vu plus haut que cette question était éminemment délicate à trancher et qu'elle ne dégagait pas de consensus. Pour les raisons que nous avons évoquées, nous avons choisi ici

d'accorder le même poids à chacune des sphères. Nous ne perdons cependant pas de vue que ce débat n'en est pas moins récurrent et qu'il peut tout à fait surgir et influencer la mise en place d'un processus d'évaluation du territoire. Notamment, il est une question qui nous semble intéressante d'aborder : celui de la différenciation selon le type d'espace. Si l'analyse globale du territoire nous conduit, nous l'avons dit, à privilégier un poids égal pour les trois sphères, la variété des espaces étudiés ne pourrait-elle pas conduire à privilégier l'une ou l'autre sphère ? Par exemple, va-t-on accorder plus de poids à l'économique en milieu urbain et à l'environnemental en milieu rural ? Cette question, selon nous, mérite d'être posée et, en tout cas, de faire l'objet là aussi d'une consultation pour identifier les perceptions des différentes populations d'un territoire.

Ces questionnements, qui se font jour tout au long des principales étapes de notre processus méthodologique, appellent évidemment une réponse de nature à confirmer ou infirmer nos choix intuitifs et, en tout cas, d'apporter un éclairage concret sur les ressentis des personnes concernées par cette démarche. Il s'agit, comme évoqué dans la partie 1, de permettre une meilleure articulation entre les outils de modélisation et la prise de décision. Un processus méthodologique tel que nous l'avons présenté, s'appuyant sur des données issues de la modélisation et traitées scientifiquement, doit permettre l'implication et la participation des acteurs, parties prenantes et citoyens dans l'élaboration d'informations synthétiques, renforçant ainsi leur cohérence et leur lisibilité.

4.3.1.2 Possibilités de réponses

Il convient d'abord de s'interroger sur la méthode à employer pour répondre aux questionnements venant d'être posés. Comment impliquer les personnes souhaitées dans le processus d'élaboration de la méthodologie ? La première question, celle de l'identification des indicateurs à l'une des sphères, requiert une technique aisée de choix par catégorisation, où il est demandé d'identifier chaque indicateur à la sphère souhaitée. Cette question peut facilement être traitée par un procédé de collecte d'avis auprès de la population sur le terrain, comme nous allons le voir plus loin. La principale question quand à la réponse technique à apporter réside dans la méthode d'agrégation. Comment aborder cette délicate étape d'agrégation des indicateurs évalués en indicateurs synthétiques ? Nous avons vu que les résultats pouvaient varier en cas de divergence de vue et d'inégale importance accordée

à chaque indicateurs. pour déterminer cette éventuelle pondération, différentes méthodes peuvent être envisagées. Nous pouvons citer ici la question de l'évaluation multi-critère, évoquée dans le chapitre 2 comme une méthode aujourd'hui fréquemment utilisée dans les méthodes d'évaluation des territoires. Ici, une telle méthode consisterait à recourir à cette évaluation multi-critère auprès de la population pour hiérarchiser les indicateurs à partir des différentes méthodologies inhérentes à l'évaluation multicritère, notamment le recours à l'AHP (*Analytic hierarchical process*). Il s'agirait de demander aux personnes interrogées d'effectuer un classement hiérarchique des indicateurs de chaque sphère et d'en déduire la pondération à accorder à chaque indicateur. Cela a d'ailleurs été réalisé dans les tests théoriques, comme le montre la figure 4.11. Toutefois, le recours à ce type de méthode présente ici deux

FIGURE 4.11 – Exemple d'une matrice de comparaison pour la pondération des indicateurs de la sphère sociale

Matrice de comparaison

	Accessibilité SP	Taux de chômage	Ségrégation
Accessibilité SP	1/1	1/2	3/1
Taux de chômage	2/1	1/1	4/1
Ségrégation	1/3	1/4	1/1
Somme	3,33	1,75	8

Normalisation

	Accessibilité SP	Taux de chômage	Ségrégation	Somme
Accessibilité SP	0.30	0.29	0.38	0.97
Taux de chômage	0.6	0.57	0.5	1.67
Ségrégation	0.1	0.14	0.12	0.36

Poids des indicateurs

Accessibilité SP	0.32
Taux de chômage	0.56
Ségrégation	0.12

limites. D'abord, la complexité du procédé : dans le cadre d'une consultation de terrain à l'attention du « grand public » d'un territoire, classer les indicateurs dans un tableau hiérarchique peut faire passer l'exercice pour un *pensum* fastidieux et ainsi éloigner beaucoup de néophytes. Surtout, ce procédé est théoriquement pertinent lorsqu'il est utilisé sur plusieurs niveaux. Il serait donc approprié dans un processus d'agrégation d'indicateurs en plusieurs paliers comme cela peut exister (3.2.). Mais ici, nous avons fait le choix, dans un but de simplification et de cohérence de l'information, de limiter l'agrégation en une étape : dans chaque sphère, les

trois indicateurs évalués seront fusionnés en un indicateur synthétique. Cela rend moins pertinent le recours à l'analyse multi-critère, dont nous avons justement pu voir, dans le chapitre 3, que la complexité qu'elle engendrait rendait difficile la prise de décision (Boutaud, 2005). Ici, il nous semble donc plus pertinent de recourir à une pondération simple, en déterminant un poids à chaque indicateur, exprimé par exemple en pourcentage, le total devant être égal à cent. Cette méthode a en outre l'avantage de la simplicité ce qui rend plus facile son utilisation auprès du grand public dans le cadre d'une démarche de sondage sur le terrain. Ce procédé peut en outre être répété pour la question de l'importance accordée à chacune des sphères selon le type d'espace, qui est la dernière phase de questionnement que nous avons évoqué plus haut.

Ainsi, nous pouvons dégager des pistes de nature à permettre l'implication des acteurs de terrain dans le déroulement du traitement des données, par des procédés relativement simples consistant à catégoriser des indicateurs et à ensuite effectuer une pondération en fonction de l'importance accordée à l'indicateur ou à la sphère. Le choix de méthodes simples doit permettre ici une implication plus facile de personnes peu familières des procédés de modélisation ou de calculs scientifiques. Nous allons maintenant voir par quel moyen concret mener cette consultation.

4.3.2 Recours à l'enquête

La démarche participative dans laquelle nous nous inscrivons nécessite ainsi le recueil de données de terrain auprès des personnes identifiées comme devant être consultées, à l'aune des questions soulevées précédemment. Cette consultation de terrain nous incite ainsi à nous tourner vers le recours à l'enquête.

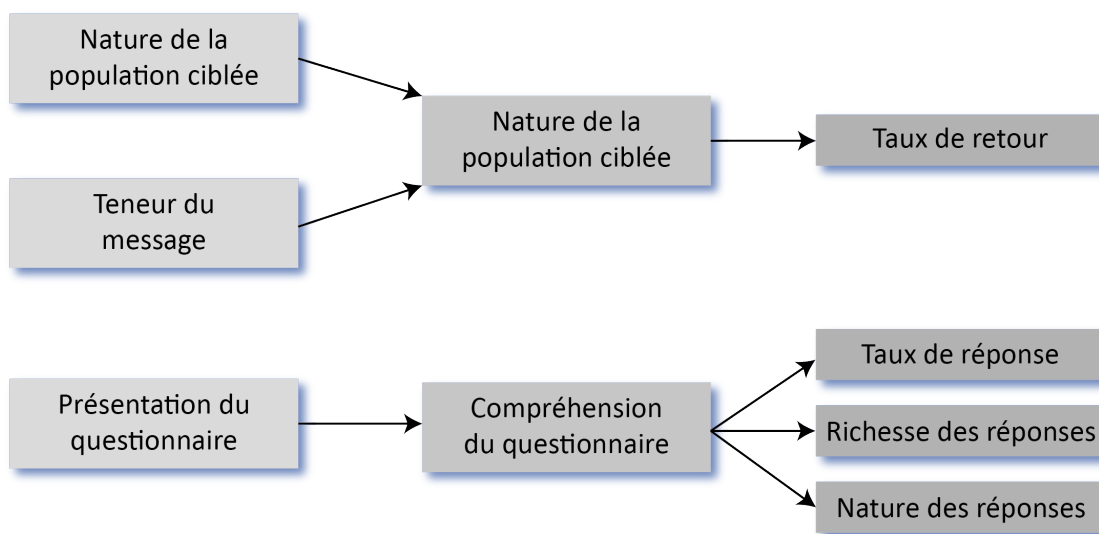
4.3.2.1 Le choix de l'enquête en ligne

Le moyen de répondre aux questionnements relatifs à la catégorisation des indicateurs et de la détermination de leur pondération apparaît en effet être le recours à une enquête auprès des personnes composant un territoire étudié. Plusieurs questions se posent à nous : quel type d'enquête ? Par quel mode ? Envers qui ?

Le type d'enquête auquel nous avons recours est celui d'une enquête quantitative : il s'agit d'identifier les choix des enquêtés par le dégagement d'une tendance : dans quelles proportions tel indicateur va-t-il être classé dans telle sphère ? Concernant

la pondération, quelle moyenne se dégage du panel interrogé, peut-on voir des différences de choix selon différentes catégories d'enquêtés ? Ainsi, nous allons être amené à élaborer un questionnaire qui sera soumis au public cible que nous aurons identifié. Nous devons ainsi nous interroger sur la forme que va prendre ce questionnaire, c'est à dire à la manière dont il sera soumis aux enquêtés : entretien classique ou enquête en ligne ? Plusieurs éléments nous poussent à choisir la seconde option, celle d'une consultation *via* Internet. D'abord, d'un point de vue pratique et technique, l'enquête en ligne est de loin la méthode la plus simple et la moins onéreuse à mettre en place. Elle facilite de ce fait le travail de l'enquêteur et, surtout, rend l'enquête plus accessible et souvent plus conviviale pour l'enquêté, ce qui facilite sa diffusion et son efficacité. De cette façon, le taux de réponse pourra être plus élevé dans le cadre d'une enquête en ligne que dans une enquête issue des méthodes traditionnelles. En fait, cela dépend des objectifs et des cibles choisies pour l'enquête (Gannassali et Moscarola, 2002) (Figure 4.12). Quoi qu'il en soit, le délai de réponse est nettement

FIGURE 4.12 – *Protocole d'enquête et efficacité, d'après Ganassali et Moscarola, 2002)*



plus rapide pour l'enquête en ligne : quelques heures suffisent pour obtenir de nombreuses réponses, pour un coût de collecte nul. Elle permet en outre une analyse en ligne et en direct des données. Ces éléments nous font ainsi pencher pour le recours à l'enquête en ligne. Celle-ci nécessite ensuite, comme toute enquête, la définition d'objectifs et la détermination du public ciblé.

- *Objectifs de l'enquête* : nous l'avons dit, nous avons recours à cette enquête pour appuyer notre méthodologie sur les avis de personnes de terrain. Il s'agit

donc d'impliquer les enquêtés dans l'élaboration d'une méthode d'évaluation de leur territoire selon les impératifs du développement durable : il faut ainsi, en premier lieu, insister auprès des enquêtés sur la nature de l'étude et l'importance de l'évaluation par les indicateurs. Ensuite, il s'agit de s'appuyer sur eux pour répondre aux trois questions identifiées plus haut. Les enquêtés devront donc classer les indicateurs proposés dans l'une des trois sphères du développement durable. Ils devront ensuite accorder un poids à chacun de ces indicateurs pour procéder à l'élaboration d'indicateur synthétiques : la question posée devra donc comporter un chiffrage effectué par l'enquêté. Ce processus sera répété pour la troisième question relative au poids des sphères. Nous avons donc ici à élaborer un questionnaire dont l'une des difficultés pourrait être la compréhension de la part de personnes extérieures au milieu de la science et de l'expertise. L'importance de l'explication et de la clarté de notre démarche apparaît ici capitale pour la bonne compréhension du questionnaire.

- *Public cible.* Il s'agit ici de déterminer quel type de personnes vont être enquêtées. La démarche participative doit en effet impliquer le plus grand nombre de personnes. Dès lors, faut-il soumettre le questionnaire à l'ensemble du grand public ? La réponse nous semble être positive : pour confirmer nos choix intuitifs et pour répondre aux questionnements relatifs à la perception des indicateurs, leur catégorisation, et l'interrogation concernant le poids des sphères, débat non-tranché, il nous paraît important de cerner le ressenti de l'ensemble de la population, étant entendu que les politiques publiques d'aménagement durables seront d'autant mieux acceptées qu'elles seront comprises par l'opinion publique, ce qui implique que celle-ci soit comprise également... Pour autant, un projet d'aménagement s'appuie également bien entendu sur le choix des décideurs, l'avis des experts, acteurs et parties prenantes du domaine de l'aménagement. Ainsi, il apparaît également important de faire un focus sur ce que peuvent penser les personnes exerçant dans les métiers de l'aménagement et/ou ayant un mandat électif les plaçant en position de décideur. Le public ciblé sera donc à la fois le *grand public*, mais également des personnes plus spécialisées dans les métiers de l'aménagement. Pour cela, le questionnaire devra être orienté d'une part vers un cible « générale » (le grand public), et d'autre part, envoyé dans des réseaux plus identifiés comme étant ceux des métiers de l'aménagement (université, collectivités, bureaux d'études *etc.*).

Nous nous orientons donc vers l'élaboration d'une enquête quantitative sous forme de questionnaire en ligne, diffusé auprès du grand public mais également avec un cœur de cible particulier, celui des métiers de l'aménagement. La diffusion de ce questionnaire doit se faire à travers l'activation des réseaux universitaires et professionnels pour le public-cible des « aménageurs », et par les liens classiques d'Internet pour le grand public (réseaux sociaux, contacts privés *etc.*). Cela doit nous permettre de recueillir plusieurs centaines de réponses rapidement et pour un coût nul, grâce à l'utilisation d'Internet permettant une diffusion rapide. Nous mesurons cependant la principale limite de cette méthode : l'absence d'un échantillonnage précis, représentatif de la population (ce problème se posant principalement pour la partie grand public). Nous nous exposons donc au risque d'avoir un panel de répondants représentant mal l'ensemble de la population (surreprésentation de certaines catégories aux dépens d'autres). Toutefois, le vaste nombre de réponses attendues, couplé au fort taux de couverture des ménages par Internet aujourd'hui, nous font accepter ce risque, anticipant que des représentants de l'ensemble des catégories visées devraient y avoir accès et permettre ainsi la perspective d'un redressement dans le traitement des données pour corriger les écarts de représentation. De plus, le fait qu'il existe par ailleurs un cœur de cible spécifique (aménageurs, disposant de l'outil internet et familiers des thématiques abordées) nous renforce dans le choix de cette méthode d'enquête. Il s'agit donc pour nous d'élaborer un questionnaire lisible, compréhensible et attractif pour permettre une participation correcte du public visé.

4.3.2.2 Le choix d'un support approprié d'enquête en ligne

Avant l'élaboration du questionnaire proprement dit, le choix de la réalisation d'une enquête en ligne pose la question de l'outil adapté pour la réaliser. Deux méthodes principales de collecte de données existent pour les enquêtes par Internet : la récolte « artisanale » par retour d'e-mail ou l'appui d'un support d'enquête en ligne, permettant une élaboration du questionnaire *via* un logiciel permettant à la fois une meilleure présentation du questionnaire et un traitement plus facile et plus fiable des données. Nous avons naturellement choisi le recours à l'enquête web basée sur l'utilisation d'un logiciel : LimeSurvey. Utilisé pour plusieurs enquêtes réalisées au sein du laboratoire ThéMA, ce logiciel permet de manière assez simple la construction d'un questionnaire en ligne :

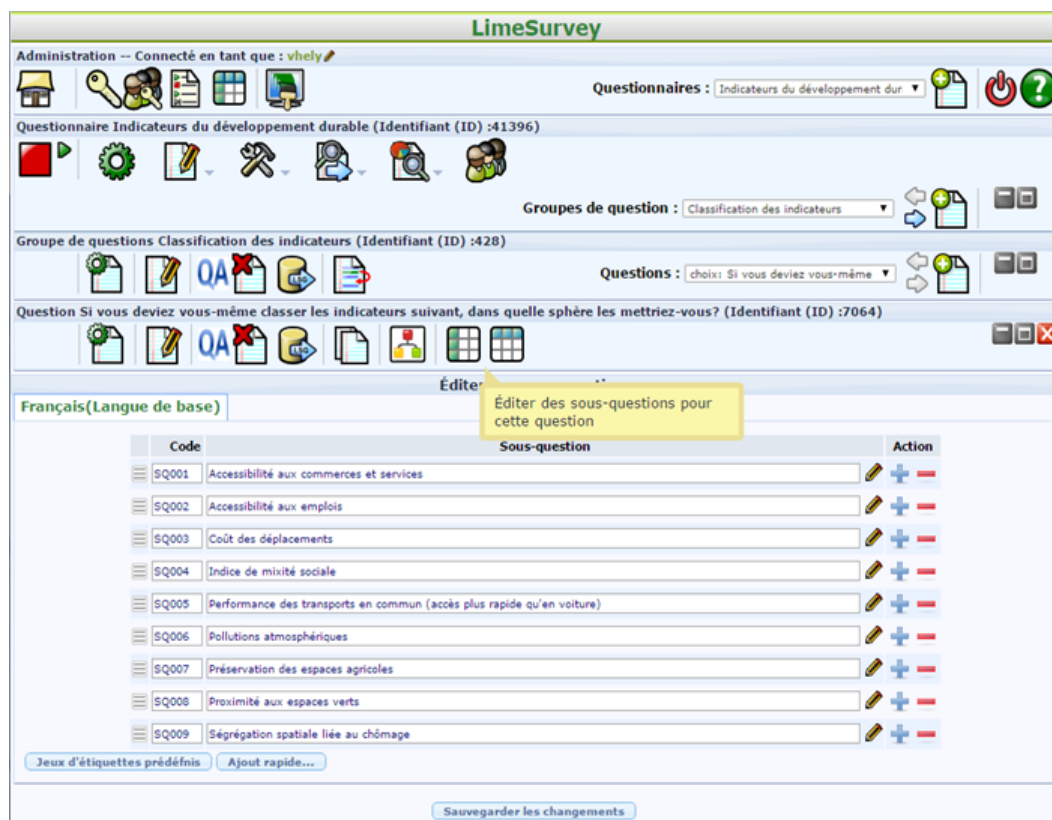
- Logiciel libre et en open-source, à partir d'un serveur web, facilement utilisable

à partir d'une interface web

- Offre la possibilité de création de plusieurs sondages, diffusables à un nombre de personnes illimité
- Fonctionnalités avancées : fournit les résultats sous formes statistiques, diffusables au public
- Les enquêtes peuvent être structurées par thèmes, avec un large choix de questions

Nous avons donc ici un outil fonctionnel doté d'une interface agréable à partir de laquelle vont pouvoir être mise en forme les questions (Figure 4.13). De nombreux

FIGURE 4.13 – Capture d'écran de l'interface du logiciel LimeSurvey (phase de conception des questions)



paramétrages sont possibles, comme la présentation d'une question sous forme d'un tableau, ou sous forme de réponse chiffrée ou manuscrite, ou encore la possibilité de permettre plusieurs réponses à une même question... D'un point de vue technique, il

a l'avantage de permettre un contrôle d'accès et de publication (accès public ou sur invitation, date et heure de lancement enregistrées *etc.*) et de permettre de dater les réponses, et surtout de les anonymiser ou non. Autre élément important, la collecte des réponses permet de les enregistrer sous divers formats, de manière à pouvoir traiter facilement les données récoltées à l'aide d'outils familiers (tableur excel *etc.*). Les données récoltées feront ainsi l'objet d'un traitement statistique présentant, sous la forme de graphiques ou de tableaux, les principales tendances observées. Outre les traditionnelles tabulations présentant la répartition générale des réponses, il est ici attendu de procéder à des tris croisés et des tris pondérés en fonction des diverses catégories auxquelles appartiennent les personnes interrogées, afin d'identifier d'éventuels écarts d'appréciation découlant de ces différences de situation.

Le choix du recours à l'enquête en ligne justifié et ses caractéristiques techniques exposées, nous allons, pour terminer, décrire le questionnaire que nous avons choisi d'élaborer.

4.3.3 Détails de l'enquête

Nous allons ici présenter les détails de l'enquête effectuée à l'aide du logiciel Limesurvey, durant le mois de Mars 2015. L'élaboration du questionnaire a fait l'objet d'une réflexion en amont avec Sophie Mariani-Rousset, du département de Psychologie de l'Université de Franche-Comté. Il s'est agi d'identifier les formes à apporter à la présentation du questionnaire (lisibilité, accessibilité au grand public) et à la manière de formaliser, formuler les questions, comme nous allons le voir ici.

4.3.3.1 Présentation et formalisation des questions

Le questionnaire a été intitulé « Indicateurs du développement durable ». Conformément au dispositif de présentation prévu dans LimeSurvey, une page d'accueil permet de prendre contact avec l'enquêté en une présentation généralement rapide du sujet traité. Au regard de notre sujet, il a ici été choisi de rédiger une page de présentation plus longue et détaillée que ce qui est généralement produit. Devant la complexité relative à la manière d'aborder le développement durable, il nous a paru important de développer les principes présidant à notre réflexion. Après une rapide contextualisation du travail (phrase d'introduction), nous avons choisi de présenter le schéma des trois sphères en insistant sur l'objectif d'équilibre entre les trois pour assurer la durabilité d'un territoire, étant entendu que notre démarche s'inscrit dans

cette philosophie. Les termes d'*indicateurs* et de *sphères du développement durable* sont donc introduits ici, avant une présentation des objectifs du travail. Il a été également envisagé une présentation formelle et détaillée des neuf indicateurs, mais la longueur de lecture d'une telle présentation présentait le risque d'une lassitude et d'un abandon dès le départ auprès des enquêtés, d'autant que la page de présentation anormalement longue pouvait déjà comporter quelques risques de ce type. Il a donc été décidé de présenter la page suivante (Figure 4.14), qui nous a semblé être un compromis entre le besoin d'explication et celui de concision. Il est ensuite précisé à l'enquêté que la réponse au questionnaire ne devrait pas lui prendre plus d'une dizaine de minutes, et que le questionnaire est anonymisé.

FIGURE 4.14 – Page de présentation de l'enquête

Indicateurs du développement durable

Doctorant en Géographie et aménagement, je réalise une thèse s'articulant autour de la ville durable, c'est-à-dire une ville aménagée afin de trouver un équilibre harmonieux entre les trois sphères du développement durable schématisées dans la figure suivante :

L'évaluation de la durabilité d'un territoire passe par le recours à de multiples indicateurs, construits et évalués pour l'occasion. Cette démarche ne peut se faire qu'à travers un processus participatif impliquant décideurs, experts et citoyens, tous acteurs à leur manière de l'aménagement du territoire, et ainsi destinés à donner leur opinion.
C'est dans cette optique que vous est présenté ce questionnaire, qui propose l'évaluation de neuf indicateurs du développement durable, appartenant aux 3 sphères identifiées dans la figure ci-dessus :

- La sphère économique
- La sphère environnementale
- La sphère sociale

Ceci afin de pouvoir conduire nos recherches de manière réaliste, à partir d'une consultation effectuée sur des acteurs de terrain. Les réponses sont bien évidemment anonymes, et cela ne devrait pas vous prendre plus de dix minutes.

Merci pour l'attention que vous porterez à ce travail,

Vincent HELY
Doctorant en Géographie et Aménagement du territoire
Université de Franche-Comté UMR CHRS 6049 ThéMA

Il y a 18 questions dans ce questionnaire.

Cé questionnaire n'est actuellement pas activé. Vous ne pourrez pas sauver vos réponses.

Passé cette page de présentation, l'enquête proprement dite débute. La première question qui nous intéresse, nous l'avons dit, est relative à l'identification de chaque indicateur par les enquêtés : à laquelle des trois sphères présentées en page d'accueil l'enquêté, intuitivement, identifie-t-il chaque indicateur lui étant proposé ? Pour répondre à cette question, l'enquêté doit ainsi déterminer manuellement à quelle sphère il rattache l'indicateur proposé. La meilleure technique nous a semblé être la classifi-

FIGURE 4.15 – Enquête : tableau de classification des indicateurs

• Si vous deviez vous-même classer les indicateurs suivant, dans quelle sphère les mettriez-vous?

	Sphère économique	Sphère sociale	Sphère environnementale
Accessibilité aux commerces et services	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Accessibilité aux emplois	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coût des déplacements	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Indice de mixité sociale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Performance des transports en commun (accès plus rapide qu'en voiture)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pollutions atmosphériques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Préservation des espaces agricoles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Proximité aux espaces verts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ségrégation spatiale liée au chômage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

cation au moyen d'un tableau : chaque ligne du tableau propose ainsi un indicateur, tandis que les trois sphères sont représentées en colonnes. L'enquête effectuée son choix en cliquant sur le « bouton » correspondant à la sphère de son choix (Figure 4.15). Le tableau a été paramétré de façon à ce que l'enquête n'ait qu'une seule possibilité de réponse pour chaque indicateur. La question de la possibilité d'identifier un indicateur à plusieurs sphères a bien entendu été soulevée, mais il apparaît justement qu'une multiplicité des choix rendrait inutile la démarche : notre méthodologie requérant la catégorisation de chaque indicateur dans l'une des sphères, une réponse à choix multiples n'aurait ici pas de sens.

La seconde question qui se pose ensuite à l'enquête concerne cette fois-ci la pondération. Nous l'avons vu, il nous apparaît important d'analyser sa perception de la population quant à l'importance qu'elle peut sembler accorder aux différents indicateurs d'une même sphère, dans l'optique d'un processus d'agrégation en indicateur synthétique. Il est ici demandé à l'enquête de donner un poids à chaque indicateur pour chacune des sphères. Les outils fournis par LimeSurvey nous permettent d'effectuer cela en proposant à l'enquête d'inscrire un pourcentage devant chacun des trois indicateurs, le total devant être égal à cent (Figure 4.16) (Il est possible de paramétrer de telle façon qu'une réponse non égale à cent ne puisse être validée et oblige l'enquête à parvenir à ce total souhaité). Le procédé est ainsi répété pour les trois sphères. Le même procédé est utilisé pour la troisième question, qui concerne le poids accordé aux sphères selon le type d'espace. Trois espaces sont retenus : rural, périurbain et urbain, ces trois espaces étant les plus facilement identifiables et connus du grand public. Pour chacun d'eux, il est demandé aux enquêtés de dire quel poids ils accordent à chacune des sphères. A la fin de cette étape, il est demandé aux enquêtés, dans une démarche d'ouverture, s'ils souhaitent proposer d'autres indica-

FIGURE 4.16 – Enquêtes : exemple de question relative à la pondération

* Quelle importance donneriez-vous à chacun des indicateurs suivants ?
La somme doit être égale à 100

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ

Coût des déplacements	<input type="text"/>
Performance des transports en commun	<input type="text"/>
Accessibilité aux emplois	<input type="text"/>
Restant :	100
Total :	0

teurs à analyser. Nous ne perdons pas de vue, comme nous l'avons déjà souligné, que les indicateurs proposés ici ne sont que des choix arbitraires utilisés à titre d'exemple, et qu'ainsi toute proposition d'indicateur peut être la bienvenue.

Nous avons ainsi procédé à un questionnement sur trois grandes thématiques (identification des indicateurs, poids de ceux-ci, poids des sphères selon le type d'espace), à l'aide d'une interface agréable et d'un questionnement relativement bref. Il reste maintenant la dernière étape du questionnaire, qui consiste à interroger l'enquêté sur lui-même afin de pouvoir traiter ses réponses sous différents angles d'approches. Gardant à l'esprit que les réponses sont anonymes, il est demandé à l'enquêté les renseignements suivants :

1. Genre (Masculin/féminin)
2. Age (réponse manuscrite de l'enquêté)
3. Catégorie socio-professionnelle (Choix entre les différentes CSP identifiées par l'INSEE)¹⁶
4. L'espace de résidence (Rural, périurbain, urbain)
5. L'espace du lieu de travail (idem)
6. L'enquêté travaille-t-il dans un métier de l'aménagement (réponse oui/non)
7. En cas de réponse oui, dans quel domaine (choix proposés : Recherche/domaine universitaire, bureau d'études, collectivités territoriales/services de l'Etat, agences d'urbanisme, autre).
8. L'enquêté exerce-t-il une fonction électorale ? (réponse oui/non)
9. Si oui, quel type de fonction (Conseiller municipal, départemental, régional, parlementaire, autre)

16. Une catégorie « autre » est prévue, auquel cas l'enquêté peut fournir une réponse manuscrite

10. Si l'enquêté souhaite y répondre, à quelle tendance politique se rattache-t-il ?
(Sans étiquette/Indépendant, Gauche de la gauche, PS et alliés, écologistes, centristes, UMP et alliés, FN et alliés, autres).

Cela doit nous permettre, comme nous l'avons évoqué plus haut, de distinguer ou non d'éventuelles corrélations entre certains types de réponses et les différentes catégories proposées ici. Outre les catégories classiques relatives au genre, l'âge et la catégorie socio-professionnelle, nous avons, comme indiqué plus haut, voulu identifier si l'enquêté était ou non lui-même un acteur de l'aménagement par le métier qu'il exerce, s'il était un décideur (en tant qu'élu), et enfin si l'on pouvait distinguer une différence de vue selon la proximité politique de l'enquêté.

Le questionnaire se termine sur ces questions et sur une dernière page de remerciements.

4.3.3.2 Diffusion et réception des réponses

Une fois élaboré sur LimeSurvey, ce questionnaire a été testé, sans être activé, auprès de membres du laboratoire, ne travaillant pas sur le sujet pour un premier avis sur la compréhension et la lisibilité des questions. Il est apparu quelques difficultés dans l'énoncé des questions, corrigées en conséquences. Le 12 Mars 2015, il a été procédé à l'activation du questionnaire suivi d'une première diffusion du questionnaire dans la mailing-list du laboratoire ThéMA, pour une première vague de réponses « en interne ». Puis l'enquête a été diffusée au grand public le lendemain, à travers :

- Des listes de diffusion, des mails ciblés vers les milieux professionnels, à destination des milieux de l'aménagement.
- Les réseaux sociaux, les listes de contacts et listes de diffusions privées, à destination du grand public.

Les retours ont été rapides, la quasi-totalité des 334 réponses ayant été reçues dans les quinze jours suivant la diffusion, avant une forte baisse et une quasi-inactivité dans les semaines suivant cette quinzaine. Une relance a été effectuée durant la troisième semaine en direction des bureaux d'études et collectivités, avec un faible nombre de

retours. Ces réponses ont ensuite été traitées à partir du dossier excel dans lequel elles ont été automatiquement consignées par LimeSurvey. Ce questionnaire est ainsi élaboré, d'une manière que nous avons à la fois voulu la plus compréhensible et la plus simple possible : une interface agréable, attractive et des questions précises visant à apporter une contribution participative, par le recours à une enquête dont le temps pour y répondre n'excède pas une dizaine de minutes, temps au-delà duquel peut se produire une lassitude chez les enquêtés.

Ainsi, nous allons pouvoir appuyer notre méthodologie sur un avis élargi aux personnes concernées par les politiques d'aménagement du territoire et le développement durable, c'est à dire l'ensemble de la population. Le recours à l'enquête nous a paru inévitable pour valider ou infirmer les choix intuitifs mis en avant dans la construction de notre méthodologie. Nous avons ainsi pu identifier sur quels points méthodologiques faire intervenir une enquête : la perception des indicateurs d'évaluation (perception quant à l'appartenance à l'une ou l'autre sphère, perception quant à son importance) et l'interrogation sur le rapport à l'économique, au social et à l'environnemental selon le type d'espace. Pour permettre cette démarche participative, il est nécessaire de procéder de la manière la plus simple et compréhensible possible dans le traitement des données (pondération simple plutôt qu'un complexe processus d'analyse multi-critère) et de recourir à un protocole d'enquête permettant de toucher le maximum de personnes tout en minimisant les coûts de récolte et de traitement des données. Dans cette optique, nous avons élaboré, à l'aide du logiciel LimeSurvey, ce questionnaire dont les résultats seront exposés dans la troisième partie.

Conclusion du chapitre 4

Notre proposition méthodologique nous oriente ainsi vers la production d'une cartographie visant à identifier la durabilité d'un territoire à travers l'étude fine de son espace. Les indicateurs de départ sont agrégés au cours du processus méthodologique, lequel nous semble devoir s'appuyer sur une consultation auprès des acteurs directs de l'aménagement comme auprès du grand public. Devant la multitude de possibilités de résultats que semble pouvoir offrir la méthodologie, les résultats d'une telle consultation peuvent servir au décideur à orienter ses choix stratégiques, non seulement pour l'application du processus (quel type d'agrégation ?) mais aussi

II. Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique

sur les décisions qui peuvent découler de l'analyse du territoire (quelle sphère privilégiée ?). Nous l'avons dit, nous sommes conscient des limites que peut présenter notre méthodologie, notamment dans le choix, arbitraires ici, des indicateurs sélectionnés. Ces choix arbitraires visent à permettre des tests dont les résultats doivent ensuite servir à guider nos réflexions, comme nous le verrons dans les chapitres suivants.

Conclusion de la deuxième partie

Cette partie centrale de notre thèse a ainsi été consacrée à une focalisation sur les enjeux méthodologiques. Nous avons pu mettre en évidence l'importance croissante prise par les indicateurs dans les travaux d'évaluation d'un territoire. Leur prolifération rend impératif la recherche de synthèse pour offrir aux décideurs d'avoir non seulement des données lisibles et exploitables mais également, par là même, une vision d'ensemble qui permette une prise de recul et la possibilité d'analyser le territoire dans sa globalité. Là aussi, nous avons pu identifier un certain nombre de difficultés.

1. Une difficulté théorique : comment envisager la synthèse ? Nous nous retrouvons ici aux prises avec le flou artistique de la définition de la durabilité, qui brouille l'analyse. Dans quelle sphères ranger tous les indicateurs sectoriels ? Comment envisager leur synthèse, en fonction de l'idée que l'on se fait de la durabilité ? Cet écueil semble, dans l'absolu, quasiment impossible à résoudre. Il faut donc opérer des choix, les plus scientifiques, réalistes et rigoureux possibles, bien que de fait subjectifs et critiquables. Nous avons pour notre part opté pour l'approche consensuelle d'une équivalence entre économique, environnemental et social.
2. Une difficulté technique, directement liée à la précédente : comment réaliser la synthèse ? Par quel processus d'agrégation ? Là aussi, tout dépend de la manière d'envisager la durabilité. Les choix d'agrégation, de pondération des indicateurs sectoriels en indicateurs synthétiques sont par nature subjectifs et discutables. Nous avons proposé un processus méthodologique rendant possible une synthétisation adaptable à différents choix. Elle se base sur des tests théoriques réalisés à l'aide d'indicateurs choisis arbitrairement, à partir des résultats d'un modèle LUTI (MobiSim), pour tester la méthodologie théorique sur une aire d'étude réelle (l'agglomération de Besançon).
3. Une difficulté « politique » : au vu des problèmes de subjectivité que nous venons de mettre en avant, il paraît important de réfléchir au moyen d'orienter les décisions à l'aide d'un processus participatif. C'est pourquoi nous avons tenu à réaliser une enquête en ligne pour mettre en perspective le ressenti du

II. Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique

« terrain » avec nos choix méthodologiques intuitifs.

Au final, nous pensons avoir fourni une méthodologie relativement simple qui peut être prise en main par les acteurs de l'aménagement et permet d'exploiter les sorties de modèles LUTI hors du champ purement académique, en les rendant plus lisibles et plus accessibles.

Troisième partie

Penser l'aménagement : à la recherche de l'équilibre

Un bon politicien est celui qui est capable de prédire l'avenir et qui, par la suite, est également capable d'expliquer pourquoi les choses ne se sont pas passées comme il l'avait prédit.

Winston Churchill

Après nous être concentrés sur les aspects méthodologiques, cette dernière partie ouvre notre travail à la réflexion relative aux résultats obtenus et, plus généralement, sur les principales questions théoriques, méthodologiques et philosophiques qui s'offrent à nous. Elle permet d'abord, au long du chapitre 5, de confronter les résultats des enquêtes avec les résultats méthodologiques. Il apparaît que les réponses des enquêtés tendent nettement vers une sorte d'uniformité. Uniformité vers l'équivalence, en quelque sorte. La principale information à retenir de ces enquêtes est le consensus qui semble s'opérer, dans toutes les couches et tous les secteurs de la population, vers l'équivalence des indicateurs entre eux ainsi que des trois sphères du développement durable. Au vu des observations des résultats méthodologiques, où nous avons testé plusieurs hypothèses de pondération, cela peut nous aider à privilégier un processus d'agrégation simple où les indicateurs sont considérés de manière égale. Au delà de l'aspect méthodologique, cela nous permet également d'envisager des réponses aux questions relatives à la manière d'appréhender le développement durable : il semble qu'auprès de la population, ce soit la notion d'équilibre qui se distingue. En ce qui concerne nos résultats, ce chapitre 5 permet aussi d'en identifier les limites, relatives notamment à cette recherche d'équilibre et, surtout, à celui de l'échelle d'analyse, question récurrente chez les géographes.

C'est sur ces questionnements que s'ouvre le chapitre 6 : d'abord, nous conduisons une réflexion sur la variabilité des résultats et des informations produites selon l'échelle à laquelle ils sont analysés. Nous touchons là à des questions visant à identifier, pour le décideur, le niveau auquel ses choix et ses actions peuvent avoir l'impact le plus important. Enfin, nous terminons en nous interrogeant sur cette notion d'équilibre, par la variété des aspects qu'elle englobe, notamment sous l'angle spatial puis sous l'angle temporel, étant entendu que la durabilité s'inscrit intrinsèquement dans le long terme. C'est à cette occasion que nous tentons d'offrir des perspectives quant à l'organisation « optimale » d'un processus de décision, dans lequel nous tentons d'impliquer le mieux possible le domaine scientifique de la modélisation.

Chapitre 5

Analyse des résultats

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats de notre travail. Dans un premier temps, nous présentons les résultats issus de l'enquête, en identifiant les tendances nettes qui se dégagent. Puis, nous présentons nos résultats méthodologiques. Si les tendances de l'enquête présentée juste avant sont nettes (pondérations équivalentes), nous avons eu à coeur de présenter les tests effectués dans le cas d'une pondération différente, afin d'enrichir la réflexion et de prendre du recul sur la variabilité des résultats. Enfin, nous terminons ce chapitre sur le bilan et les limites de notre méthodologie.

5.1 Analyse des enquêtes

Dans un premier temps, nous allons présenter les caractéristiques du panels de répondants, avant d'analyser la nature des réponses aux questions proposées.

5.1.1 Bilan de l'enquête

Nous l'avons dit, l'enquête lancée en Mars 2015 a permis, en une quinzaine de jours, de récolter 334 réponses valides. Il est à noter que le total des répondants s'est élevé à plus de 500, présentant ainsi un taux de réponses non-valides (abandon du questionnaire en cours de route) d'un tiers. Ce fort taux d'abandon peut s'expliquer par la complexité du questionnaire, élément souligné par des retours de terrain. Ceci dit, la récolte de plus de 300 réponses valides nous permet d'avoir un échantillon exploitable.

Comme nous nous y attendions avec ce genre d'enquête en ligne, cet échantillon n'est

pas doté d'une structuration similaire à celle de la population française. Néanmoins, toutes les catégories d'âge, de professions et de tendances politiques sont représentées dans les répondants, bien que très faiblement pour certaines. Ainsi, nous pouvons voir, dans le tableau 5.1, que la structure par âge du panel de répondants affiche une nette surreprésentation des catégories les plus jeunes (moins de 40 ans), à l'inverse des plus anciens (plus de 60 ans), nettement sous-représentés¹. Le déséquilibre se

TABLE 5.1 – *Profil des répondants par âge*

Tranche d'âge	Nombre	Proportion (%)	Proportion réelle (%)
18-25 ans	67	20	11,7
26-40 ans	166	49,7	23,5
41-60 ans	78	23,3	34,1
60 ans et plus	23	6,8	30,7

vérifie aussi concernant la répartition des catégories socio-professionnelles, où les étudiants et les cadres/professions intellectuelles supérieures sont largement surreprésentées au détriment des autres, particulièrement des retraités et des ouvriers² (tableau 5.2).

TABLE 5.2 – *Profil des répondants par catégories socio-professionnelles*

Catégorie	Nombre	Proportion (%)	Proportion réelle (%)
Artisans, commerçants...	6	1,8	5
Cadres, professions intell. sup.	184	55,1	10,6
Professions intermédiaires	20	6	15,2
Employés	29	8,7	16,8
Ouvriers	3	0,9	12,2
Retraités	19	5,6	30
Autres	73	21,9	10

Ces écarts sont facilement explicables par l'accès inégal à internet (nettement moins développé chez les personnes âgées que chez les jeunes) et par la complexité, soulignée plus haut, du questionnaire. Nous pouvons suggérer que le sujet traité,

1. Les pourcentages représentant la proportion dite réelle ont été calculés à partir des données INSEE de population au 1er janvier 2016. Le pourcentage est calculé sur le total des individus de plus de 18 ans, part de la population ciblée ici

2. Pour des raisons pratiques, les étudiants ont été regroupés avec la catégorie « autres », les agriculteurs avec les artisans commerçants. Les proportions ont été calculées à partir des données INSEE de 2015 des PCS

l'apparente difficulté des questions posées a pu conduire à une mauvaise diffusion et un mauvais taux de réponse de la part des « PCS - ». En revanche, le nombre de réponses selon le genre est équilibré et similaire à la composition réelle de la population : **176 femmes (52,6%) et 158 hommes (47,3%)**.

Nous avons choisi par ailleurs de cibler d'autres profils auprès des individus. Notamment, nous souhaitions savoir si la personne travaillait dans le domaine de l'aménagement ou si elle en était étrangère, appartenant ainsi au « grand public ». Les répondants se classent à ce point de vue en deux groupes quasi-égaux : **169 (50,5%) n'appartiennent pas aux métiers de l'aménagement quand 165 (49,5%) y exercent**. Un équilibre bienvenu et montrant que, malgré les réserves exprimées plus haut, l'enquête a réussi à toucher et intéresser au-delà des personnes directement en prise avec ses thématiques. En ce qui concerne les personnes travaillant dans le domaine de l'aménagement, le tableau 5.3 nous montre un relatif équilibre entre le milieu universitaire et le monde professionnel (principalement les collectivités). De

TABLE 5.3 – *Profil des répondants travaillant dans le domaine de l'aménagement*

Secteur	Nombre	Proportion (%)
Recherche, domaine universitaire	72	43,6
Collectivités, services de l'Etat	57	34,1
Agences d'urbanismes	8	4,8
Bureau d'étude	14	8,5
Architecte	3	1,8
Autres	11	6,7

même, nous avons voulu savoir dans quel type d'espace vivaient et travaillaient les personnes enquêtées (urbain, périurbain ou rural ?) : nous voyons ici l'espace urbain largement représenté, tant pour le lieu de vie (67 %) que pour le lieu de travail (74%) (tableau 5.4)

TABLE 5.4 – *Espace de domiciliation et de lieu de travail des répondants*

Type d'espace	Domicile	Lieu de travail
Urbain	223 (66,8%)	248 (74%)
Périurbain	65 (19,5%)	46 (13,5%)
Rural	46 (13,7%)	46 (13,5%)
Autre	-	21 (6,2%)

Enfin, concernant l'orientation politique de répondants (question facultative), si plus de la moitié n'a pas souhaité répondre (177 ; 53%), ceux ayant indiqué leurs préférences (157 ; 47%) montrent une net penchant sur le côté gauche de l'échiquier politique (61,7%), une forte proportion d'indépendants (21,6%), tandis que les autres partis politiques sont largement sous-représentés, en particulier le Front National (un seul répondant) (tableau 5.5)

Nous disposons ainsi d'un panel suffisamment large pour être exploité, mais avec

TABLE 5.5 – *Proximité politique des répondants*

Proximité politique	Nombre	Proportion(%)
Gauche de la gauche	25	20,7
PS et alliés	49	39,8
Ecologistes	23	18,7
Centristes	8	6,5
UMP et alliés	17	13,8
FN et alliés	1	0,8
Indépendants, autres	34	21,7

comme biais un déséquilibre dans la représentation de la population : les catégories intellectuelles, jeunes et urbaines sont surreprésentées au détriment des classes populaires et des personnes âgées. Cela nous montre les limites de l'exercice de l'enquête en ligne que nous avons pratiqué. Néanmoins, ces limites ne nous apparaissent pas rédhibitoires et nous semblent pouvoir être surmontées. En effet, nous l'avons dit, toutes les catégories visées sont représentées, ce qui pour nous constitue l'essentiel : il s'agit moins de faire une moyenne générale des réponses que d'identifier d'éventuelles variations de jugement selon les différentes strates de la population. Celles-ci étant toutes représentées³, il nous sera donc possible de calculer strates par strates et d'en tirer les conclusions. Enfin, pour le calcul global sur l'ensemble de la population, il nous sera possible d'effectuer un redressement en pondérant en fonction du poids réel de chaque catégorie. Bien évidemment, il n'est pas possible de présenter ici l'ensemble des résultats de l'enquête. Nous nous attacherons donc à mettre en valeur les éléments les plus marquants observés, et les conclusions qu'ils nous permettent de tirer.

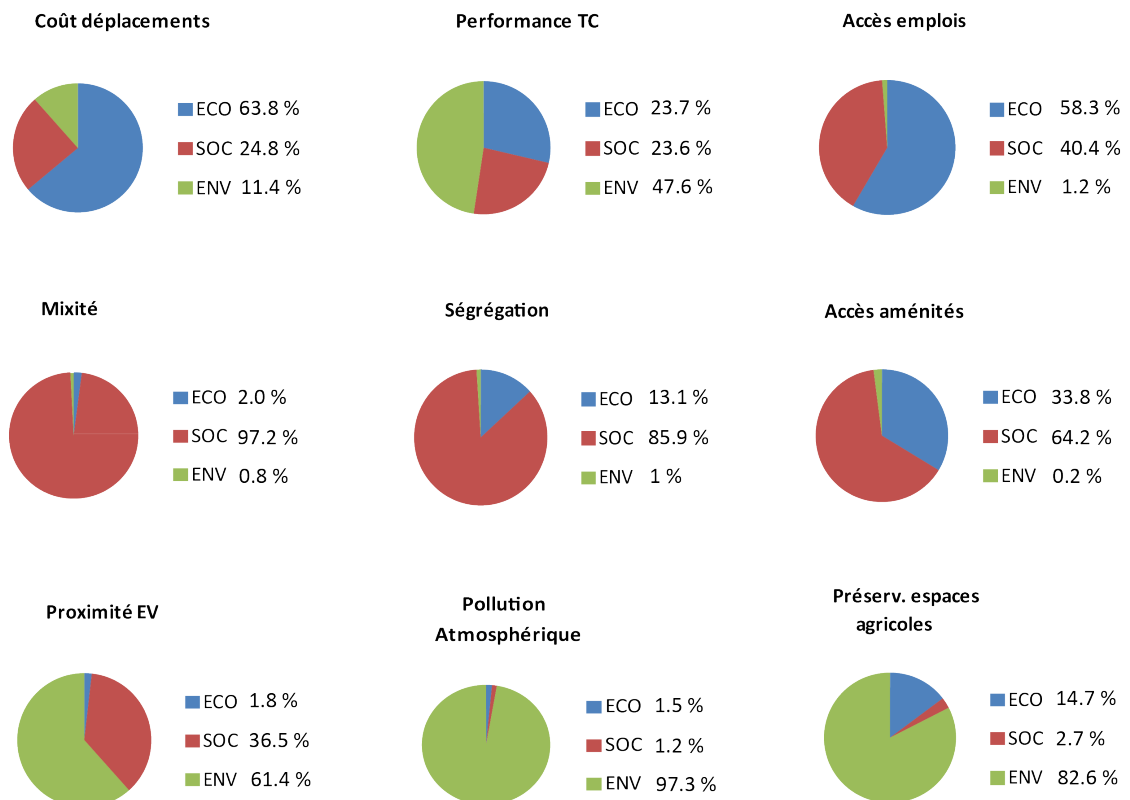
3. Trois catégories cependant apparaissent poser un réel problème d'interprétation en raison de la faiblesse extrême de leurs effectifs : les ouvriers (3), les architectes (3) et les proches du FN (1)

5.1.2 Des choix intuitifs confirmés par l'enquête

Dans un premier temps, l'observation globale des résultats nous permet de tirer un premier bilan : les choix intuitifs que nous avons effectués dans notre méthodologie, à savoir le classement des indicateurs selon les sphères, et l'égale pondération entre eux, s'avèrent, sauf exception, confirmés par les tendances générales découlant de l'enquête⁴.

La première question avait trait à l'identification à une sphère des indicateurs proposés. Il s'agissait de voir si le choix de classification opéré intuitivement se trouvait confirmé par le sentiment des enquêtés. Comme le montre la figure 5.1, dans huit cas sur neuf, la majorité des enquêtés a opéré une identification similaire aux choix effectués.

FIGURE 5.1 – *Classification des indicateurs par sphère*



Dans le détail, nous pouvons identifier quatre indicateurs dont le rattachement à une sphère est quasi-consensuel : la mixité et la ségrégation (sphère sociale à res-

4. Sur l'ensemble de l'échantillon, pour chacune des questions, les valeurs -/+ de l'intervalle de confiance à 95% sont inférieures à 2 pour chacun des critères testés, ce qui crédibilise les résultats obtenus.

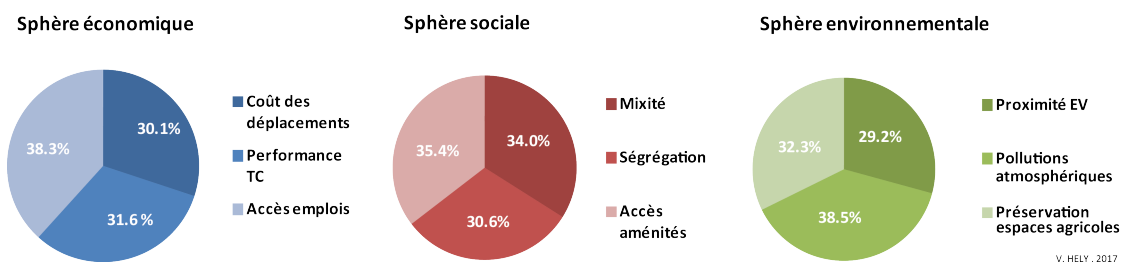
III. Penser l'aménagement : à la recherche de l'équilibre

pectivement 97,2% et 85,9%), la pollution atmosphérique et la préservation des espaces agricoles (sphère environnementale à respectivement 97,3% et 82,6%). Quatre autres voient se dégager une nette majorité en faveur d'une sphère, avec cependant une minorité d'autres choix non négligeables (Coûts des déplacements et accès aux emplois, dans la sphère économique à respectivement 63,8 % et 58,3%), l'accessibilité aux aménités urbaines (sphère sociale à 64,2%) et la proximité aux espaces verts (sphère environnementale à 61,4%). Un seul n'obtient aucun jugement majoritaire absolu : la performance des transports en communs, classé selon les performances économiques mais identifié ici, à une majorité relative (47,6%) dans la sphère environnementale. Nous observons donc ici un résultat confortant globalement nos choix avec cependant une nuance importante, la majorité des indicateurs (5 sur 9) faisant l'objet de différences de classification, la plupart du temps minoritaires, mais de manière cependant non-négligeable. Cela illustre ici la relative difficulté dans la partie amont de la réflexion, qui consiste à sélectionner des indicateurs et surtout les catégoriser dans une sphère appropriée : le consensus semble pour certains d'entre eux difficile à atteindre, signe de la complexité et de l'étroitesse des relations entre les différentes sphères du développement durable.

Si la classification des indicateurs apporte une confirmation des choix intuitifs nuancée, il apparaît en revanche que pour la question de la pondération intra-sphère des indicateurs (élément central de la méthodologie), l'idée d'accorder une pondération équivalente semble nettement confortée par le résultat global. (Figure 5.2).

Il apparaît nettement que la tendance est à la pondération équivalente des in-

FIGURE 5.2 – *Pondération intra-sphère des indicateurs*

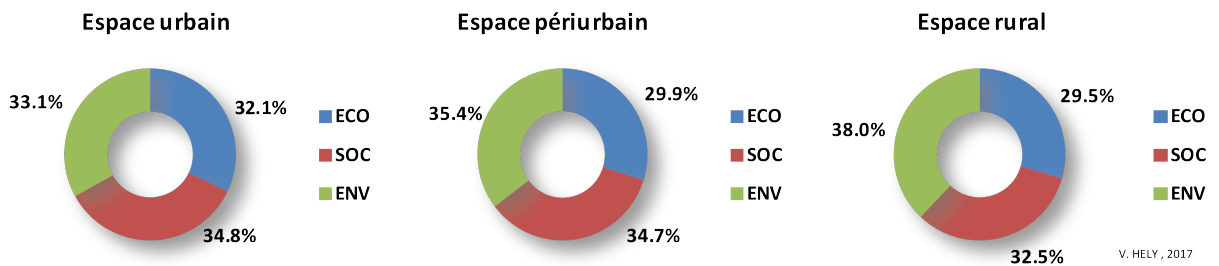


dicateurs. L'écart n'excède jamais 10 points entre les trois indicateurs. Si quelques nuances existent (l'accessibilité aux emplois est légèrement privilégiée dans la sphère

économique (38,3 %), la mesure des pollutions atmosphériques dans la sphère environnementale (38,5%), nous n’observons pas de déséquilibre flagrant nécessitant d’envisager des pondérations différenciées à l’intérieur des sphères.

De même, la figure 5.3 nous montre que l’importance accordée au poids des différentes sphères selon les différents types d’espaces tend elle aussi vers l’égalité en trois parts équivalentes, seule la sphère environnementale apparaissant légèrement privilégiée en zone rurale (37,95%).

FIGURE 5.3 – *Poids des sphères selon le type d’espaces*



Nous avons insisté plus haut sur le problème de représentativité de l’échantillon d’enquêtés dont nous disposons ici. Nous avons donc voulu tester les résultats en pondérant l’échantillon en fonction de la structure réelle de la population. Nous avons pour cela pondéré à partir de la composition par âge : il s’agit de la catégorie dans notre enquête où nous disposons des données les plus solides (les autres classements, par CSP, proximité politique contenant certains échantillons trop faibles). A partir du poids réel estimé des différentes tranches d’âge présentées dans le tableau 5.1, nous avons recalculé les résultats. Nous nous apercevons qu’ils diffèrent peu des résultats bruts, comme le montre les tableaux 5.6 pour la pondération des indicateurs et 5.7 pour la pondération des sphères⁵.

Pour la pondération des indicateurs, il apparaît que l’écart entre le résultat brut et la moyenne redressée est au maximum de 1,63 (accessibilité aux emplois). Pour l’importance accordée aux sphères selon le type d’espace, il s’élève au maximum à 3,52 (poids de la sphère économique en zone rurale). Cette comparaison nous conforte sur deux points : bien que peu représentatif, l’échantillon n’en produit pas moins des résultats proches de ceux observés avec un redressement. Le biais que l’on

5. Pour la classification des indicateurs, la différence, bien que parfois plus importante (6 points d’écart maximum pour les indicateurs dont la classification est moins consensuelle comme la performance des transports en commun) est également faible. Le tableau est présenté en annexe.

TABLE 5.6 – *Moyennes des pondérations*

Economique	<i>Coût des déplacements</i>	<i>Performance TC</i>	<i>Accès emplois</i>
Moyenne brute	30,08	31,64	38,27
Moyenne redr.	29,25	30,85	39,90
Ecart	-0,84	-0,79	1,63
Social	<i>Mixité</i>	<i>Ségrégation</i>	<i>Accès aménités</i>
Moyenne brute	33,97	30,61	35,42
Moyenne redr.	35,52	30,59	33,89
Ecart	1,55	-0,03	-1,53
Environ.	<i>Proximité EV</i>	<i>Pollutions atmo</i>	<i>Préserv. espaces agri</i>
Moyenne brute	29,24	38,47	32,29
Moyenne redr.	27,76	39,98	32,25
Ecart	-1,47	1,52	-0,04

TABLE 5.7 – *Moyennes de l'importance accordée aux sphères selon le type d'espace*

Urbain	<i>Econ.</i>	<i>Social</i>	<i>Envir.</i>
Moyenne brute	32,12	34,82	33,06
Moyenne redressée	33,65	33,34	33,01
Ecart	1,53	-1,48	-0,06
Périurbain	<i>Econ.</i>	<i>Social</i>	<i>Envir.</i>
Moyenne brute	29,90	34,69	35,40
Moyenne redressée	32,84	33,00	34,17
Ecart	2,93	-1,69	-1,24
Rural	<i>Econ.</i>	<i>Social</i>	<i>Envir.</i>
Moyenne brute	29,53	32,52	37,95
Moyenne redressée	33,05	30,18	36,77
Ecart	3,52	-2,34	-1,18

pourrait redouter apparaît en fait assez limité. De plus, cette faible différence tend à conforter la conclusion d'une tendance à l'uniformisation des réponses, que nous allons étudier plus en détail en observant les réponses selon le profil des répondants.

5.1.3 Une tendance nette à l'uniformité des réponses

Il apparaît en effet que l'étude des réponses selon les différentes catégories mène à la conclusion que les écarts de jugements que l'on aurait pu attendre, s'ils ne sont pas inexistantes, n'en sont pas moins nettement limités. Et ce, quel que soit le type de classification de la population envisagée, et quelle que soit la question posée.

Recours à l'écart type

L'analyse qui nous intéresse ici est celle visant à identifier d'éventuelles variations de jugements selon la catégorie des répondants. Pour cela, il nous faut donc analyser la dispersion des données des moyennes obtenues pour chaque catégorie étudiée. Nous aurons ainsi recours au calcul de l'écart-type, qui permet en outre d'identifier d'éventuelles valeurs aberrantes pouvant provenir de données issues d'un très faible échantillon, comme nous avons pu l'identifier plus haut pour certaines catégories. La question de l'interprétation de l'écart-type est assez délicate : à partir de quelle valeur va-t-on considérer qu'un écart-type est élevé ? La complexité et la variété des réponses données par la littérature, nous fait pencher ici pour une définition assez simple. L'écart-type étant l'écart moyen à la moyenne, le niveau qui nous permettra de repérer un fort écart-type est $1/2$ moyenne. Si l'écart-type est supérieur à $0,5$ moyenne, on peut donc considérer que les variations sont fortes.

Penchons-nous d'abord sur la pondération des indicateurs, à l'intérieur de chacune des sphères. Nous avons vu plus haut que la tendance générale s'orientait vers une égalité entre chaque indicateur, pour chacune des sphères. L'analyse selon les différentes catégories de répondants montre que, là aussi, les écarts sont réduits en ce qui concerne le jugement. Si l'on se base sur la structure par âge de la population, il apparaît que les écarts moyens sont toujours inférieurs à 3, et les écarts types inférieurs 4 (tableau 5.8). La plus forte variation est de l'ordre de 10 points, concernant le poids de l'indicateur d'accessibilité à l'emploi, auquel les plus de 60 ans accordent une importance de 43,25%, là où les 18-25 ans ne lui accordent « que » 33,94 %⁶.

6. Nous retrouvons ici, assez logiquement, la catégorie dans laquelle la différence entre moyenne brute et moyenne redressée était la plus importante dans la pondération des indicateurs

TABLE 5.8 – *Pondération des indicateurs économiques selon l'âge*

Age	Coût des dépl.	Performance TC	Accès emplois
18-25 ans	34,26	31,80	33,94
26-40 ans	29,18	32,03	38,79
41-60 ans	28,91	31,39	39,70
60 ans et plus	27,75	29,00	43,25
Ecart Type	2,89	1,39	3,84

Nous assistons donc à une faible dispersion des pondérations selon les profils des répondants. Cette dispersion minimale se retrouve également si l'on observe les réponses selon le genre (écart-type inférieur à 2 dans tous les cas), le lieu de travail et de domicile (écart-type inférieur à 3 dans tous les cas, sauf pour la mixité et les aménités sociales), et selon que l'enquêté travaille ou non dans l'aménagement (Ecart-type maximal : 2,03 pour le coût généralisé des déplacements). Au final, les variations les plus importantes sont observées en fonction de la catégorie socio-professionnelle, l'appartenance politique et le métier de l'aménagement, pour les personnes concernées. Il convient toutefois de nuancer d'emblée ce constat, ces trois domaines étant ceux comprenant les échantillons les plus faibles difficilement exploitables : les ouvriers (3), les électeurs FN (1) et les architectes(3), ces échantillons étant le plus souvent à l'origine des plus forts écarts.⁷ Concernant la pondération selon la CSP, nous pouvons constater avec la figure 5.4 que l'importance de l'écart-type demeure tout de même fort réduite.

Les écarts-types les plus importants sont observés concernant l'importance accordée aux indicateurs d'accessibilité aux emplois (tableau 5.9). Nous retrouvons ici le phénomène observé plus haut : les retraités accordent plus de poids à l'accessibilité aux emplois (46,7%), de même que les artisans (41%) et les employés (42,9%). A l'inverse, les étudiants accordent une pondération quasi-équivalente aux trois indicateurs, avec une dominante pour le coût généralisé des déplacements (34,2%).

Le constat est le même concernant la pondération de l'importance accordée aux différentes sphères selon le type d'espace. Ici aussi, les variations sont limitées, avec néanmoins une distinction des catégories les plus âgées pour accorder davantage de

7. Dans les graphiques présentés ici pour l'interprétation de l'écart-type, il a donc été décidé de les exclure de l'analyse. Dès lors, concernant les métiers de l'aménagement et l'appartenance politique, les variations deviennent aussi minimales que dans les autres catégories précitées. Nous présenterons donc ici uniquement les graphiques relatifs à l'écart-type concernant la CSP

FIGURE 5.4 – Ecart-type et rapport à la moyenne pour la pondération selon la CSP

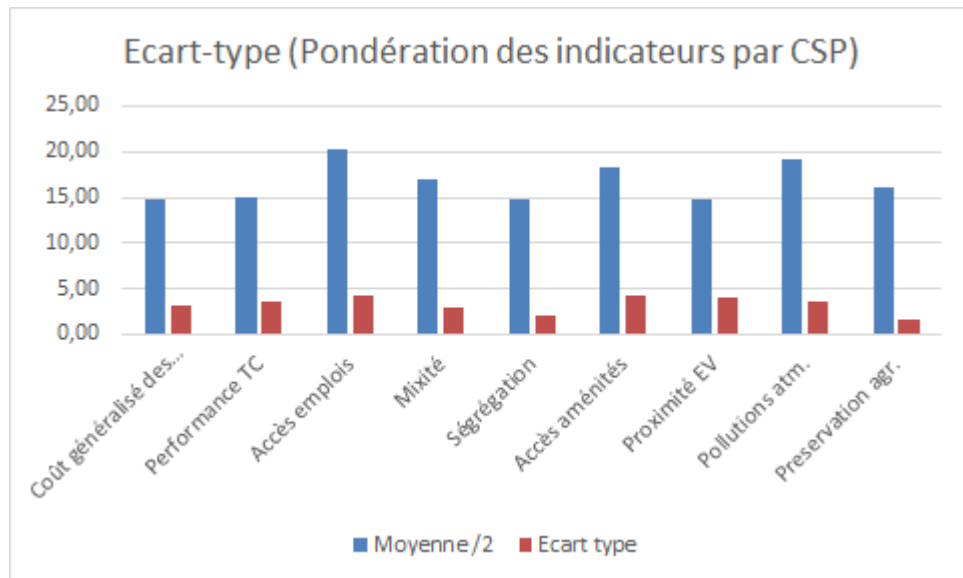


TABLE 5.9 – Pondération des indicateurs économiques selon la CSP

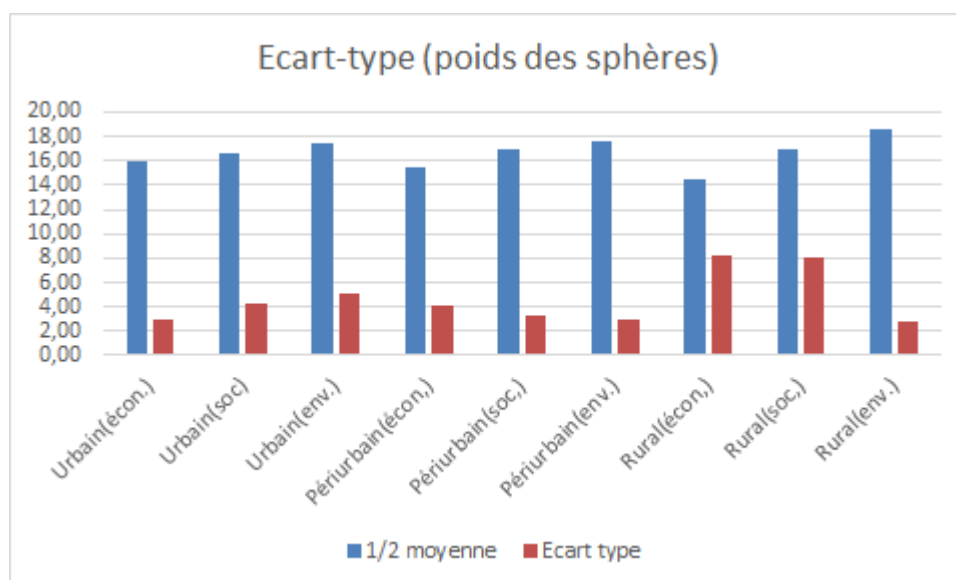
CSP	Coût déplac.	Performance TC	Accès emplois
Artisans, ...	25,67	33,33	41,00
Autre	31,00	25,47	43,53
Cadres <i>etc.</i>	28,93	33,31	37,76
Employés	31,70	25,41	42,89
Etudiants	34,19	32,31	33,50
Ouvriers	36,67	38,33	25,00
Professions inter.	30,33	31,17	38,50
Retraités	25,56	27,78	46,67
Ecart type	3,85	4,45	6,82

TABLE 5.10 – Importance des sphères en zone rurale, selon l'âge

Age	Econom.	Social	Envir.
18-25 ans	27,03	32,86	40,11
26-40 ans	28,16	33,67	38,16
41-60 ans	31,86	31,84	36,30
60 ans et plus	40,40	24,65	34,95
Ecart Type	6,05	4,14	2,25

poinds à la sphère économique en zone périurbaine (38,8% pour les plus de 60 ans contre 28,3 pour les 18-25 ans, qui eux privilégient davantage la sphère environnementale : 36,1%) et surtout les zones rurales (tableau 5.10.) : 40,4% chez les plus de 60 ans contre 27,03 % chez les 18-25 ans. Nous retrouvons ici un clivage assez classique entre des personnes âgées davantage sensibles au domaine économique là où les nouvelles générations seront plus attentives aux enjeux environnementaux. Mais ici aussi, lorsque nous regardons les écarts-types là où ils sont le plus important (catégories socio-professionnelles), nous voyons que ceux-ci se limitent à un maximum de 5,1 %, pour la sphère économique en zone rurale que nous venons d'évoquer (Figure 5.5).

FIGURE 5.5 – Ecart-type et rapport à la moyenne selon la CSP pour l'importance du poids des sphères



La conclusion que nous pouvons tirer de l'analyse de nos enquêtes, dont nous avons présenté ici les éléments les plus significatifs, est qu'une tendance très nette se dégage : les jugements de la population intègrent une équivalence aussi bien entre les

indicateurs qu'entre les sphères du développement durable. Certes, quelques nuances, classiques, peuvent être observées, notamment entre les jeunes et les personnes âgées, ou entre les catégories intellectuelles supérieures (plus urbaines) et les catégories populaires : il s'agit ici de clivages classiques, mais même ceux-ci apparaissent réduits. A l'inverse, nous pouvons insister sur la quasi-absence de divergence entre les enquêtés travaillant dans l'aménagement, largement sensibilisés aux questions de développement durable, et le « grand public ». Dans tous les cas, les individus tendent à accorder des importances équivalentes aux indicateurs et aux sphères, de même qu'ils identifient plutôt bien la quasi-totalité des indicateurs proposés à la sphère à laquelle ils ont été attribués. C'est d'ailleurs à ce niveau que les observations sont les plus mitigées, plusieurs indicateurs ayant été classés dans une autre sphère par une forte minorité de répondants, voire une majorité relative dans le cas de la performance des transports en commun.

Cette observation des résultats d'enquête nous conduit donc à envisager une méthodologie fondée sur l'équivalence du poids des indicateurs et sur l'égale importance du poids des sphères, quel que soit l'espace aménagé. En ce sens, l'enquête nous fournit un support participatif précieux qu'il convient de mettre en valeur dans notre processus de décision, en cela qu'il va nous permettre de mieux cerner les enjeux qui se dégagent du bilan méthodologique que nous allons maintenant tirer.

5.2 Évaluation du territoire

Nous allons, dans ce 5.2., nous attacher à présenter les résultats concrets obtenus sur notre aire d'étude de la CAGB. La méthodologie présentée dans le chapitre précédant doit ainsi nous permettre d'identifier les performances de ce territoire.

5.2.1 Résultats des traitements

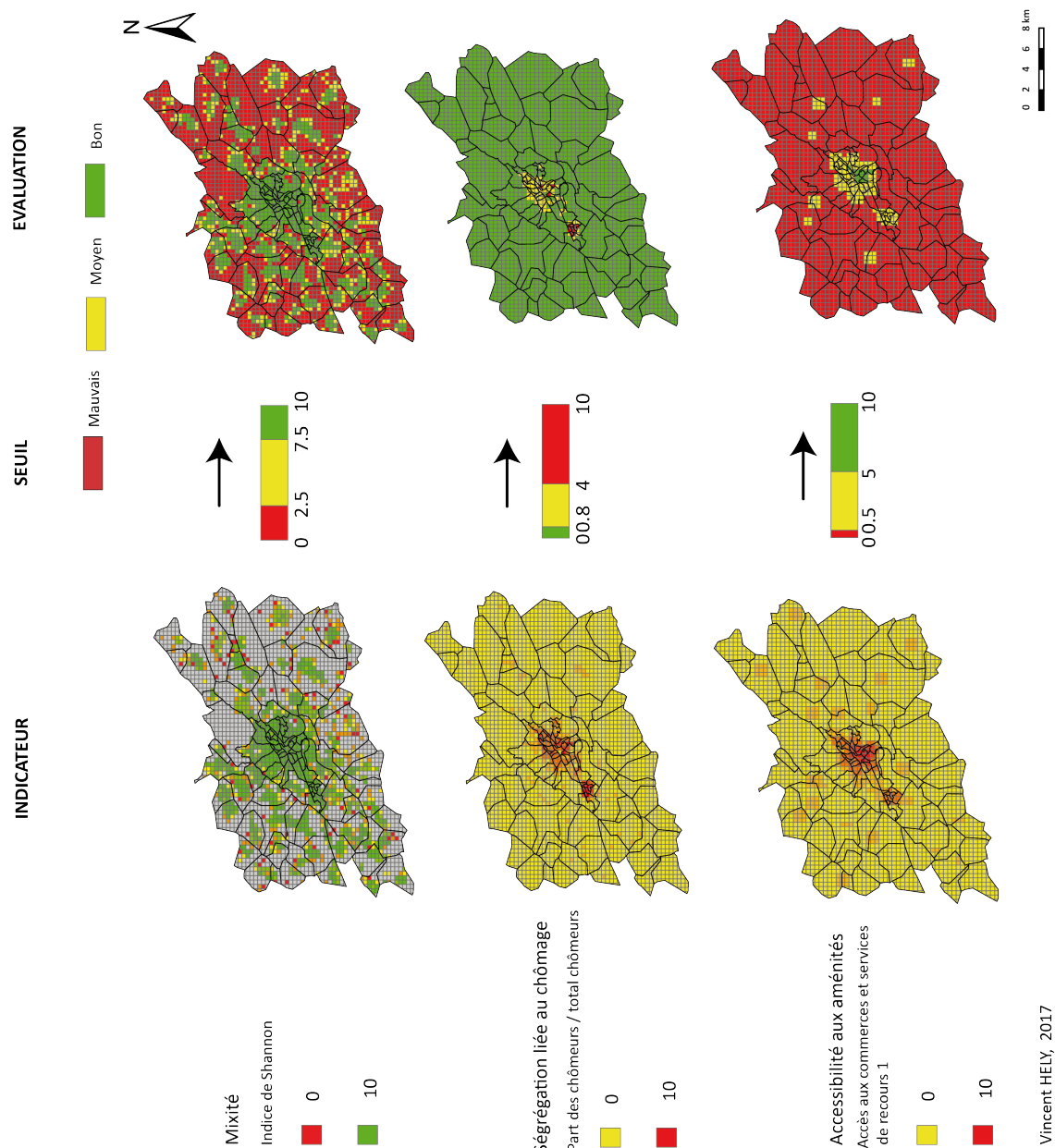
Nous allons dans un premier temps présenter les résultats produits par les différentes étapes du processus méthodologique.

5.2.1.1 Évaluation et synthétisation des indicateurs

La première étape a donc consisté en l'évaluation des différents indicateurs, comme cela a été présenté de manière théorique dans le 4.2. Nous pouvons à présent visualiser l'application de cette évaluation sur le territoire de la CAGB. Dans

la figure 5.6, nous rappelons, par l'exemple de la sphère sociale, le processus initial d'évaluation de chaque indicateurs. Normalisés, sur une échelle allant ici de 1 à 10, il sont ensuite évalués, dans les conditions décrites dans le 4.2., dans une catégorisation simple (« bonne », « moyenne » ou « mauvaise »). Nous avons ainsi une

FIGURE 5.6 – *Etapes de réalisation d'indicateur synthétique sur le territoire de la CAGB, sphère sociale*



carte d'évaluation du territoire pour chacun des neuf indicateurs, représentés dans la figure 5.7. Nous pouvons ainsi voir la variété des situations selon les indicateurs. Si, concernant la sphère économique, une similitude semble s'opérer entre les trois indicateurs, avec de bonnes performances localisées dans les espaces urbains et no-

tamment le centre de l'agglomération, nous pouvons en revanche identifier de fortes variations concernant les indicateurs relatifs à la sphère sociale.

- L'indice d'accessibilité aux aménités urbaines est logiquement le plus tranché : il montre des performances moyennes dans les centres urbains et des performances mauvaises partout ailleurs.
- Les indices de mixité sociale et de ségrégation dûe au chômage, que l'on pourrait penser proches (et ainsi reprocher le choix de deux indicateurs voisins), voient en fait leurs résultats fortement différer. L'indice de ségrégation lié au social concentre de mauvaises performances dans le quartier de Planoise tandis que l'indice de mixité sociale voit lui une performance moyenne ou bonne dans la plupart des communes de la CAGB.

Enfin, les indicateurs environnementaux présentent également une variété de résultats liés à leur nature. A partir de cette évaluation, nous avons ensuite produit des cartographies permettant l'analyse de l'espace pour chaque sphère, en agrégeant les indicateurs selon les différents opérateurs d'agrégation. Nous pouvons ainsi analyser les différences que peuvent produire ces différents opérateurs, en particulier la moyenne arithmétique et la moyenne géométrique dont nous avons parlé dans la seconde partie. Il s'agit en effet des deux opérateurs les plus courants et les plus pertinents qu'il nous semble important d'étudier, pour les raisons expliquées dans la partie 2, notamment avec l'effet « éliminatoire » donné à un indicateur de valeur 0 avec la moyenne géométrique. La figure 5.8 présente ici les résultats cartographiques pour l'indicateur synthétique de chacune des trois sphères. Nous pouvons voir ainsi les différences d'évaluation du territoire selon que l'agrégation des indicateurs a procédé d'une moyenne arithmétique ou géométrique. Les différences sont assez marquées, notamment pour la sphère économique et, plus encore, la sphère sociale. Ces variations sont évidemment dues à la nature des indicateurs et à leur répartition spatiale : dans le domaine social, les mauvaises performances d'accès aux aménités urbaines en milieu rural et périurbain provoquent de fait une mauvaise performance globale de l'indicateur social en cas de moyenne géométrique alors même que les autres indicateurs produisent des résultats beaucoup plus nuancés :

L'examen détaillé de la répartition des cellules selon la performance de leur indicateur synthétique est présentée dans le tableau 1, en reprenant l'échelle d'évaluation

FIGURE 5.7 – Evaluation des indicateurs : cartographie

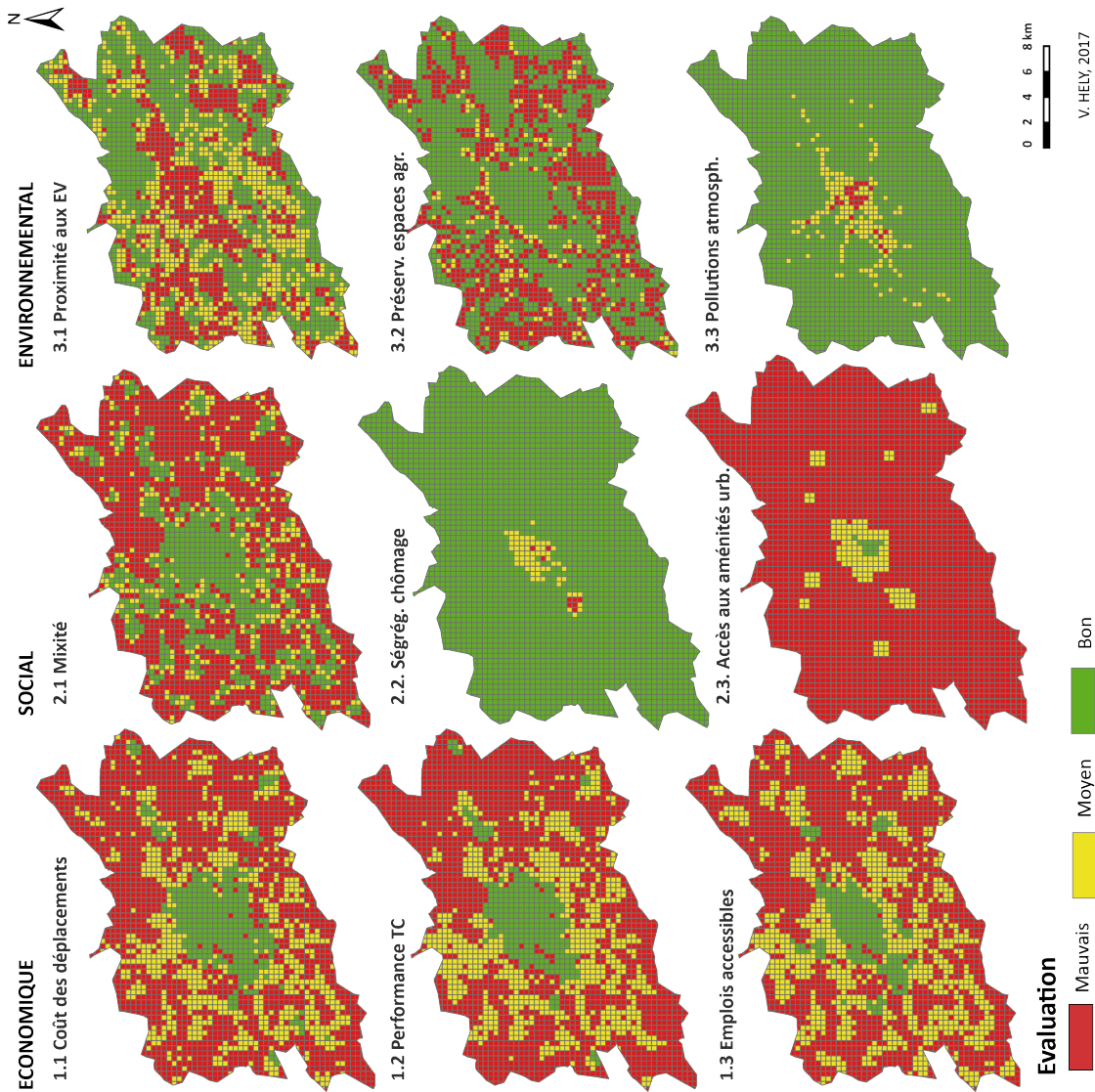
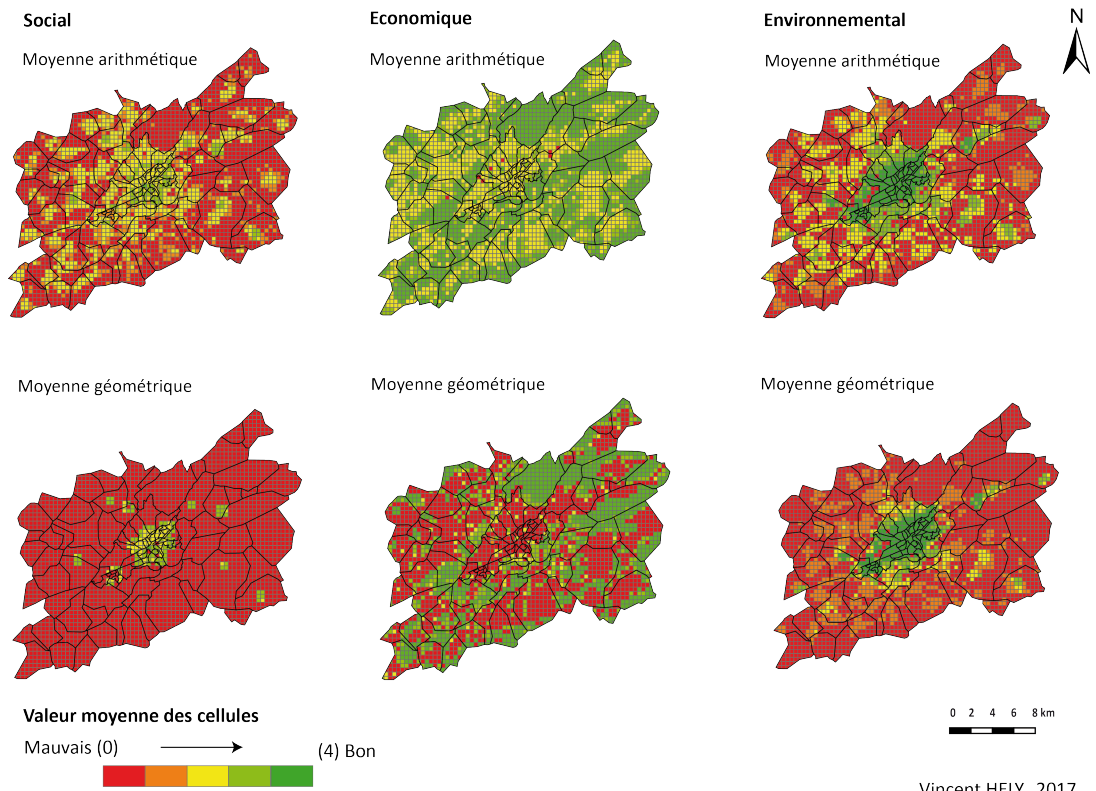


FIGURE 5.8 – Indicateurs synthétiques produits selon une méthode d'agrégation par moyenne arithmétique ou géométrique



Vincent HELY, 2017

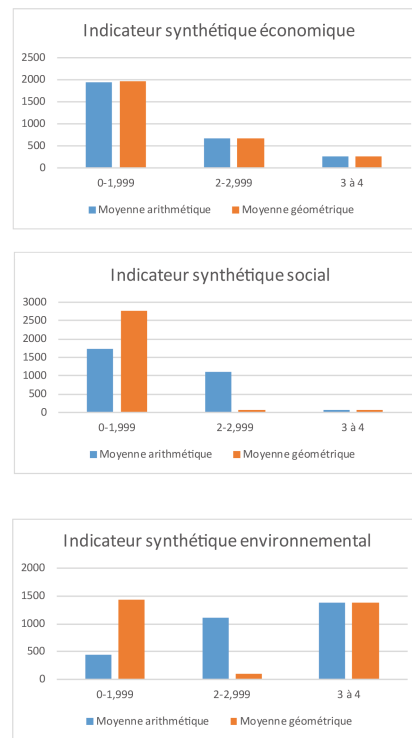
allant de 0 à 4.⁸ Il apparaît que l'essentiel des variations entre moyenne géométrique et moyenne arithmétique se produit entre performance mauvaises et moyennement bonnes. Les performances de qualité, supérieures à la valeur 3, sont logiquement identiques dans les deux cas, une évaluation égale à 0 dans l'un des indicateurs de base entraînant mathématiquement une moyenne arithmétique inférieure à 3. Or, ce qui importe ici, au regard de notre méthodologie, ce sont bien les meilleures performances pour chaque indicateur synthétique, à partir desquelles seront calculées les combinaisons permettant la catégorisation de chaque cellule au regard du schéma du développement durable. Pour cette raison, le résultat final ne variera pas selon que l'indicateur sera calculé par la moyenne géométrique ou arithmétique. C'est en tout cas l'hypothèse de travail que nous suggérons ici : au vu des résultats de l'enquête suggérant une pondération globalement équivalente de chaque indicateur, excluant de fait toute valeur éliminatoire, **nous recommandons de considérer comme valeur de bonne performance une valeur excluant l'élément absorbant constitué par le 0. De fait, le recours aux différents opérateurs d'agré-gations pour la production d'indicateurs synthétiques n'apparaît plus ici comme une étape déterminante impactant le résultat final.**

5.2.1.2 Pondérations intersphères

En réalité, les variations les plus intéressantes à observer à nos yeux sont celles concernant les pondérations relatives à chacun des indicateurs, dans la conception de l'indicateur synthétique. Les enquêtes réalisées nous ont montré qu'un consensus semblait se dégager pour des pondérations équivalentes. Toutefois, il nous a semblé intéressant, dans un souci d'objectivité et d'exhaustivité, de présenter ici les résultats obtenus en testant des pondérations différentes selon les indicateurs. Cela dans le but de confronter notre méthodologie dans l'éventualité de décisions d'aménagement n'allant pas dans la tendance identifiée dans l'enquête, avec des décideurs privilégiant un indicateur plutôt qu'un autre. Il nous a paru important d'effectuer des tests permettant d'identifier d'éventuelles variations liées à une variation des pondérations, étant entendu que les jugements peuvent s'avérer différents selon les contextes et les territoires. Ceci dans le but d'identifier, au final, l'importance que pourrait avoir ces différences de pondération sur le résultat final de l'évaluation produit par la combinaison. Tenant compte des éléments cités plus hauts, nous avons

8. Par souci de lisibilité, il a été procédé au regroupement en trois catégories : une performance jugée mauvaise (inférieure à 2), une performance moyennement bonne (2 à 3) et une performance de qualité (supérieure à 3).

FIGURE 5.9 – Répartition des cellules selon leur indicateur synthétique



choisi de tester des pondérations « modérées », c'est à dire accordant une valeur de 50% à un indicateur et 25% aux deux autres. Neuf configurations (trois par sphère) ont ainsi été testées, et présentées dans les figure 5.10, 5.11 et 5.12 ci-dessous.

Il apparaît ici que les variations se révèlent assez limitées, bien davantage en tout cas qu'avec les opérateurs d'agrégation présentés plus haut. Là encore, les variations les plus importantes apparaissent dans la sphère sociale en raison de la forte dispersion des résultats selon les indicateurs. En revanche, les variations du nombre de cellules indiquant une bonne performance existent : jusqu'à plus de 20 points d'écart dans la sphère sociale, selon que l'indicateur privilégié soit l'accessibilité aux aménités (3% de cellules avec une bonne performance) ou l'indicateur de mixité (24,7%)(Tableau 2). De fait, ces variations de pondérations nous semblent de nature à impacter le résultat final, et nous confortent dans la volonté de tester ces différents cas de figure.

Ainsi, les résultats produits pour l'étape de réalisation d'indicateur synthétiques pour chacune des sphères nous permettent de nous focaliser ici sur les enjeux qui peuvent se dégager autour de la question de la pondération.

III. Penser l'aménagement : à la recherche de l'équilibre

FIGURE 5.10 – Indicateurs synthétiques de la sphère environnementale selon la pondération

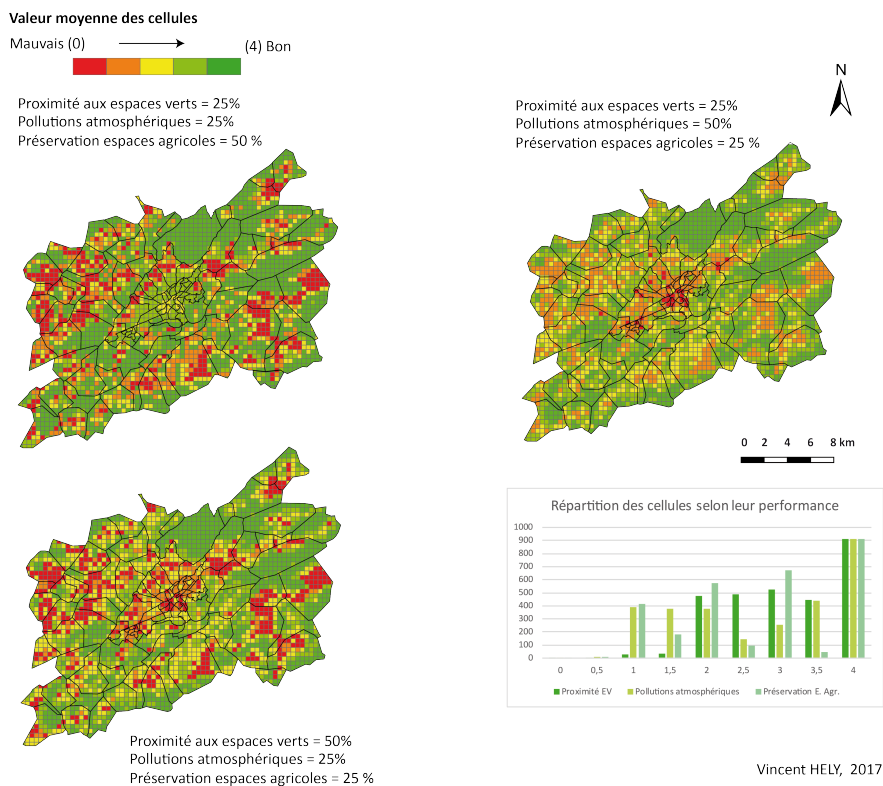


FIGURE 5.11 – Indicateur synthétique économique selon la pondération

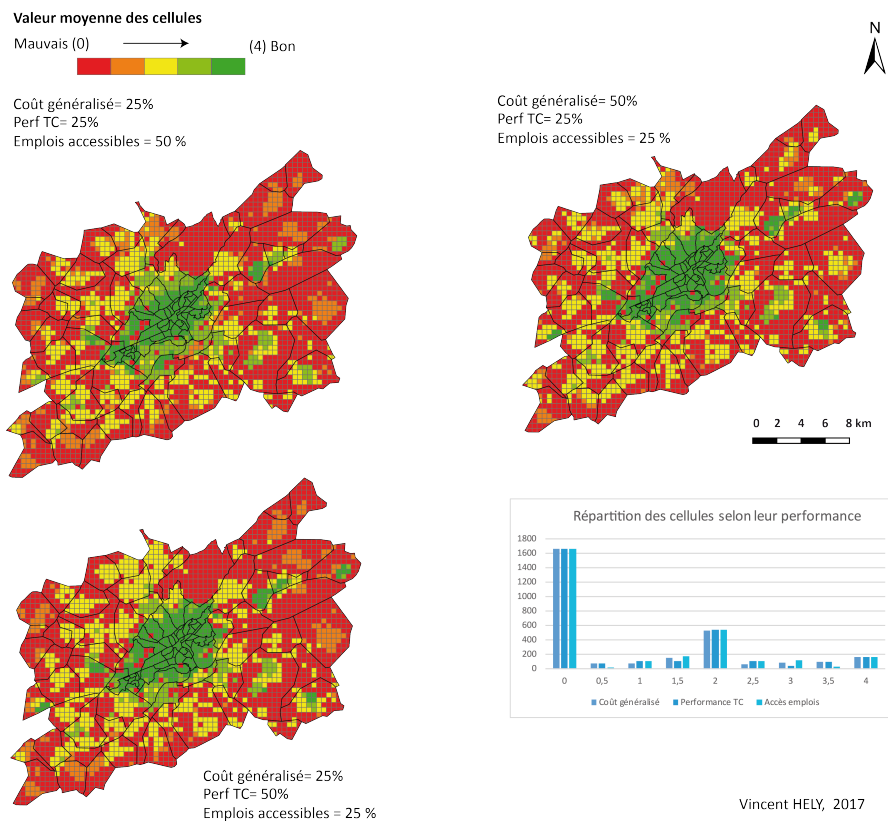
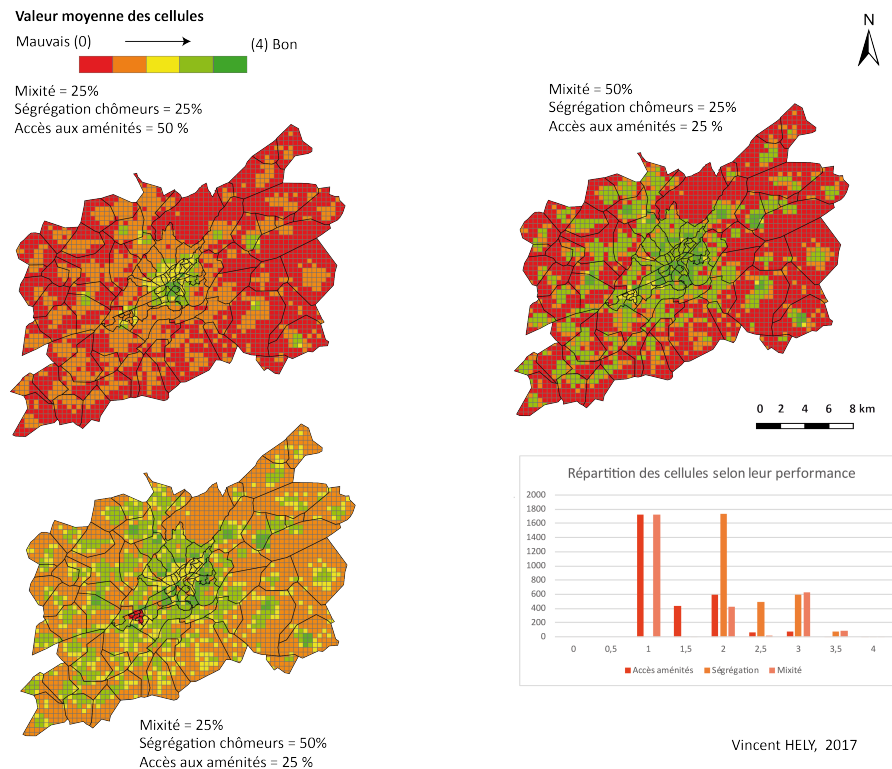


FIGURE 5.12 – Indicateur synthétique social selon la pondération



5.2.2 Résultats globaux : Des variations limitées

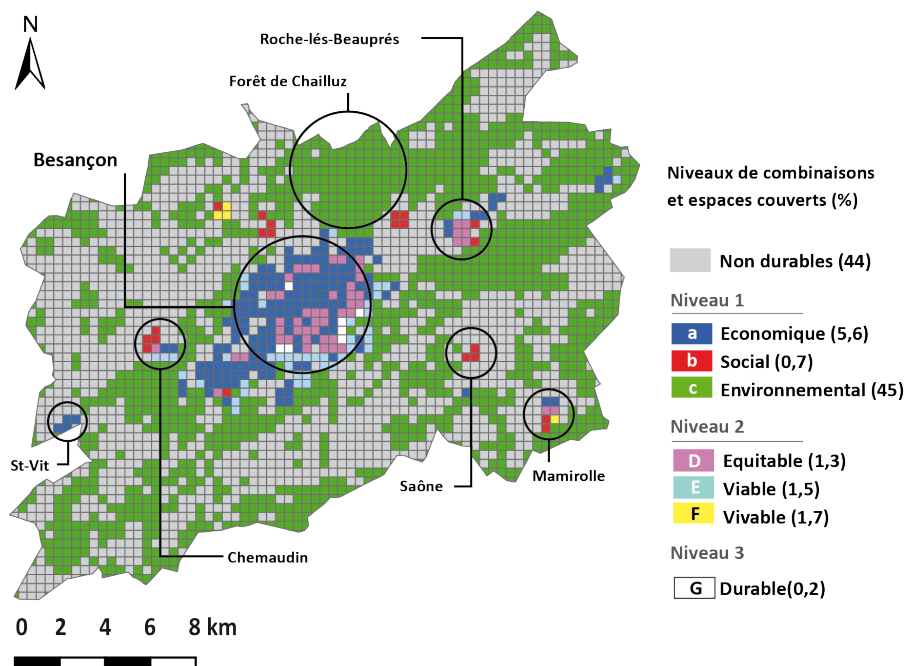
A partir de ces résultats relatifs à la production d'indicateurs synthétiques, nous allons maintenant présenter en détail les résultats finaux, issus de l'étape de combinaison décrite dans le 4.2.

5.2.2.1 Résultat final

Nous présentons et commentons ici la carte de référence, déjà introduite dans l'exposé de la méthodologie dans le chapitre 4, obtenue par la combinaison des performances de chaque cellules à partir des indicateurs synthétiques produits par la moyenne arithmétique. (Figure 5.13). L'analyse spatiale des résultats nous permet d'identifier, de manière cohérente, les différentes caractéristiques territoriales de la CAGB, en fonction de leur catégorisation selon leur niveau et leur type de durabilité⁹.

9. Nous identifions, rappelons-le, 3 niveaux de durabilité : le niveau 1 correspondant à une bonne performance dans une seule sphère, le niveau deux dans deux des trois sphères et le niveau trois pour la durabilité maximale.

FIGURE 5.13 – Evaluation de la durabilité du territoire de la CAGB



- Les cellules regroupées dans la catégorie 5 (sphère environnementale) apparaissent logiquement situées dans et autour des forêts (en particulier la forêt de Chailluz sur le nord de la ville de Besançon)
- Les espaces périurbains, les bourgs (par exemple St Vit, Mamirolle, Franois, Roche-Les-Beauprés, *etc.*) semblent avoir des résultats satisfaisants en termes de combinaison de bonnes performances et peuvent être clairement distingués sur la carte.
- Concernant la ville centre (Besançon), nous pouvons constater l'émergence du champ correspondant à la catégorie « viable », combinant de bons résultats économiques et sociaux.
- Au sud de l'agglomération, correspondant aux premiers contreforts forestiers des montagnes du Jura, les cellules combinent de bonnes performances économiques et environnementales.
- Les collines urbaines, boisées, sont celles contenant les cellules qui présentent la durabilité la plus forte (niveau 3).

- Les autres parties de la ville de Besançon sont généralement économiquement performantes (Catégorie 7) avec une bonne accessibilité aux emplois et aux transports en commun.
- La catégorie 6 (social) est presque exclusivement située dans les espaces périurbains et correspond aux cellules caractérisées par de bons indicateurs sociaux, mais moins favorisées que Besançon en termes d’accessibilité aux emplois et aux réseaux de transport.
- Le quartier populaire de Besançon (Planoise) a un bon potentiel économique en raison de la position géographique, mais souffre d’un handicap dans la sphère sociale en raison du fort taux de chômage impliquant une forte ségrégation.

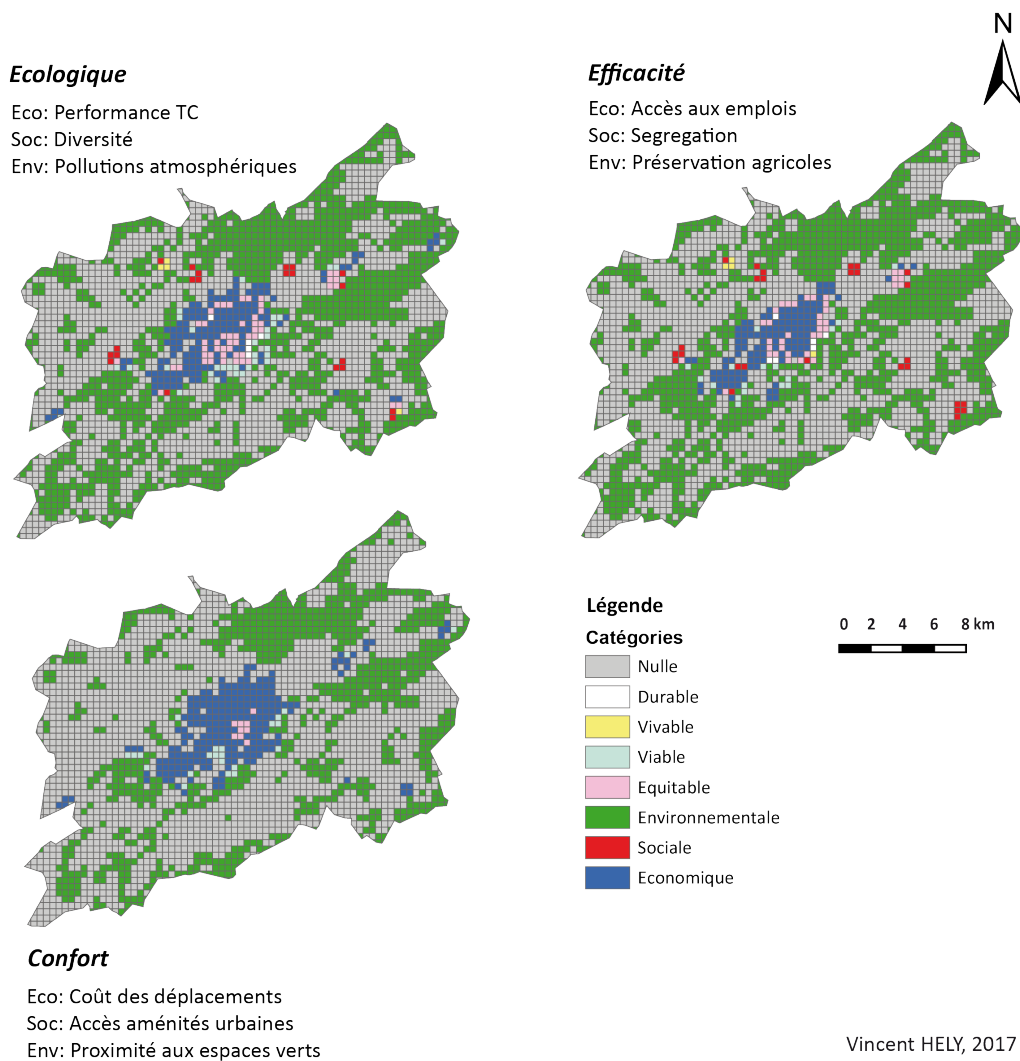
Ces résultats confirment des réalités intuitives et observées sur l’agglomération de Besançon, et semblent donc rendre crédible la méthodologie. Après les étapes d’agrégation et les phases de combinaison, il conduit à l’identification et à l’emplacement de domaines cohérents et représentatifs. Il permet en outre de quantifier le nombre de cellules appartenant à chaque catégorie et d’en produire une analyse relative au niveau de durabilité de l’espace. Avant de nous livrer à cette analyse et d’en identifier les limites, il convient cependant, dans la ligne de ce que nous avons souligné plus haut, de comparer ce résultat avec celui obtenu à partir des variations de pondérations.

5.2.2.2 Variations thématiques

Il s’agit ici d’identifier ici d’éventuelles variations du résultat final en fonction de différents choix de pondérations retenus dans l’étape précédant la phase finale (explicitée plus haut). Nous présentons ici des résultats obtenus à partir d’indicateurs synthétiques obtenus après les pondérations variables présentées dans la sous-partie précédente. Il existe évidemment une multitude de résultats possibles qu’il n’est pas possible de représenter ici. En guise d’illustration, nous avons sélectionné trois cartes de résultats finaux influencés par des indicateurs synthétiques conçus en favorisant l’un des indicateurs de base. Nous présentons ici trois scénarios (figure 5.14) (dénommés de manière intuitive et arbitraire, donc discutables, au vu des indicateurs privilégiés) dont les résultats diffèrent :

- Scénario *écologiste* : dans chaque sphère, les indicateurs privilégiés sont ceux des pollutions atmosphériques, de la performance du transport en commun et de l'entropie.
- Scénario d' *efficacité* : favorisation de l'accès aux emplois, de la préservation des espaces agricoles et d'une faible ségrégation liée au chômage.
- Scénario de *confort* : favorisation du moindre coût des déplacements, d'une bonne accessibilité aux aménités urbaines et d'une proximité aux espaces verts.

FIGURE 5.14 – Résultats finaux selon différentes configurations



Nous pouvons constater des résultats dont les variations existent mais qui demeurent néanmoins limitées. La comparaison du nombre de cellules appartenant à chaque catégorie (tableau 5.11) démontre une variation assez limitée. Le nombre de cellules ne changeant pas de catégorisation s'élève à 2209 cellules sur 2901 soit 78,9%.

TABLE 5.11 – *Proportion de cellules de chaque catégories selon le choix de pondération*

Catég.	Confort	%	Ecolo.	%	Efficace	%	Standard	%
0	1708	58,88	1308	45,09	1363	46,98	1289	44,43
1	0	0,00	5	0,17	6	0,21	7	0,24
2	0	0,00	4	0,14	4	0,14	4	0,14
3	24	0,83	32	1,10	17	0,59	45	1,55
4	9	0,31	53	1,83	38	1,31	51	1,76
5	933	32,16	1314	45,29	1321	45,54	1318	45,43
6	0	0,00	21	0,72	27	0,93	21	0,72
7	227	7,82	164	5,65	125	4,31	166	5,72

Des variations existantes donc, mais des variations limitées pour ce qui concerne l'ensemble du territoire étudié. Voici ce que l'on peut déduire des résultats finaux. C'est donc maintenant le moment d'étudier les résultats produits par notre enquête. Cette dimension participative expliquée dans le 4.3. doit nous permettre de guider nos choix et d'illustrer l'importance ou non des choix de pondérations dans le processus global d'évaluation et de décision. Après avoir présenté les résultats produits par la méthodologie et analyser les réponses fournies par les enquêtes, nous allons clore ce chapitre par une réflexion sur le bilan que nous pouvons tirer de la démarche méthodologique que nous proposons.

5.2.3 Un outil d'analyse de l'espace

Revenons d'abord sur le fond de l'objectif méthodologique, à savoir le besoin d'évaluer le territoire.

5.2.3.1 Identification des lacunes et des atouts

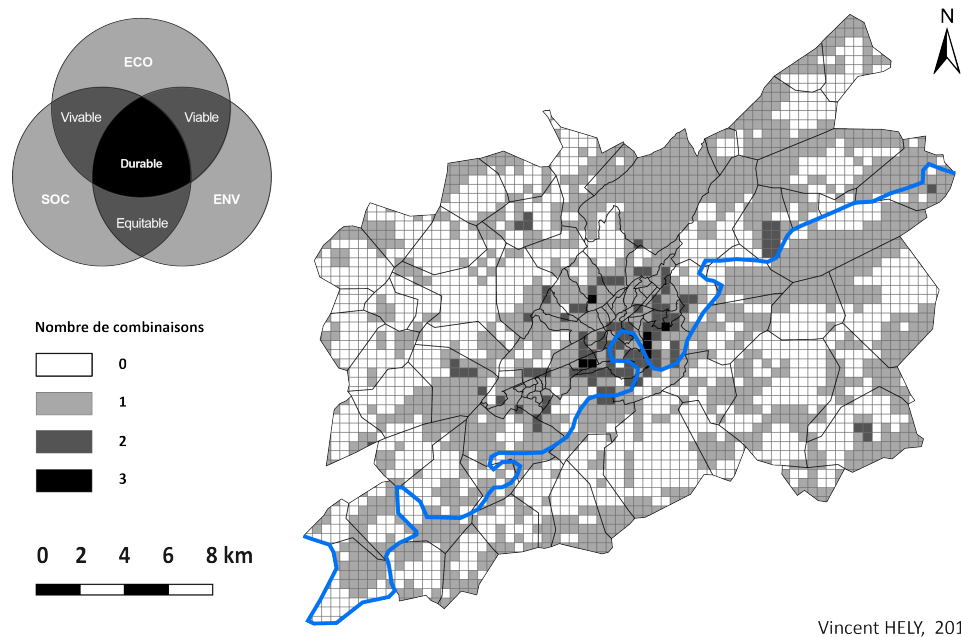
Nous avons pu constater dans le 5.1. que les résultats méthodologiques fournissaient une représentation cohérente du territoire selon ses différents niveaux de durabilité. Ce résultat permet ainsi d'envisager une analyse lisible du territoire dans une optique d'aide à la décision. Avec une classification en 8 classes (les 7 catégories du schéma du développement durable et la catégorie ne répondant à aucune d'entre

elles), il est ainsi fournit une cartographie claire pour le décideur qui peut visualiser les performances des différents espaces du territoire concerné. Ceci étant obtenu par l'aboutissement d'un processus méthodologique scientifique rigoureux tel que nous l'avons décrit. Il nous semble donc que l'objectif que nous avons souligné d'obtenir des résultats relativement faciles à interpréter tout en s'appuyant sur la rigueur de l'outil scientifique semble ici atteint.

Dans le détail, nous pouvons ainsi proposer une carte (figure 5.15 montrant d'abord les différents niveaux de durabilité au regard du schéma proposé dans le 4.2. Nous nous apercevons, comme nous avons pu le constater (figure 5.13), d'un grand nombre de cellules ne correspondant à aucune performance satisfaisante. Ces cellules sont, pour notre territoire, principalement situées dans des espaces non bâtis situés en zone rurale ou périurbaine. Ensuite, la plupart des espaces répondant à des critères de durabilité sont ceux correspondant à la catégorie 5, à savoir celle présentant une bonne performance au niveau environnemental seulement. Cet état de fait peut aisément s'expliquer par la présence de nombreux espaces naturels dans un territoire tel que celui de la CAGB. Enfin, les espaces combinant une bonne performance dans plus d'une sphère sont quasi-exclusivement situés en milieu urbain. Nous constatons en outre que les cellules présentant un niveau maximum de durabilité, nous l'avons dit, sont très peu nombreuses. Cela soulève évidemment de nombreux questionnements sur lesquels nous allons revenir par la suite.

Pour le moment, nous pouvons donc constater la production d'un support mettant en évidence les principaux atouts du territoire, et concomitamment ses faiblesses. Sur la CAGB, la principale force que l'on peut constater est d'une part les opportunités en matière économiques offertes par l'agglomération tout en bénéficiant, à proximité, d'une bonne qualité environnementale, de par la proximité d'espaces naturels aux alentours et même au sein de la ville centre. Les lacunes peuvent s'identifier dans la faiblesse du nombre de cellules cumulant de bonnes performances dans plusieurs sphères économiques. Ces faits s'expliquent aisément par la structuration de l'espace étudié. Avant de revenir sur ces effets structurels, il convient de s'arrêter un instant sur les variations observées dans les résultats à partir des différentes options proposées et étudiées plus haut.

FIGURE 5.15 – Différents niveaux de combinaisons



5.2.3.2 Privilégier des pondérations équivalentes

En effet, à partir de l'état de l'art effectué dans le chapitre 4, nous avons proposé différentes méthodes d'agrégation pour la production d'indicateurs synthétiques, et nous avons pu observer l'influence que celles-ci produisaient sur les résultats. Cet impact s'avère en réalité limité (nul, dans notre proposition, en fonction du recours à une moyenne arithmétique ou géométrique, limité sur l'ensemble du territoire en cas de pondérations différentes selon les indicateurs). Dès lors, la question qui se pose à nous, à ce stade, est de savoir s'il convient de se focaliser davantage sur la question des pondérations, c'est à dire en fait sur le calibrage du processus que nous proposons. Autrement dit, la question centrale face aux résultats méthodologiques réside-t-elle dans les variations des résultats finaux selon les pondérations ? Nous sommes ici tentés de répondre par la négative.

D'abord, au vu des résultats produits par les enquêtes et présentés dans la sous-partie précédente. Il apparaît clairement qu'aujourd'hui, l'opinion semble tendre vers une prise en considération égale de tous les indicateurs de base plutôt que leur éventuelle hiérarchisation. Dès lors, il nous semble légitime de nous appuyer sur les résultats issus des agrégations produites par moyenne arithmétique, où chaque indicateur a la même valeur, et qui a en outre l'avantage d'être la méthode la plus simple à utiliser.

Ensuite, il apparaît de manière nette que les variations de résultats, nous l'avons dit, sont limitées sur l'ensemble du territoire. Les principales variations observées dans les derniers résultats présentés dans le 5.2. résident en fait pour les cellules comprises dans les espaces urbains présentant des performances dans une ou plusieurs sphères économiques. Dès lors, la problématique soulevée ici, d'un point de vue scientifique, est moins celle de la pondération, par nature subjective, que celle de l'échelle d'analyse de nos résultats.

Autrement dit, les questionnements qui doivent maintenant s'opérer autour de notre méthodologie ne tournent pas véritablement autour de la question de l'agrégation d'indicateurs de base en indicateurs synthétiques. Cette étape nous semble ici suffisamment clairement traitée pour conclure que cet aspect du processus méthodologique soit opérationnel. Ainsi, les décideurs peuvent être invités à privilégier une agrégation simple par moyenne au vu de l'équivalence intuitive des indicateurs dans les mentalités révélées dans l'enquête. Quand bien même des décideurs ou des experts souhaiteraient s'affranchir de ce constat et proposer des pondérations différentes, la méthodologie ici proposée semble de nature à pouvoir leur fournir un outil fiable pour tester leur scénarios d'évaluation du territoire. Bref, contrairement à ce que l'on pourrait être incité à penser, la question de l'agrégation des indicateurs a certes son importance mais ne doit pas pour autant apparaître comme l'« obsession » centrale du travail.

Nous pouvons ainsi considérer que les principales forces de la méthodologie proposée résident dans la relative simplicité du processus d'évaluation proposé (sans s'affranchir de la rigueur scientifique de la modélisation) et dans la cohérence et la lisibilité des résultats obtenus à l'échelle de notre aire d'étude. Cependant, il n'en demeure pas moins que nous pouvons identifier plusieurs limites et interrogations face à la nature des résultats obtenus.

En effet, une fois passée l'analyse des résultats, il convient de prendre du recul et de se poser la question de l'utilisation de la cartographie produite dans le cadre du processus de décision. Autrement dit, quelle lecture du document ? Comment interpréter les résultats en vue d'un choix d'aménagement ? Comment ce travail peut-il être exploité en vue de la quatrième étape du processus méthodologique (Décision

d'aménagement) ? Pour répondre à ces questions, nos réflexions identifient deux difficultés.

D'abord, concernant la notion de durabilité. Nous avons déjà longuement souligné la difficulté de définir la durabilité, d'un point de vue philosophique et politique. Cette difficulté se retrouve ici d'un point de vue pratique, appliqué sur le plan spatial. Si la cartographie produite nous fournit des informations précises et rigoureuses sur la performance de chaque cellule de l'espace, il convient maintenant de s'interroger sur l'interprétation globale, c'est à dire à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude. Comment définir ce que doit être la durabilité de l'ensemble du territoire ? Et comment y parvenir, comment corriger les lacunes identifiées dans la cartographie ? Nous voyons bien ici que le flou conceptuel du développement durable prend également une dimension spatiale. Le recours à d'éventuelles compensations, que nous avons évoqué dans le chapitre 3 et sur lesquelles nous allons revenir dans le chapitre suivant, ne peut se faire sans que cette identification d'une durabilité *territoriale* ne soit résolue.

Cela nous amène à la seconde difficulté, intrinsèquement liée à la première. Il s'agit de celle de l'échelle d'analyse de l'espace. Si la durabilité doit s'envisager dans la globalité du territoire, les questions d'échelles prennent ici tout leur sens. D'abord, quel seraient les résultats de notre méthodologie effectués à une autre échelle que celle utilisée. Sont-ils pertinents ou illisibles ? Et le cas échéant, peut-on identifier différents niveaux d'échelles pour intervenir dans les choix d'aménagements ?

Conclusion du chapitre 5

L'analyse de nos résultats effectuée dans ce chapitre 5 nous offre des réponses et des ouvertures sur divers aspects. **D'abord, le bilan des enquêtes et l'observation des résultats nous orientent sur la voie d'une méthodologie basée sur une égale pondération des indicateurs pour produire des données synthétiques.** La variabilité des résultats dans le cas de pondération différentes étant de toute façon limitée, cette question n'est donc visiblement pas, contrairement à ce que aurions pu croire, la question centrale découlant de cette méthodologie. Celle-ci, nous l'avons dit, présente bien sûr des limites d'ordre technique. Les indicateurs, répétons-le, sont un choix arbitraire à valeur de test et l'approfondissement de ce travail pourrait s'orienter vers l'application de cette méthodologie avec d'autres indi-

III. Penser l'aménagement : à la recherche de l'équilibre

cateurs, sur d'autres terrains d'études. Néanmoins, les résultats observés ici confèrent déjà une solidité et une crédibilité à ce travail qui nous conduit à identifier la question cruciale qui nous est maintenant posée : quel équilibre à quelle échelle ?

Chapitre 6

Interprétation et discussion

Ce sont ces questionnements dont nous allons traiter dans ce dernier chapitre. D'abord, en présentant de nouveaux résultats obtenus à d'autres niveaux d'échelle que ceux effectués précédemment. Il est important pour nous de confronter notre méthodologie à une autre résolution spatiale, afin d'identifier si celle-ci y est exploitable et, le cas échéant, quelles sont les conclusions à en tirer. Dans un second temps, la réflexion s'élargira sur les questionnements relatifs à la recherche de la durabilité, sous ses différents aspects. Ayant mis en avant que cette durabilité semblait devoir se trouver sous la forme d'un équilibre, nous évoquerons les différentes dimensions que peut prendre cet équilibre, au niveau du territoire mais aussi dans l'inscription temporelle de l'aménagement et du processus de décision.

6.1 Les enjeux de l'échelle

Nous avons exposé dans la partie précédente les résultats de notre méthodologie et les variations que l'on pouvait observer selon différents scénarios résultant d'éventuelles divergences de choix politiques. A présent, il convient de s'arrêter sur l'évolution des résultats en fonction d'une variation de l'échelle d'évaluation. Les résultats qui ont été présentés plus haut relèvent en effet d'une grille de carroyage de 400 mètres, dont nous avons eu l'occasion d'expliquer le choix. Nous ne pouvions toutefois effectuer ce travail sans nous intéresser à ce que donneraient les résultats à d'autres niveaux d'échelles. En effet, cette question est récurrente dans les travaux des géographes et doit évidemment être considérée ici, d'autant plus que les échelles d'évaluation, d'intervention, de décision sont des éléments cruciaux dans les politiques d'aménagement durables.

6.1.1 Observations selon l'échelle

Avant de revenir plus en détails sur le rapport des géographes aux problématiques d'échelles, nous allons exposer ici les résultats obtenus à différents niveaux de carroyage supérieurs à 400 mètres¹.

6.1.1.1 Des résultats parlants

Nous avons ainsi modifié la résolution spatiale pour obtenir des cellules plus vastes. Les différentes tailles de ces cellules ont été choisies parmi les multiples de 400 afin d'obtenir des résultats comparables et exploitables. : 800, 1200, 1600, 2000, 2400 et 3600 mètres. (Figure 6.1) La première observation de ces résultats fait ressortir assez nettement une simplification du maillage et une perte de précision, les carroyages les plus grands (à partir de 1600 mètres) ne voyant plus apparaître que trois catégories sur les sept identifiées pour évaluer la durabilité (*cf* chapitre 4). Toutefois, cette simplification n'en est pas moins très cohérente avec la structure du territoire. Ainsi, avec le carroyage maximum présenté ici (3600 mètres), on voit se distinguer, en une unique cellule bleue (bonne performance économique) le centre de la ville de Besançon, tandis que les marges forestières de la CAGB (Forêt de Chailluz et massifs boisés au Sud et à l'Est) apparaissent également. En revanche, le reste du territoire est considéré comme n'ayant de bonne performance dans aucune des sphères, alors même que l'analyse à un carroyage plus fin pouvait faire apparaître des nuances beaucoup plus fortes. Il n'en demeure pas moins que cette carte permet de visualiser assez nettement la structure de la CAGB, avec un coeur économique correspondant à la ville de Besançon.

Dès lors, nous pouvons nous pencher sur l'analyse détaillée et quantifiée des résultats pour chacune des échelles de carroyage choisies. Le tableau présente ainsi la proportion de cellules appartenant à chaque catégorie, pour chacune des cartes présentées ci-dessus. Si les catégories faiblement représentées à l'échelle de 400 mètres disparaissent assez rapidement, nous constatons que les trois principales catégories représentées (0 = *nulle*, 5 = *environnementale* et 7 = *économique*) voient l'évolution de leur proportion se stabiliser, à l'exception du carroyage à 3600 m où les cellules sans aucune bonne performance (0) deviennent nettement majoritaires (64%) au détriment des cellules de bonne performance environnementale (5) qui voient leur

1. Les échelles inférieures n'étant pas pertinentes et techniquement difficilement réalisables pour les raisons exposées dans le chapitre 4.

FIGURE 6.1 – Différentes échelles

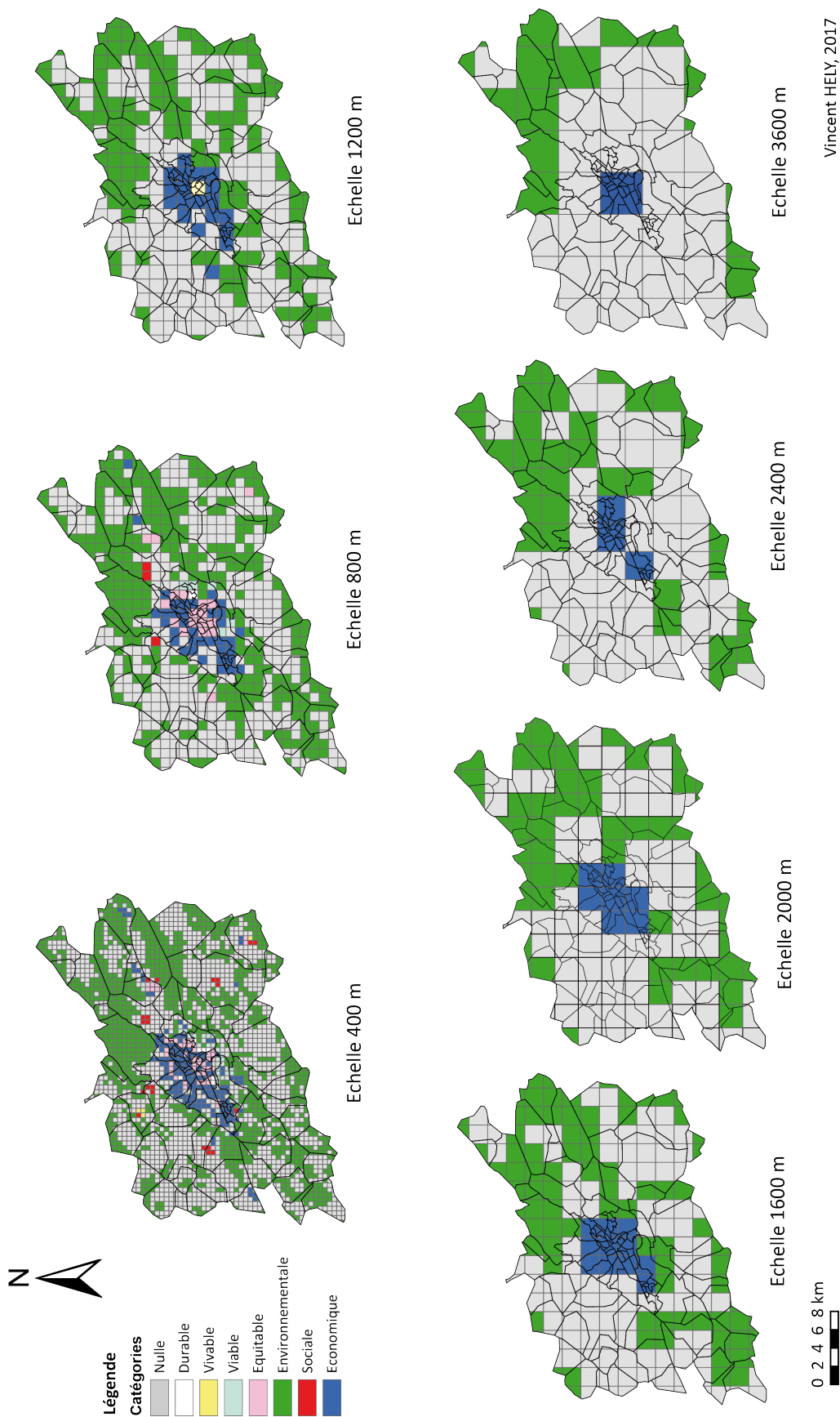


TABLE 6.1 – Performances du territoire à différentes échelles

Catégorie	400 m	800 m	1200 m	1600 m	2000 m	2400 m	3600 m
0. Nulle	44,40%	42,90%	48,36%	51,40%	51,40%	52,40%	64,00%
1. Durable	0,24%	0,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2. Vivable	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3. Viable	1,55%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4. Équitable	1,76%	2,33%	0,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5. Environ.	45,40%	48,90%	46,17%	43,40%	43,66%	44,66%	34,00%
6. Sociale	0,72%	0,39%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
7. Econom.	5,72%	4,67%	5,19%	5,10%	4,92%	2,91%	2,00%

proportion passer de près de 45 % à moins de 35%. Les cellules de bonne performance économique, peu nombreuses (environ 5%) mais concentrées sur Besançon se maintiennent néanmoins jusqu'au plus grand carroyage.

Les trois catégories dominantes au carroyage de 400 mètres se maintiennent ainsi aux différentes échelles, dans des proportions remarquablement stables jusqu'à 2000 mètres. Cela semble ainsi démontrer la cohérence de l'évaluation de la performance des cellules, quelles que soient les échelles. Logiquement, l'agrandissement du carroyage conduit peu à peu à une perte d'information menant à une carte pauvre et difficilement exploitable au carroyage 3600 mètres, mais qui n'en est pas moins intéressante d'un point de vue scientifique pour les raisons que nous venons d'évoquer. A première vue, ces résultats semblent prometteurs pour produire différentes échelles d'analyse du territoire. Et là aussi, les jeux d'acteurs, les avis des experts et les volontés des décideurs vont s'avérer cruciaux dans le choix de l'échelle appropriée. A partir des supports cartographiques présentés ci-dessus, lequel va sembler le plus approprié, le plus parlant selon l'interlocuteur auquel il va être présenté ? Une communication auprès des élus d'une collectivité va-t-elle porter sur l'échelle la plus fine (400 mètres) ou va-t-on choisir l'échelle 1200 m qui synthétise en mettant en valeur l'agglomération bisontine porteuse de bonnes performances économiques, avec en « cerise sur le gâteau » une cellule « équitable » correspondant au centre ville ? La lisibilité des résultats est ici soulevée, entre autres à des fins de communication auprès des décideurs. Pour un expert, un chercheur, la question sera davantage celle de la pertinence de l'échelle d'analyse selon les phénomènes observés. Ici, la question de la durabilité du territoire pose la question de l'échelle à laquelle peut le mieux s'évaluer ce phénomène, au regard des impératifs de compensation et d'équilibre sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir plus loin.

Nous le voyons, ces tests à différents niveaux de carroyage conduisent à de nombreux questionnements autour d'une question fondamentale en géographie, celle du changement d'échelle.

6.1.1.2 L'échelle, un point central pour évaluer la durabilité

Le problème de l'analyse scalaire est en effet récurrent dans les réflexions des géographes. S'il n'est pas question ici de faire un état de l'art des nombreux débats ayant rythmé la vie de la discipline ces dernières décennies, nous pouvons cependant revenir rapidement sur les réflexions qui rejoignent les enjeux soulevés par les résultats produits ici. Le concept d'échelle usuellement employé par les géographes est issu de la cartographie sur laquelle s'appuie la discipline. Cette situation n'est d'ailleurs pas sans poser quelques problèmes quant à la définition du concept d'échelle² en géographie. En 1980, Racine, Raffestin et Ruffy résument bien la difficulté en estimant que « *l'échelle cartographique rend compte de la représentation de l'espace en tant que « forme géométrique » tandis que l'échelle qu'on pourrait, et qu'à de multiples égards on devrait, qualifier de géographique rend compte de la représentation du rapport que les sociétés entretiennent avec cette forme géométrique.* » (Racine et al, 1980). L'échelle, dans son acception cartographique, tend à être considérée comme une dimension objective de l'espace géographique pouvant être déclinée en une gamme stéréotypée (Orain, 2004). Cette situation donna lieu à de nombreux débats durant les années 1970, aboutissant à de multiples définitions et débats sémantiques à propos de l'échelle. Si la réalité du monde peut être observée de l'échelle de l'électron à celle de la galaxie et, plus modestement en géographie, du village au monde (Hagett, 1965), les années 1960-1970 vont voir apparaître de nombreuses propositions d'analyses multiscalaires, notamment dans le domaine de la géographie physique³ et la climatologie⁴. La décennie 1970 va ainsi voir se développer des

2. Le terme même d'échelle peut faire débat : peut-on également parler, pour l'analyse de l'espace, de niveau, de palier, d'échelon... ?

3. Nous pouvons citer les classifications selon les ordres de grandeur géographiques, à partir des travaux de J. Tricard (Tricard, 1952), enrichis par G. Bertrand (Bertrand, 1968) et R. Brunet (Brunet, 1969) à propos de l'échelle d'observation. Chaque échelle cartographique va correspondre à une définition d'un ensemble spatial caractéristique considéré comme homogène : Brunet parle d'« ensembles spatiaux isoschèmes » correspondant à autant de « structures géographiques »)

4. La notion d'échelle géographique est ici appliquée à la classification climatologique, selon les niveaux de la hiérarchie climatique et selon l'ordre de grandeur géographique. « Chaque climat d'un certain ordre de grandeur peut être considéré comme un ensemble de climats de l'ordre de grandeur immédiatement inférieur, et le contenu de ces ensembles varie en conséquence » (Durand-Dastès, 1970).

plaidoyers pour des analyses pluriscalaires. Il est mis en avant que les phénomènes étudiés fournissent des informations différentes selon l'échelle à laquelle ils sont observés, notamment dans les schémas scalaires de Lacoste (diatope) (Lacoste, 1976). Son postulat est que les phénomènes étudiés sont compris et interprétés différemment s'ils sont observés à des échelles différentes.

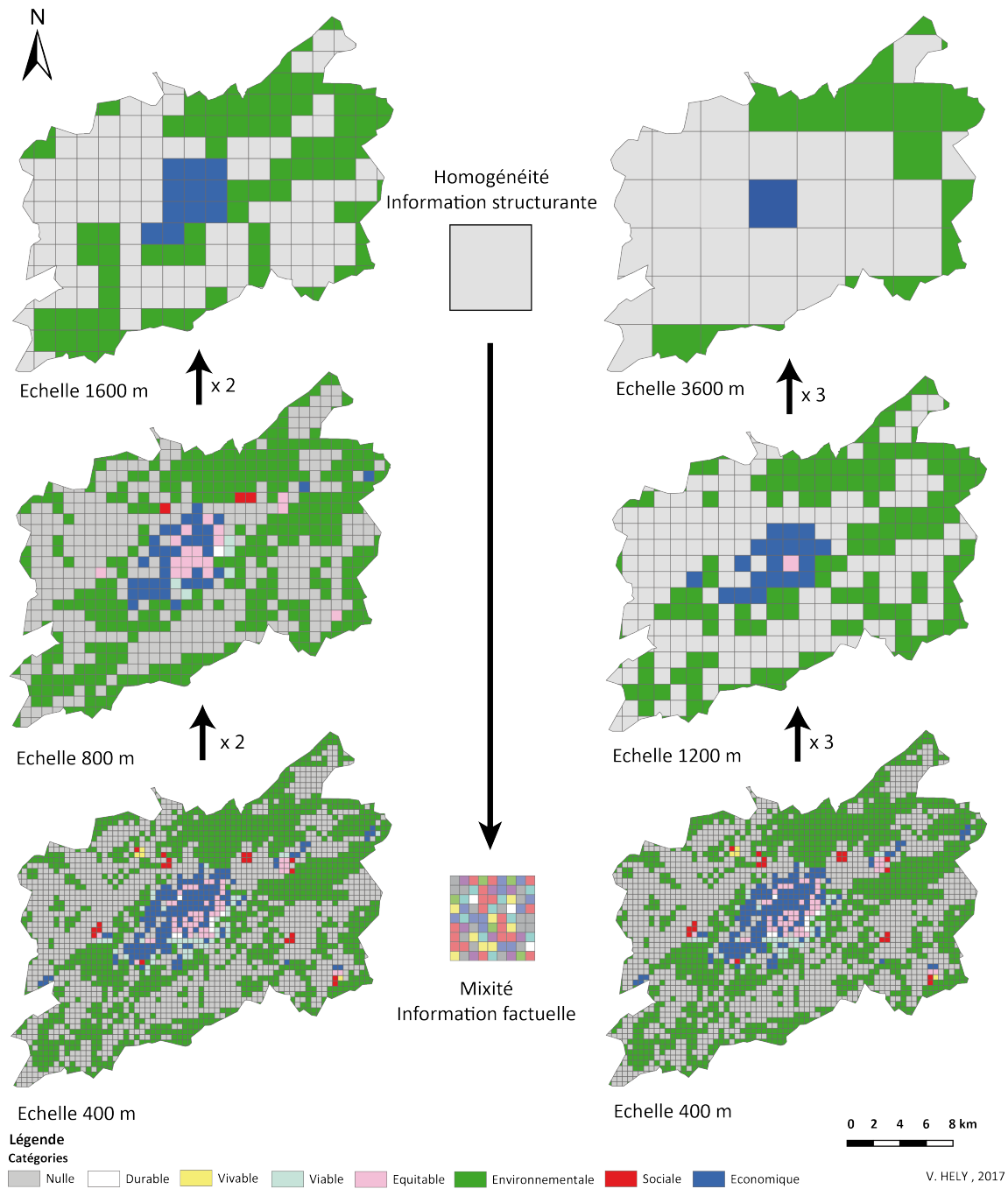
Ces débats relatifs à l'échelle vont se poursuivre et s'amplifier dans les années 1980 avec le développement des réflexions concernant les « acteurs » du territoire, sujet au coeur de notre travail. Cela nous ramène à l'article de Racine *et al.* cité plus haut : la diversité des acteurs et leur influence sur l'organisation de l'espace complexifie l'analyse scalaire. Cela rend selon les auteurs nécessaire de « *restituer les phénomènes à des niveaux distincts qui rendent nécessaires l'explicitation de l'échelle géographique, complément de l'échelle cartographique* » (Racine *et al.*, 1980). Il s'agit de déterminer de manière pertinente le niveau (l'échelle ?) d'analyse selon le phénomène observé. Se pose ainsi la question de la précision des informations observées selon l'échelle d'analyse. Les auteurs proposent un modèle en gradient mettant en évidence les phénomènes étudiés selon le niveau d'échelle (annexe) : une grande échelle va permettre l'observation de phénomènes hétérogènes par des données désagrégées produisant une information factuelle, la petite échelle s'orientant elle vers la production d'informations structurentes par des données agrégées tendant à l'homogénéité. La conclusion tirée est que « *l'échelle apparaît comme l'opération d'ajustement qui permet de sélectionner dans le réel les paramètres qui rendent intelligibles une situation et d'agir sur elle* » (Orain, 2004). L'échelle devenant médiatrice entre l'intention et l'action (Racine *et al.*, 1980), le postulat ici présenté est que ce sont bien les différentes problématiques envisagées qui peuvent conduire au changement d'échelle et non l'inverse.

Nous pouvons relier ces réflexions à notre travail : les observations que nous venons de décrire quant aux variations du niveau d'échelle se posent assez nettement dans les résultats que nous avons exposés plus haut. Concernant le changement de nature des informations transmises par les différentes cartes, nous pouvons globalement constater que les cartes à grande échelle (carroyage 400 mètres) fournissent une information effectivement plus hétérogène sur la performance du territoire en matière de durabilité. La carte à l'échelle 400 peut se rapprocher d'une carte d'occupation des sols, où les effets structrants des divers espaces du territoire ressortent assez nettement, bien que cette carte apporte déjà un éclairage sur les performances

durables allant au-delà d'une simple occupation des sols... Passé l'échelle du kilomètre, l'hétérogénéité tend à disparaître pour laisser la place à des phénomènes plus structurants, comme nous l'avons décrit plus haut : la plus petite échelle (3600m) produisant presque une figure géométrique représentant la ville, la forêt et les espaces intermédiaires... Toutefois, nous l'avons mis en lumière, la proportion de chacune des principales catégories présente une certaine constance, ce qui tend à montrer malgré tout une cohérence structurelle par delà les échelles.

Nous avons formalisé ces observations dans la carte suivante. Après la présentation brute des résultats présentée plus haut, nous avons ici regroupé les résultats en deux séries présentant chacune 3 niveaux d'échelles, décomposables par une suite géométrique (Figure 6.2). Partant de l'échelle 400 mètres dans les deux cas, nous présentons une suite 400-800-1600 multipliant ainsi par deux à chaque étape la dimension du carroyage, et une suite la multipliant par trois (400-1200-3600). Dans la première suite, de 400 à 1600, nous pouvons observer un processus de simplification aboutissant, à l'étape intermédiaire, à une simplification de la structure spatiale, l'agglomération de Besançon se distinguant par un concentré de bonnes performances dans le domaine économique mais également dans le deuxième niveau de combinaison (équitable et viable), une cellule demeurant en niveau de durabilité maximum. Les petits centres urbains du reste de l'agglomération sont moins bien représentés mais nombre d'entre eux subsistent avec un carreau, généralement indiquant une bonne performance sociale ou économique, ou équitable (deux communes étant représentées dans la catégorie équitable au niveau 800 alors que cette catégorie niveau n'apparaît pas au niveau 400, élément intéressant sur lequel nous reviendrons). A l'échelle 1600, seule trois catégories apparaissent, la catégorie économique concernant 11 cellules (5% du total) concentrées sur la ville de Besançon. Nous entrons ici dans une simplification conduisant à observer des éléments structurants, notamment le poids économique de la ville-centre. L'observation de la seconde suite, où cette fois-ci la taille des cellules est à chaque fois triplée, accentue ce phénomène : l'étape intermédiaire (1200) commence à profiler des formes géométriques structurantes, bien que les cellules de bonne performance économique soient plus dispersées (l'une d'elle représentant la commune périurbaine de Franois) tandis qu'une cellule du coeur de Besançon se distingue comme équitable... Enfin, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, l'échelle 3600 présente un schéma extrêmement simplifié de l'agglomération.

FIGURE 6.2 – Changements d'échelle



Si ces observations confirment bien les questionnements généraux également soulevés à propos de la notion d'échelle, nous avons pu voir aussi qu'ils soulèvent des questionnements quant à la structure des mailles selon les échelles. Il convient donc de s'arrêter plus précisément sur l'observation de l'espace à différentes échelles.

6.1.2 Des interprétations contradictoires

La décomposition des cellules (de la plus petite échelle à la plus grande) doit nous permettre d'apporter quelques éclairages supplémentaires sur les résultats méthodologiques.

6.1.2.1 Trois exemples

Nous allons ici nous arrêter sur trois exemples de cellules observées sur la carte. Les deux premiers sont issus de la suite 400-1200-3600 et le dernier de celle 400-800-1600.

Le premier exemple nous amène à nous pencher sur l'unique cellule bleue de l'échelle 3600, représentant une part importante (mais non la totalité) de la ville de Besançon. Cette cellule correspond à la partie ouest du centre ville ainsi qu'à l'entrée ouest composée au Nord de la zone industrielle des Tilleroyes et au Sud par les quartiers jouxtant la rue de Dole et composés notamment de casernes militaires (figure 6.3). Cette situation rend logique la bonne performance économique observée à l'échelle 3600 (figure 6.4). La décomposition en 9 puis 81 cellules fait apparaître une continuité dans la domination des cellules bleues, bien que la part de celles-ci diminue à 53% au niveau 400, tandis qu'une part importante de cellules équitables (près d'un quart) et viables (près de 10%) apparaissent au niveau 400. La principale observation du niveau intermédiaire réside dans l'apparition d'une unique cellule « équitable » (bonne performance économique et sociale) correspondant au coeur de la ville (Nord de la Boucle et quartier populaire de Battant), cette cellule se décomposant en 7 cellules équitables et 2 cellules économiques au niveau 400. Nous assistons donc à une décomposition ici assez simple en apparence, où la bonne performance économique dominante dès l'échelle 400 devient absolue à l'échelle 3600 (tableau 6.2).

Le second exemple concerne une cellule ne contenant aucune bonne performance (catégorie 0) à l'échelle 3600. Cette cellule est située dans l'espace périurbain, entre la commune de Franois (2000 habitants) et des communes plus rurales de quelques centaines d'habitants, en bordure de l'autoroute A36 (figure 6.5). Le niveau in-

FIGURE 6.3 – Photographie aérienne de l'exemple 1



TABLE 6.2 – Composition des cellules de l'exemple 1

Catégories	3600 m	1200 m	400 m
0. Nulle	0	11,1	6,1
1. Durable	0	0	1,23
2. Vivable	0	0	0
3. Viable	0	0	9,88
4. Equitable	0	11,1	23,45
5. Environnementale	0	0	0
6. Social	0	0	0
7. Economique	100	77,8	53,08

FIGURE 6.4 – Exemple 1 : localisation cartographique

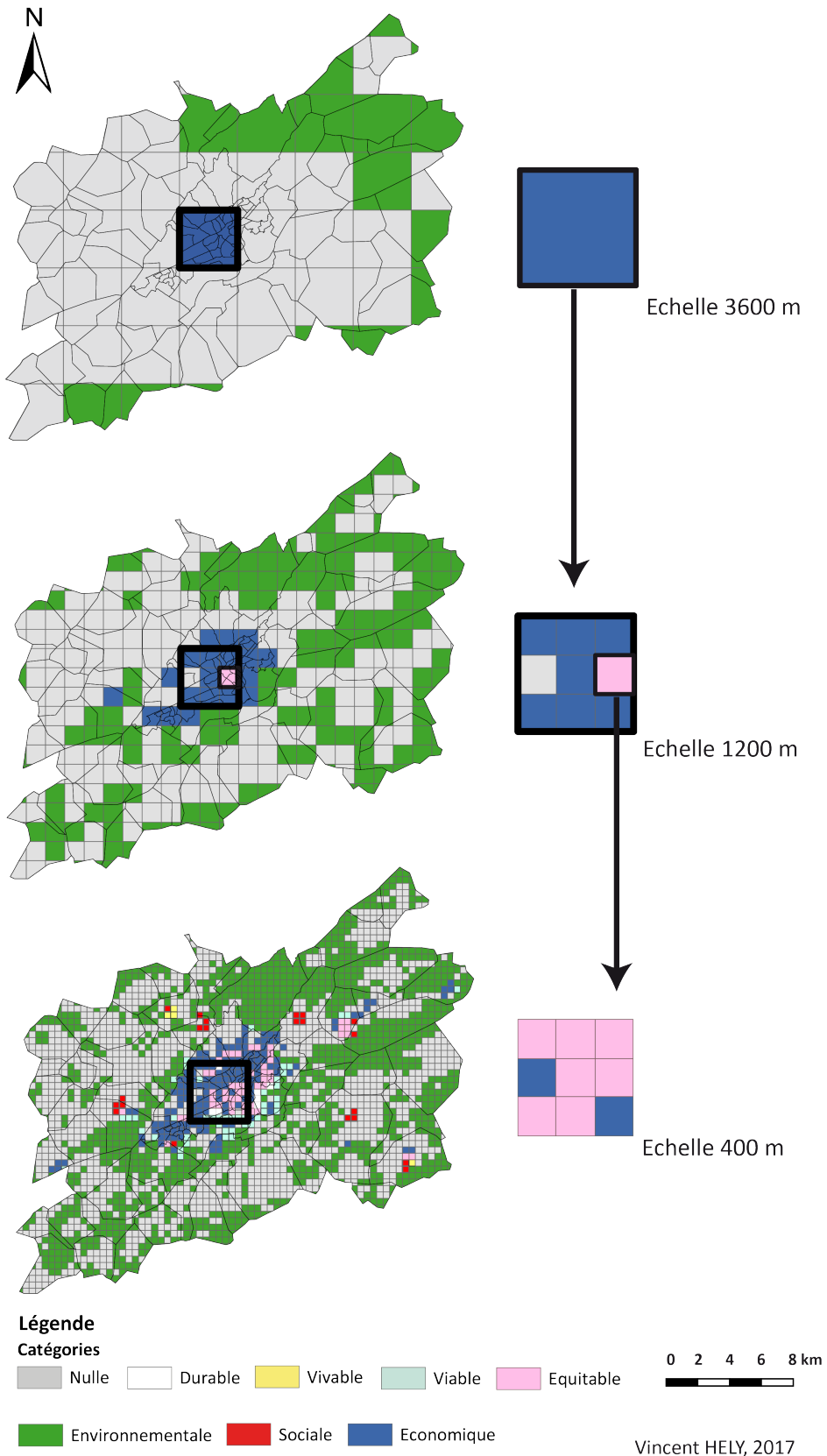


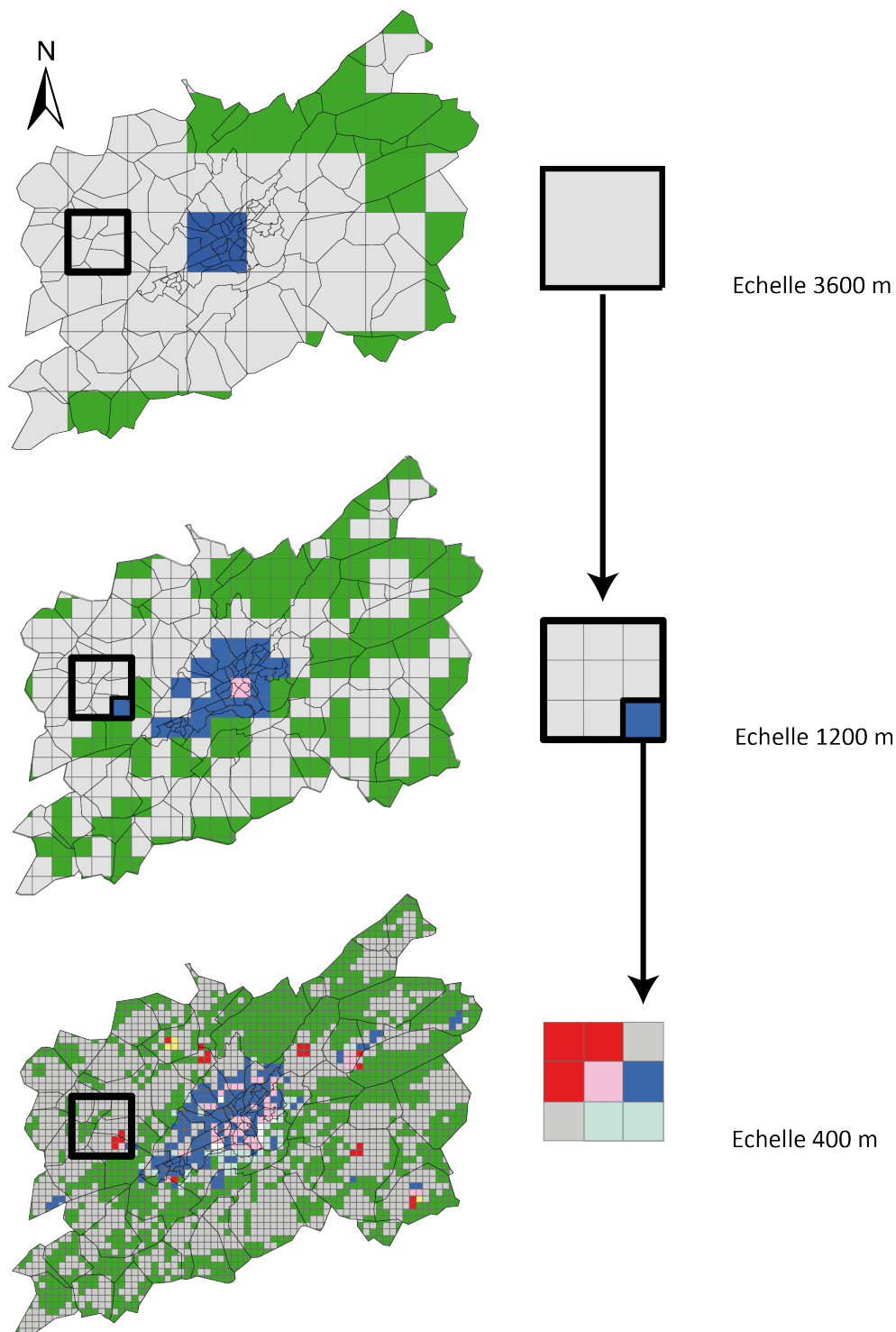
FIGURE 6.5 – *Photo aérienne de l'exemple 2*



termédiaire montre toujours une domination des cellules grises (8 pour une seule cellule bleue)(figure 6.6. Cette cellule unique de bonne performance économique (correspondant au bourg de Franois, sa gare et sa zone commerciale) se décompose à son tour en neuf cellules dont trois « sociales », deux « nulles », deux « viables », une « équitable » et une « économique ». Cas de figure intéressant et différent de l'exemple précédent : la bonne performance économique qui caractérise la cellule au niveau 1200 n'est que très peu représentée dans le niveau inférieur (tableau 6.3. Mais celui-ci compte trois cellules (viables ou équitables) combinant une bonne performance économique avec une bonne performance sociale ou environnementale. Ainsi, on retrouve une cohérence, la bonne performance économique étant bien présente à l'échelle 400, mais combinée à d'autres critères alors qu'elle n'apparaît plus que seule, dans toute la cellule, à l'échelle supérieure.

Ce phénomène s'observe également dans l'exemple 3 (figure 6.7). Celui-ci est cette fois pris dans la suite 400-800-1600. La cellule correspond au quartier de Breuille et à l'est de la Boucle. Elle a la particularité d'abriter 3 cellules à la durabilité maximale à l'échelle 400, ce secteur combinant aménités vertes, proximité des commerces et emplois du centre et bien relié aux réseaux de transports en tout genre (figure 6.8). A l'échelle 1600, c'est la bonne performance économique qui l'emporte, comme sur la plupart de l'espace du territoire bisontin. A l'échelle 800, la cellule se décompose en une cellule « économique », deux cellules « équitables » (donc in-

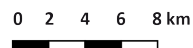
FIGURE 6.6 – Exemple 2 : localisation cartographique



Légende

Catégories

- | | | | | |
|------------------|---------|------------|--------|-----------|
| Nulle | Durable | Vivable | Viable | Equitable |
| Environnementale | Sociale | Economique | | |



Vincent HELY, 2017

TABLE 6.3 – *Composition des cellules de l'exemple 2*

Catégories	3600 m	1200 m	400 m
0. Nulle	100	88,89	76,5
1. Durable	0	0	0
2. Vivable	0	0	0
3. Viable	0	0	2,46
4. Equitable	0	0	1,23
5. Environnementale	0	0	13,58
6. Social	0	0	4,94
7. Economique	0	11,11	1,23

FIGURE 6.7 – *Exemple 3 : photographie aérienne*



tégrant une bonne performance économique...) et une cellule « environnementale ». Une cellule qui se retrouve au niveau 400 décomposée en cellules riches en bonnes performances et hétérogènes (voir tableau 3) : une seule cellule « nulle » pour 3 cellules « durables », tandis que treize des seize cellules intègrent une bonne performance économique (tableau 6.4). Cela peut expliquer aisément la catégorisation bleue observée aux niveaux supérieurs, mais montre également le lissage et la perte de précision : avec une telle richesse au niveau 400, nous pourrions nous attendre à une classification meilleure que celle indiquant une bonne performance dans le simple domaine économique...

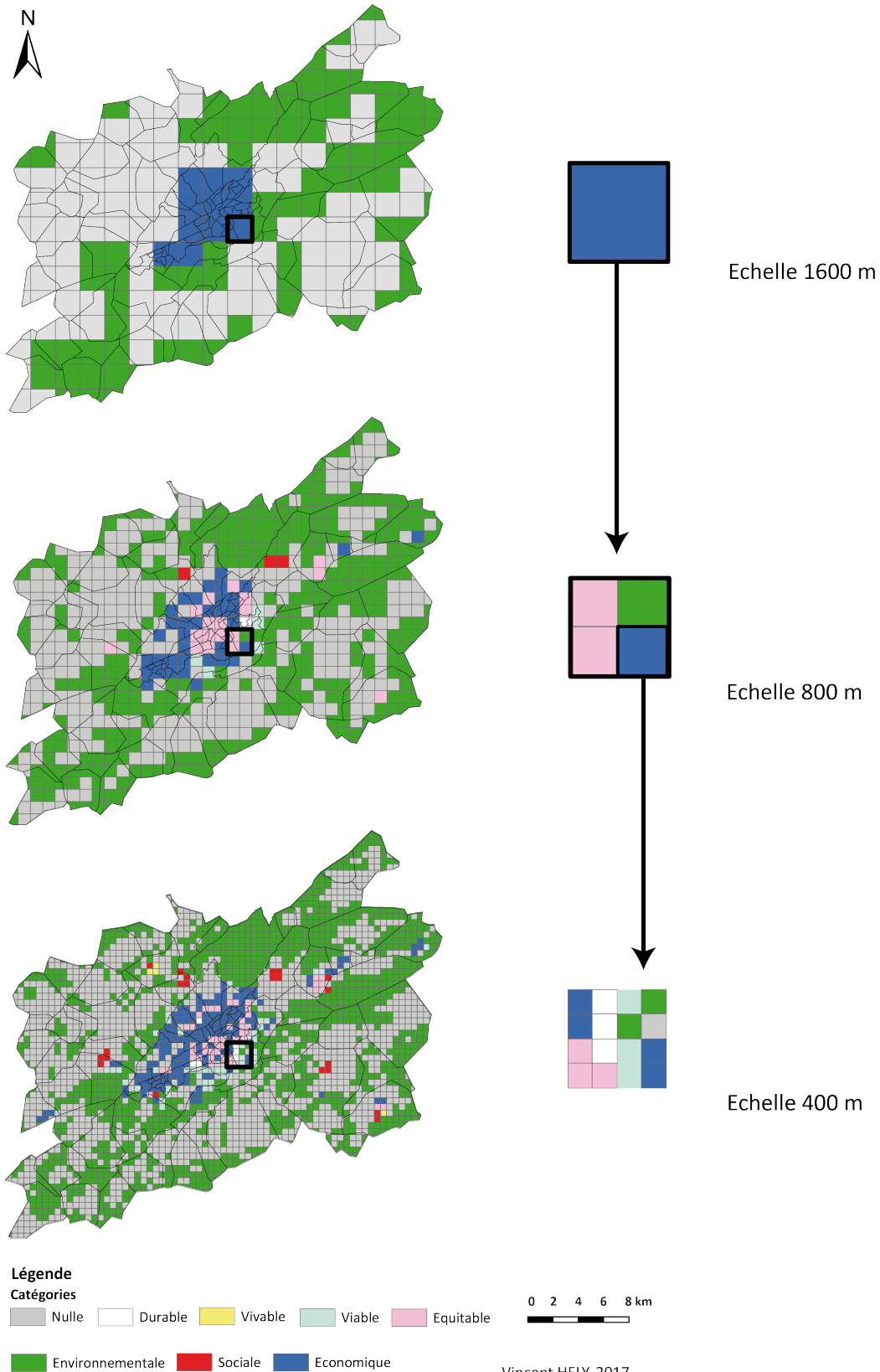
TABLE 6.4 – *Composition des cellules de l'exemple 3*

Catégories	1600 m	800 m	400 m
0. Nulle	0	0	6,25
1. Durable	0	0	18,75
2. Vivable	0	0	0
3. Viable	0	0	18,75
4. Equitable	0	50	18,75
5. Environnementale	0	25	12,5
6. Social	0	0	0
7. Economique	100	25	25

6.1.2.2 Bilan et questions

Cette observation détaillée nous permet ainsi de mettre nos résultats en perspective avec les problématiques relatives aux questions d'échelles. Au final, nous pouvons déduire que la perte d'information est nette entre le niveau 400 et le niveau maximum. Pour autant, nous l'avons vu dans le 6.1.1, une certaine cohérence demeure, chaque échelle constituant un résultat logique et lisible par rapport aux autres. Ainsi, plusieurs questions se font jour. La première est une question technique, récurrente dans les travaux des géographes relatifs à l'étude des structures spatiales. Elle a trait aux limites d'une telle méthodologie d'analyse, en raison des difficultés à appréhender les différents niveaux d'échelles comme nous avons pu le voir plus haut, avec la perte d'informations à mesure que l'on monte dans les niveaux géographiques (Mathian et Piron, 1999 ; Oliveau, 2010). Quels impacts peuvent avoir ces effets de lissage statistique sur l'évaluation que l'on souhaite effectuer pour un territoire ? En plus de ces effets d'échelle, se pose la question des effets de voisinage.

FIGURE 6.8 – Exemple 3 : localisation cartographique



Notre choix de travailler à l'aide d'une grille de carroyage permet de limiter ces problèmes par rapport à une évaluation faite à partir de mailles administratives. Mais il n'en demeure pas moins qu'une grille aux dimensions, à la géométrie et aux coordonnées différentes pourrait modifier certains résultats. Nous sommes ici dans la problématique liée au MAUP (*Modifiable Areal Unit Problem*) (Openshaw, 1981) et se présentant à tout exercice de zonage de l'espace. L'autre grande question, d'ordre opérationnel, que nous avons déjà évoquée, est celle de la pertinence et de la lisibilité : parmi toutes les cartes présentées dans cette partie, laquelle est la plus appropriée pour fournir le meilleur outil d'aide à la décision ? Quelle échelle choisir, non seulement au regard de cette lisibilité, mais aussi et surtout au regard de la pertinence qu'elle fournit pour l'évaluation du phénomène observé, à savoir la durabilité du territoire ? Pour cela, la question de la compensation et de l'équilibre global du territoire est essentielle, comme nous allons le voir dans la dernière partie de ce chapitre.

6.2 Questions d'équilibres

Arrivant à la fin de ce dernier chapitre, il convient de mettre en perspective les résultats méthodologiques obtenus (et les questionnements qui en découlent) avec les enjeux mis en avant dans la première partie. En particulier, la question fondamentale relative à la manière d'envisager le développement durable, pour lequel nous avons bien insisté sur le flou conceptuel qui le caractérise. L'interprétation, le sens à donner aux résultats obtenus dépendent en effet en grande partie des objectifs qui seront assignés par les décideurs en fonction de leur conception de la durabilité. Il est difficile, voire impossible, nous l'avons dit, de définir précisément et objectivement la notion même de *durabilité*. Nous ne pouvons ici que donner des éléments de réponse destinés à fournir une exploitation concrète de nos résultats. Pour nous, la manière la plus pertinente et consensuelle de définir un objectif de développement durable nous semble donc être cette recherche de l'*équilibre*, que nous avons évoquée dans le premier chapitre. Il convient donc de nous y arrêter plus en détail ici.

Défini généralement comme la juste proportion entre des éléments opposés, entre des forces antagonistes, d'où résulte un état de stabilité, d'*harmonie*⁵ (définition du Petit Larousse). Ces équilibres sont à rechercher de manière à pouvoir assurer une

5. Qualité d'un ensemble qui résulte de l'accord de ses parties ou de ses éléments et de leur adaptation à une fin (Petit Larousse)

durabilité qui se développe dans divers aspects, aussi bien « physiques » quant à la durabilité de la structure territoriale, de son environnement et de ses ressources, que politiques et sociaux, notamment dans la cohésion sociale étroitement liée au processus de décision. Enfin, le concept de durabilité ne peut être dissocié d'une dimension temporelle, à la fois, là aussi, sur le plan physique (durabilité des infrastructures, des aménagements) que sur le plan humain, concernant le temps de la décision adossé à ceux de l'expertise et de l'aménagement, comme nous l'avons vu dans le 1.3.(Genestier, 2015). C'est ce que nous allons traiter maintenant, en nous arrêtant sur les deux grands équilibres inhérents à cette recherche de durabilité : l'équilibre spatial et l'équilibre temporel.

6.2.1 Équilibre territorial

La durabilité de l'espace s'envisage naturellement ici dans son inscription territoriale, dans cet espace vécu dont la structure héritée d'une longue histoire se doit aujourd'hui de répondre à une obligation d'équilibre entre les trois piliers économiques, sociaux et environnementaux.

6.2.1.1 Quelles mesures compensatoires ?

Comme nous avons pu le voir dans les chapitres 2 et 3, l'inscription de la durabilité dans les politiques d'aménagement du territoire peut s'envisager aujourd'hui par le recours à la notion de compensation. Il convient donc pour nous d'y revenir. En premier lieu, nous pouvons nous interroger sur le fond de cette notion et ce qu'elle implique concrètement sur le territoire. Nous l'avons dit (3.3), cette philosophie se base sur le triptyque « éviter-réduire-compenser » issu de la loi de 1976. Elle s'inscrit à l'origine dans une optique de durabilité forte, et opérant dans la sphère environnementale. Nous avons pu voir, dans la démarche méthodologique qui est la nôtre que cette logique de compensation peut être amenée à dépasser le cadre environnemental pour concerner l'ensemble des sphères pour assurer, précisément, l'équilibre d'un territoire. Nous pouvons ici aborder plus en détail cette question. En effet, les résultats méthodologiques que nous obtenons posent directement la question du choix de compensation. La cartographie finale présente au décideur la performance de chaque maille du territoire étudié selon son niveau de durabilité. A travers cette carte, il peut identifier les atouts et les lacunes. Partant de là se pose la question

de savoir comment remédier aux lacunes constatées. La logique compensatoire s'applique ici pleinement. Encore faut-il savoir le sens que l'on donne à cette notion de compensation, à quel domaine on souhaite l'appliquer, et à quelle échelle.

Avant d'aborder la question de l'échelle, intéressons-nous donc à travers l'exemple bisontin au choix et à la méthode de compensation. Comme dit, la volonté de compensation peut très clairement ne pas s'arrêter au domaine environnemental, bien que celui-ci, sous sa dimension d'impératif de préservation écologique, occupe une place très importante dans les mesures compensatoires à prendre. Nous avons cependant pu voir que près de la moitié du territoire est caractérisé par une bonne performance dans la sphère environnementale. Cela peut nous permettre de poser la question de l'élargissement des problématiques de compensation aux autres sphères. Sachant qu'évidemment, il ne peut être question de « compenser » un bon niveau de préservation de l'environnement... Ainsi, nous voyons bien toute la complexité de l'objectif consistant à rechercher un équilibre. Elle passe par l'instauration de compensations pour la construction d'infrastructures impactant l'environnement, mais peut aussi amener à chercher de meilleures performances dans les sphères présentant des lacunes sans que cela se fasse au détriment des autres sphères. Nous voyons bien, au vu de la cartographie produite par notre méthodologie, que la recherche de l'équilibre peut difficilement passer par la recherche d'un territoire présentant de bonnes performances dans chacune des catégories du développement durable en proportions équivalentes... La réponse au déséquilibre quantitatif constaté dans les tableaux de résultats présentés dans les chapitres précédents ne peut se solutionner par la recherche d'un équilibre où, par exemple, les catégories de base (sociale, environnementale, écologique) auraient chacune une bonne performance dans un tiers de l'espace étudié. Nous voyons bien que dans ce cas, il faudrait diminuer les bonnes performances environnementales de la CAGB (45% de l'espace), en s'attaquant par exemple au vaste espace forestier de la forêt de Chailluz... La notion de compensation ne peut donc s'envisager sous un angle purement quantitatif. La carte que nous avons produite représente un outil d'aide à la décision construit avec rigueur selon une approche quantitative mais doit en retour se lire sous un angle dépassant l'approche technique pour en faire un outil de décision politique.

Ainsi, de même que la notion d'équilibre ne peut se résumer à une approche strictement comptable, elle ne peut aussi, comme nous l'avons fait, se limiter à une approche de stricte compensations entre l'une ou l'autre sphère. Ici, cette question

sera tranchée par l'approche privilégiée par les décideurs. Nous retrouvons donc les difficultés inhérentes au flou conceptuel du développement durable. Selon que l'approche envisagée soit davantage anthropocentrée ou éco-centrée, selon que les élus orientent leurs actions vers une durabilité forte ou une durabilité faible, l'approche de compensation et de recherche d'équilibre ne sera pas la même. Il est évident que plus l'approche sera éco-centrée, plus les décisions d'aménagements tendront vers une logique strictement compensatoire des impacts des infrastructures sur l'environnement. Mais ce cas de figure, outre qu'il n'est de loin pas le plus fréquent auprès des décideurs, se heurte aux questions soulevées plus haut, notamment celle de la cohésion sociale, de la réduction des phénomènes d'inégalités et de ségrégations spatiales et économiques, questionnements qui s'intègrent aujourd'hui dans les exigences d'une durabilité dépassant les problématiques strictement environnementales. Cette approche rencontre aujourd'hui de plus en plus d'échos, faisant apparaître par exemple le terme de « compensation socio-environnementale » (Levrel *et al.*, 2015). Ce type d'approche veut prendre en compte la complexité des problèmes relatifs au développement durable. Il vise à dépasser une approche strictement binaire (environnement *vs* le reste, intérêt général *vs* intérêts particuliers *etc.*). Dans l'ouvrage cité, on relève par exemple qu'en matière de compensation environnementale, il existe une tendance à localiser les compensations dans des zones périphériques, plus vertes et moins peuplées, renforçant en fait les inégalités environnementales, à l'inverse du but recherché (Levrel *et al.*, 2015). Les auteurs développent ainsi le terme d' *intérêt territorial*, dépassant le clivage binaire exprimé plus haut. Cette proposition semble se rapprocher de ce que nous recherchons lorsque nous parlons d'équilibre territorial. Il s'agit de trouver une forme d'harmonie sur un espace vécu, le territoire étudié, qui permette un équilibre entre les trois sphères. Si cet équilibre dépend de la manière d'envisager la durabilité, nous avons pu voir à travers notre enquête (5.1) que l'équivalence entre les sphères semble être la voie recherchée au sein de la population. La notion d'équilibre s'en trouve ainsi confortée, mais, en retour, cela nous oriente aussi vers la voie la plus complexe, l'équilibre entre tous étant évidemment le plus difficile à trouver... Dans ce contexte, l'apport de notre proposition méthodologique se veut un moyen de faciliter cette recherche d'équilibre par le diagnostic détaillé de la performance du territoire à travers le carroyage de l'espace. Cette approche peut en effet permettre d'identifier spatialement les atouts et les lacunes du territoire et, à l'aune des choix de compensation et de recherche d'équilibre voulus par les décideurs, de pouvoir spatialiser leurs choix, une modification d'infrastructure pouvant conduire à une modification de performance d'une cellule sur la carte, sans perdre de vue les

réserves émises plus haut sur la recherche d'un équilibre *arithmétique*. A ce titre, la question de l'échelle d'intervention va prendre là aussi toute son importance, nous nous y arrêterons un peu plus loin.

Auparavant, nous devons poursuivre notre réflexion sur la question relative à la compensation elle-même. Après avoir discuté de la difficulté du choix de la compensation, il est nécessaire de s'arrêter sur les moyens et les méthodes de sa mise en oeuvre. Cela relève de l'organisation du processus de décision : à quel niveau (collectivités, acteurs de l'aménagement) va se prendre la décision d'aménager le territoire au vu des questionnements soulevés précédemment ? Comment cette décision sera-t-elle prise et comment sera-t-elle appliquée ? Nous touchons ici aux problèmes identifiés à la fin du chapitre 1, relatifs à ce qu'il est aujourd'hui convenu d'appeler la *bonne gouvernance*. Il s'agit, selon nous, d'une autre facette de ce que nous appelons l'équilibre territorial. Au-delà d'un équilibre portant sur la composition *physique* du territoire, il convient également de rechercher une sorte d'équilibre dans l'organisation humaine, c'est à dire dans les rapports entre acteurs, décideurs, experts et usagers du territoire, dans le but d'assurer un processus de décision là aussi le plus harmonieux possible, permettant une bonne acceptation des choix d'aménagement. Aujourd'hui, les mesures compensatoires relèvent essentiellement du domaine de la législation et de la réglementation, établies par un cadre juridique allant de la loi de 1976 au Grenelle de l'environnement de 2007. Elles font la plupart du temps l'objet de négociations et de protocoles d'accord entre les acteurs institutionnels tels que les collectivités ou les Etats. Là aussi, se développe de plus en plus des accords multi-partites locaux visant à améliorer la participation des acteurs de l'aménagement pour rendre plus opérationnel et acceptable le processus de décision (Levrel *et al.*, 2015). Est aujourd'hui privilégiée une logique de compromis entre les acteurs d'un territoire, au plus près de celui-ci, en mettant l'accent sur ses spécificités, tant physiques qu'humaines. C'est dans cet esprit que sont développés des accords locaux multi-partites entre des groupes d'acteurs, avec des règles endogènes inhérentes aux spécificités du territoire (Levrel *et al.*, 2015). Pour promouvoir l'acceptabilité sociale d'un tel processus de décision, les démarches participatives auprès des populations sont également promues. Toutefois, il faut bien souligné que l'absence d'une autorité supérieure telle que celle de l'Etat peut fausser le processus, par le poids que peuvent avoir certains acteurs locaux dans le processus de décision.

Nous voyons donc ici la difficulté de trouver un équilibre entre une démarche lo-

cale, endogène, permettant l'implication étroite des acteurs locaux dans un projet d'aménagement, avec négociation des mesures compensatoires nécessaires, et le besoin d'arbitrage et de règles normatives exogènes permettant d'encadrer le processus de décision et d'assurer une cohésion dans les politiques publiques décidées à un niveau supérieur (région, Etat *etc.*). Cela nous ramène au schéma présenté dans le chapitre 2 (2.1), d'une approche normative générale à un processus collaboratif territorialisé. Nous avons souligné alors l'importance de fournir des outils visant à offrir un socle commun d'évaluation déclinable à l'échelle d'un territoire, en fonction de ces spécificités. A ce titre, notre proposition méthodologique s'inscrit dans cette optique : l'évaluation des performances du territoire s'appuie sur une méthodologie « universelle » pouvant se décliner sur n'importe quel territoire, mais permettant aussi, par le choix des indicateurs, de l'échelle de carroyage, et éventuellement de la pondération des indicateurs, une nette prise en compte de la spécificité du territoire sur lequel elle sera appliquée. Ce cadre méthodologique vise ainsi à être un support faisant le lien entre approche normative générale et l'approche territorialisée, pouvant être prise en main par les différents acteurs du territoire.

Cela nous permet de mettre en avant le potentiel de la recherche et plus particulièrement de la modélisation dans l'aménagement du territoire. Le travail des chercheurs, leurs outils de modélisation peuvent effectivement servir de lien entre l'approche normative globale et l'approche territoriale locale. En rendant opérationnels les modèles de simulation, notamment les modèles LUTI, il est possible d'évaluer à partir d'une méthodologie globale les spécificités locales au travers d'indicateurs choisis en fonction des spécificités observées sur le terrain. Ainsi, les outils de modélisation peuvent devenir le pivot visant à assurer l'équilibre entre global et local, ainsi que le support visant à assurer l'évaluation objective d'un territoire, permettant cette fois l'équilibre entre les différentes parties prenantes d'un projet d'aménagement. A partir des résultats des modélisations et des simulations, il devient possible d'envisager les modifications destinées à corriger et améliorer la durabilité d'un territoire. Charge aux décideurs, et à toutes les parties prenantes d'un projet d'aménagement, de définir la logique de ces corrections, par le biais, entre autres, de mesures compensatoires bien que, nous l'avons souligné, la recherche d'un équilibre se doit d'aller au delà d'une simple compensation.

Nous parlons ici, sous un angle théorique, d'opérationnalité des modèles de simulation. Outre le fait, nous l'avons vu, que cette opérationnalité est parfois difficile à

obtenir (chapitre 2.3), se pose un autre problème. Celui de l'échelle d'intervention.

6.2.1.2 Quel équilibre, à quelle échelle ?

Nous l'avons souligné plus haut, la recherche d'un équilibre territorial ne peut s'inscrire dans une logique arithmétique visant à une équivalence mathématique entre le nombre de cellules de chaque catégorie. Nous avons pu voir également, dans notre méthodologie, des cellules entrant dans les catégories combinant de bonnes performances dans plusieurs sphères, et quelques-unes présentant la catégorie de durabilité optimale, celle au centre du schéma des trois sphères, vers laquelle veulent tendre toutes les politiques d'aménagement. Nous avons pu voir que, logiquement, les cellules du territoire bisontin entrant dans ces catégories sont celles qui se situent au coeur de la ville, entre collines verdoyantes, espaces industriels et aménités urbaines du centre-ville. La question fondamentale qui nous est posée est de savoir comment atteindre une durabilité globale sur l'ensemble du territoire. Si nous restons à l'échelle cellulaire, alors il faut s'orienter vers une recherche de durabilité maximale dans toutes les cellules (ou la majorité) du territoire. C'est peu dire que ce n'est absolument pas réaliste. Il est difficilement envisageable d'implanter un bureau de poste et une usine dans chaque cellule « verte » de la forêt de Chailluz. De même que l'on peut difficilement concevoir d'implanter une école maternelle, un bout de forêt et un carré d'agriculture biologique en bordure de la rocade traversant la zone industrielle de Trépillot... Nous voyons de manière évidente, là aussi, que notre cartographie ne peut être un support dont on va utiliser le négatif pour décider des actions à mener, c'est à dire de regarder la performance de chaque cellule pour décider d'y implanter une ou des infrastructures comblant ses lacunes. Si nous avons fourni un outil d'évaluation permettant d'analyser le territoire à partir d'une synthèse d'indicateurs, la principale difficulté réside dans la manière de répondre aux problèmes qu'il fait constater. Et cette difficulté tient en grande partie à une problématique d'échelle. Nous analysons à une échelle fine (carroyage), nous voulons compenser, modifier, améliorer, à une échelle globale.

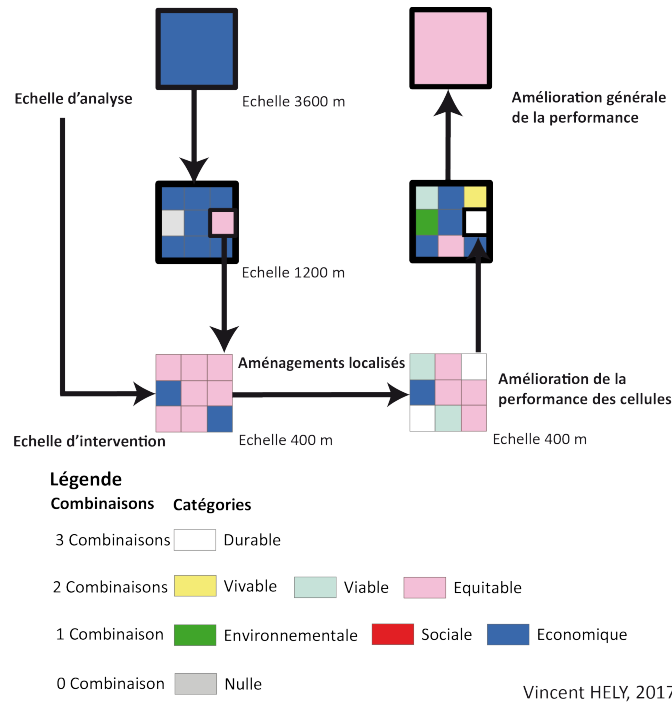
L'analyse critique que nous pouvons faire de notre travail, la principale limite que nous pouvons identifier à l'opérationnalité de la cartographie proposée, réside donc dans une problématique d'échelle. Les éléments présentés dans le 6.1. permettent d'ouvrir des pistes de réflexions et de réponses. Nous avons pu mettre en lumière la cohérence de la cartographie à différents niveaux d'échelle, malgré une perte évi-

dente d'information à mesure que le carroyage s'agrandit. Le fait que les plus petites échelles (au delà de 2000 mètres) maintiennent une présentation de l'essentiel de la composition du territoire (espace urbain bisontin, grands espaces verts...) peut nous ouvrir une porte pour envisager des réflexions quant à l'échelle d'analyse et d'intervention. Nous avons souligné que différentes échelles peuvent ainsi être utilisées selon les objectifs que s'assignent les décideurs. Une grande échelle (inférieure à 1000 mètres de carroyage) permettra de déceler assez précisément la localisation des atouts et des lacunes du territoire, pour ensuite, conformément à ce que nous avons dit plus haut, envisager des modifications à l'échelle globale. Une petite échelle permettra, elle, d'identifier les principales composantes de l'ensemble de notre aire d'étude, à savoir la catégorisation de Besançon en cellules bleues, de bonnes performances économiques, ou de la forêt de Chailluz, en cellules vertes. Pour illustrer ce problème, arrêtons nous sur le cas bisontin : nous avons vu qu'une petite échelle simplifie Besançon en une zone de bonne performance économique, mais que la décomposition en cellules plus fines laisse voir des performances nettement plus variées et globalement plus riches (plusieurs niveaux de combinaisons, durabilité maximum au coeur de la ville). Cet exemple pourrait nous orienter vers une utilisation de ces différents niveaux d'échelle pour envisager des mesures de compensations et/ou d'amélioration. En résumé, à partir d'une analyse faite sur un grand carroyage (la ville de Besançon se résume à une bonne performance économique, il faut améliorer le social et l'environnemental), la déduction des mesures à envisager se ferait elle à une échelle plus grande, en décomposant les cellules bleues à une échelle inférieure à 1000 mètres pour observer les performances visibles à cette échelle et mieux orienter les mesures à prendre, tant du point de vue de leur nature que de leur localisation (figure 6.9).

Comme le montre cet exemple théorique, des aménagements localisés, dans la mesure des possibilités qu'offrent les réalités du terrain, peuvent conduire à des modifications modestes (passage d'une cellule de 400 mètres d'une bonne performance dans une catégorie (niveau 1 des combinaisons) à une bonne performance dans deux catégories (niveau 2) mais, appliquées dans de nombreuses cellules du niveau intermédiaire, cela peut impacter la catégorisation finale : ici, la cellule de bonne performance économique qui caractérise l'équivalent d'une ville moyenne se transforme en cellule de équitable, combinant bonne performance économique et bonne performance sociale.

Cette piste que nous proposons ici, théorique, est en quelque sorte une manière de

FIGURE 6.9 – Exemple théorique sur les différentes échelles nécessaires à la prise de décision



trouver un compromis entre l'impossibilité d'une durabilité optimale partout évoquée plus haut et la nécessité d'améliorer la catégorisation des cellules pour améliorer l'équilibre général. Il s'agit en fait de jouer sur les niveaux d'échelles, en faisant les aménagements modestes et réalistes à grande échelle pour améliorer autant que possible la performance à petite échelle. La décomposition à différents niveaux peut servir d'intermédiaire pour faciliter la recherche d'équilibre, sans faire disparaître pour autant les effets de structure du territoire. Cela peut aussi servir à simuler les impacts d'un aménagement futur (construction d'une infrastructure, changement d'un mode de transport...) et en déduire, le cas échéant, les mesures compensatoires à prendre, et l'échelle d'intervention en fonction de l'échelle d'impact de cette infrastructure. Identifier sur notre cartographie le changement de catégorie d'une cellule suite à un choix de politique d'aménagement peut permettre de faciliter ou du moins d'orienter la prise de décision. A partir de là, le recours aux analyses multicritères évoquées dans le chapitre 2 peut s'envisager. Notamment, le recours à une carte décisionnelle (Sobrie *et al.*, 2013) (évoquée dans le chapitre 3) pourra être facilité et complémentaire, celle-ci se basant également sur un carroyage de l'espace pour localiser le choix d'aménagement.

Les éléments de réflexion que nous venons de présenter restent évidemment très théo-

riques. L'amélioration, la rectification, la compensation des effets des choix d'aménagements (passés, présents et futurs) restent des problèmes éminemment complexes à mettre en oeuvre sur le terrain, d'autant que l'échelle d'intervention, en fonction des thématiques et des infrastructures n'est pas la même. Nous nous efforçons ici de présenter, de mettre en valeur l'exploitabilité de notre méthodologie pour favoriser la réalisation de ces objectifs. A ce stade, notre outil peut permettre aux décideurs d'identifier une ou plusieurs échelles d'intervention possibles. Il peut également permettre de sélectionner l'échelle à laquelle l'aménagement se verra le plus pertinent. Nous l'avons souligné, cette échelle peut varier selon le type d'aménagement envisagé. Une intervention sur un espace vert ne se fera pas à la même échelle, n'aura pas le même impact spatial qu'une modification du réseau de transport ou d'un changement de politique en matière de logement...Pour cette raison, une lecture à plusieurs niveaux d'échelle est indispensable. De même, nous pouvons clairement envisager que les indicateurs servant à l'évaluation de différents phénomènes puissent se définir à des échelles de carroyage différentes.

Nous avons ainsi présenté les enjeux et les défis qui se font jour quant à la recherche de la durabilité sur le plan spatial. La recherche de cette durabilité passe par la recherche d'équilibres sur le plan spatial, équilibres au pluriel, tant il est vrai, nous l'avons montré, que la notion d'équilibre revêt différents aspects sur le territoire dans lequel elle s'inscrit. Mais la recherche de la durabilité ne saurait se limiter à une problématique spatiale. Puisqu'il est question d'assurer un développement durable pour ne pas compromettre l'avenir des générations futures, il semble aller de soi que la recherche de la durabilité doit également s'envisager sous une dimension temporelle.

6.2.2 Équilibre temporel

Cet impératif d'envisager la durabilité dans sa dimension temporelle n'est pas sans difficulté. Car évidemment, la temporalité d'un aménagement, son temps de construction, la durée de vie de ses infrastructures diffèrent assez nettement de la temporalité des processus de décision et de l'organisation humaine. Alors que pour ces derniers, la temporalité accélère sans cesse, il faut paradoxalement que les aménagements décidés puissent s'inscrire dans une temporalité la plus longue possible pour assurer sa durabilité. La difficulté va donc consister à articuler ces deux temporalités différentes au sein d'un processus décisionnel conduisant à l'aménagement

du territoire.

6.2.2.1 Les temps de l'aménagement

L'intégration de la dimension temporelle dans les processus d'aménagements fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux et devient de plus en plus prégnante dans les études des géographes et des aménageurs. Nous ne pouvons évidemment nous livrer ici à un état des lieux de la question, mais nous pouvons évoquer les grandes lignes qui président à ces travaux afin de les mettre en perspective avec notre travail. Nous avons évoqué, dans le chapitre 2, la boucle de rétroaction de Wegener, mettant en évidence les différentes temporalités des sous-systèmes urbains interdépendants les uns des autres (Wegener, 1994). Plus de vingt ans après, cette question se trouve toujours au coeur des problématiques liées à l'aménagement, particulièrement dans les espaces urbains, en raison de la multitude d'activités, d'équipements, de mobilités que l'on peut y trouver. Ces territoires urbains se voient structurés par ces différents usages de l'espace. La dimension temporelle va ici jouer aussi bien à l'échelle de la journée, voire de l'heure (déplacements domicile-travail, différences de fréquentation d'un lieu au cours d'une journée ou d'une nuit *etc.*) qu'à l'échelle de l'année, de la décennie, voire davantage (bâti, réseaux de communications...). L'apparition des nouvelles technologies, la diversification des formes de communications, de travail, de mobilité accélèrent et amplifient les rythmes de vie et les aménagements qui « vont avec ». L'impératif de durabilité complexifie davantage le problème. C'est pourquoi le « temps de l'aménagement » prends une place de plus en plus importante dans les réflexions. Nous pouvons par exemple citer, en France, les travaux de l'association *Tempo Territorial*⁶, qui vise à intégrer la dimension temporelle dans les recherches et les politiques publiques liées à l'aménagement du territoire. Ses travaux fournissent un bon exemple de réflexion temporelle dans une démarche de prospective, c'est à dire, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 2, une démarche qui vise à intégrer le temps long dans les réflexions relatives à l'aménagement. Dans son dernier rapport (Tempo Territorial, 2016), elle met en évidence le besoin, là aussi, de prise en compte des spécificités territoriales pour penser au mieux l'aménagement dans sa dimension temporelle. La démarche s'appuie sur trois piliers qui sont :

1. La prise en compte des **rythmes du territoire** : ceux-ci vivent aux rythmes

6. L'association *Tempo territorial* est le réseau national des acteurs des politiques temporelles. Il réunit des Collectivités, des organisations scientifiques, des associations, des consultants, des entreprises, des individus soucieux de faciliter la conciliation des temps personnels et professionnels.

des usages dont ils sont le support et bien les connaître permet d'optimiser leur gestion (flux, réseaux *etc.*). Cette étude de rythmes urbains s'appuie sur de nombreux outils d'analyse : indicateurs, cartes animées pour représenter les « pulsations » du territoire (trafic, trajets, émissions de CO2 *etc.*) basés sur la modélisation.

2. **Les leviers temporels de l'aménagement** : la polyvalence et la diversité des infrastructures urbaines conduit à une volonté d'adaptation des aménageurs à l'évolution des pratiques exprimées sur le territoire, que ce soit là aussi au cours d'une journée ou sur un temps long de plusieurs années. Il s'agit donc d'adapter les infrastructures aux différents usages à court, moyen et long terme.

3. **L'inscription du projet dans le temps** : il est ici mis l'accent sur le fait que les projets urbains se conçoivent sur le temps long mais se vivent, une fois réalisés, au quotidien. Face à la multitude d'acteurs impliqués, aux contraintes pratiques, aux évolutions possibles durant les phases de travaux, il est mis en avant que la conduite du projet ne peut plus être une étape rigide mais qu'elle doit comporter une certaine souplesse dans le temps.

Ce rapport conclut en présentant le temps comme la quatrième dimension de l'aménagement. Au vu de ce que nous avons dit dans la première partie, il est évident que la prospective et la planification, intrinsèquement temporalisées, doivent faire face à l'accélération croissante d'un monde en mouvement, particulièrement dans les espaces urbains, territoires privilégiés de la connexion à la mondialisation. Face aux impératifs de durabilité, il s'agit là aussi de trouver un équilibre, entre la nécessité d'une vision à long terme impliquant une planification durable et le besoin d'adaptation à cette sorte de *mouvement perpétuel*. Nous pouvons citer ici le concept de « ville maléable » développé par Gwiadzinski où l'ambition est de faire une ville « *qui se laisse facilement façonner, une cité où la gouvernance est souple et où un système de citoyens, d'acteurs et de décisions très réactifs travaille en bonne intelligence au service de tous sans craindre d'expérimenter. La ville malléable sait s'adapter, courir et se reposer pour le bien-être et l'épanouissement de la population* » (Gwiadzinski, 2007). Nous avons ici un bon résumé des enjeux relatifs à la ville durable, aux regards des objectifs du sommet de Rio et des limites identifiées à Rio+20, en particulier pour ce qui touche à la recherche de la « bonne gouver-

nance ». Une gouvernance souple et participative, incluant étroitement les acteurs, décideurs, parties prenantes et usagers d'un territoire. Pour ce faire, l'adaptation et la gestion des différentes temporalités s'avèrent incontournables.

Assurer la durabilité d'un territoire consiste donc à assurer une fluidité et une harmonie dans le processus de décision par la prise en compte des différentes temporalités qui rythment le territoire. Si nous avons insisté sur l'accélération du temps dans beaucoup d'activités urbaines, il convient également de citer, à l'autre bout de la chaîne, les préoccupations de long terme qui se font jour dans l'optique de la ville durable. Au delà de la durabilité des infrastructures, évoquée dans la boucle de rétroaction de Wegener, un projet d'aménagement doit s'interroger sur les effets à long terme des choix politiques, non seulement en matière d'impacts environnementaux, mais aussi dans les domaines sociaux et économiques, ce que nous avons indiqué dans le 6.2.1. A ce titre, les études prospectives, dans lesquelles s'inscrivent les travaux de recherche, se doivent de produire des outils d'anticipation de ces impacts. Par exemple, les changements comportementaux dûs à la diversification des activités (télétravail, accroissement des mobilités), les modifications de localisation dûs à l'évolution des prix du foncier (gentrification des centres villes), ou encore la question cruciale de l'évolution du coût de l'énergie, où il s'agit de mesurer et ainsi d'anticiper les effets des coûts énergétiques sur les modes de vies des populations (Verry *et al.*, 2017). Ces questions sont au coeur des problématiques relatives à la durabilité d'un territoire, à la croisée des enjeux relatifs aux trois sphères du développement durable et à ceux du choix politique présidant le processus de décision.

Pour aborder la question de la temporalité du processus de décision proprement dit, nous pouvons élargir la réflexion afin d'évoquer la place de la recherche et de la modélisation dans ces temps de l'aménagement. En effet, dans les exemples cités au paragraphe précédent, le recueil des données, l'élaboration de scénarios d'aménagements, la simulation, l'évaluation et l'analyse des résultats imposent des délais parfois assez long. Nous avons également pu constater ici le long cheminement conduisant à la création d'indicateurs synthétiques permettant l'évaluation de la durabilité du territoire. En outre, l'interprétation des données, des résultats produits et les choix politiques qui peuvent en découler imposent aussi un certain délai. Dans l'optique d'une meilleure insertion de la recherche scientifique dans la prise de décision et d'une meilleure opérationnalité des modèles de simulation, il convient donc de ne pas négliger ces aspects et d'envisager là aussi la place que peut avoir la

modélisation dans la temporalité d'un aménagement territorial.

Nous avons tenté de résumer brièvement ici les nombreux enjeux relatifs à la temporalité des aménagements. La méthodologie que nous proposons pour produire une carte d'évaluation du territoire doit ainsi s'insérer au coeur de réflexions visant à trouver un juste équilibre entre tous les temps de l'aménagement du territoire. Cette cartographie, qui pourrait être utilisée dans des simulations de scénarios d'aménagements à $t+n$, pourrait favoriser, selon les indicateurs choisis, l'anticipation des impacts territoriaux de différents choix d'aménagement. Il convient toutefois que cette modélisation puisse s'inscrire au sein d'une organisation cohérente du processus de décision, comme nous allons le voir maintenant.

6.2.2.2 Les temps de la décision : vers un metaplanning ?

S'il existe différentes temporalités concernant l'aménagement proprement dit d'un territoire, il en est de même pour le processus de décision conduisant aux choix des aménagements en question. Nous avons évoqué les défis de la gouvernance des territoires, qui restent entiers en ce début de XXI^{ème} siècle. Il s'agit, nous l'avons vu, de gérer la temporalité du processus de décision mais aussi la temporalité de la réalisation concrète du projet décidé, à travers un cadre devenant nécessairement souple. La multiplicité des acteurs, des experts, des scientifiques à consulter rend d'autant plus délicate et malaisée la bonne conduite et la cohérence d'un projet porté au fil du temps. Nous proposons donc ici, en cette fin de chapitre, une ouverture sur une méthode destinée à mieux penser et organiser un projet de long terme comme peut l'être celui d'un aménagement du territoire. Plus qu'une simple planification, il s'agit d'englober celle-ci dans un processus plus large, dans une temporalité plus longue, dans un cadre plus vaste prenant en compte l'ensemble des acteurs d'un projet. Nous avons recours ici au concept de *meta-planning*.

Les sources de ce concept de metaplanning sont à rechercher dans les années 1970, notamment dans les travaux de J.R. Emshoff. Devant le constat de la difficulté d'élaborer des stratégies de long termes viables et pertinentes, Emshoff part du postulat que le recours à la planification doit être pensé tant pour la mise en oeuvre d'un projet proprement dit que pour sa phase de conception. La question du management et de la coordination des parties prenantes à un projet nécessiterait ainsi le recours à ce qui est appelé un *metaplanning*, c'est à dire une organisation pensée et définie de

manière à améliorer l'efficacité d'un programme de planification (Emshoff, 1978). A l'époque, cette réflexion est appliquée au monde de l'entreprise, afin d'envisager la meilleure manière de planifier leurs stratégies de long-terme en tentant d'améliorer l'organisation de leurs ressources humaines. La réflexion d'Emshoff repose sur trois hypothèses :

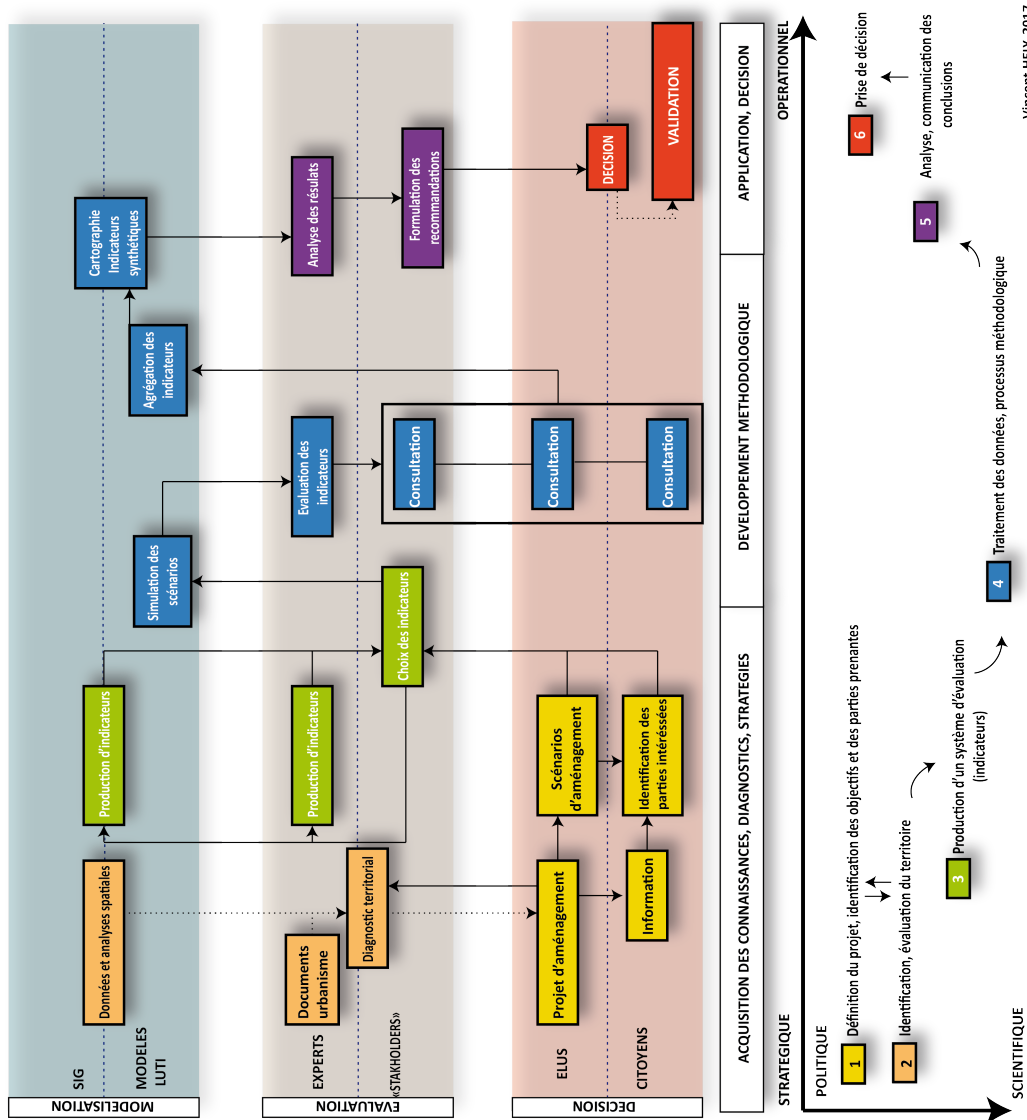
1. La première hypothèse réside dans le fait qu'une stratégie de « méta-planification » se doit, pour être efficace, de s'appuyer sur les *managers* dont la participation et l'implication est nécessaire à la réussite d'un processus de changement. Il s'agit ici de trouver un équilibre entre la production proprement dite et le processus de gestion de celle-ci. Le recours au meta-planning doit ainsi permettre d'améliorer l'organisation du processus de gestion de manière à produire un meilleur résultat dans les actions menées grâce à la résolution des problèmes d'organisation. Il faut pour cela que les acteurs soient impliqués dans les différentes étapes du processus, de manière à ce qu'ils voient clairement l'impact et l'intérêt que peut avoir leur action.
2. La seconde hypothèse est que des stratégies efficaces de métaplanning ne peuvent être développées indépendamment des caractéristiques culturelles et du style de gestion particulier de l'organisation. La meta-planification doit être intégrée dans une vaste organisation regroupant l'évaluation et le processus de changement souhaité, qui intègre (a) la « culture » de l'organisation générale de l'entreprise, et (b) le style de gestion des personnes clés. Ici, la culture définit la philosophie propre à l'organisation de l'entité concernée, qui régit le système dans son ensemble, de manière à identifier comment il interagit avec les entités extérieures. La culture est propre au système dans son ensemble, tandis que le style de gestion est propre à chaque individu : par exemple, certains gestionnaires ont tendance à être autoritaires et d'autres participatifs. Cela influe sur la manière de prendre des décisions.
3. La troisième hypothèse est que, si sur le long-terme le metaplanning doit permettre une prise de décision stratégique compatible avec la culture et l'organisation de l'entreprise concernée. Il peut en revanche servir, sur le court terme, à introduire sciemment des changements de pratique nécessaires à l'amélioration de la qualité et de l'efficacité de l'organisation. Il s'agit donc de réfléchir

à développer des stratégies « gagnantes » au regard de la culture et de l'organisation de l'entreprise.

Nous pouvons identifier, dans ces principes, des similitudes avec la philosophie qui irrigue nos raisonnements, notamment dans le besoin de prise en compte des caractéristiques locales, culturelles, organisationnelles d'un territoire pour améliorer la prise de décision (point 2), le besoin de s'appuyer sur les acteurs locaux et les intégrer au maximum au projet pour rendre celui-ci plus crédible (point 1), ou encore le besoin d'une organisation plus souple dans les applications pratiques à court et moyen terme (point 3). Ce n'est donc pas un hasard si cette méthode a pu intéresser des recherches relatives à l'aménagement du territoire, bien que celles-ci soient restées marginales : en 1982, le *metaplanning* a été présenté comme « moyen de rendre la planification plus adaptée à ses utilisateurs » (De Bettencourt *et al.*, 1982). Plus récemment, les recherches autour du *Geodesign*⁷ ont également repris ce concept (Campagna, 2004 ; 2016). Il nous a donc paru intéressant d'envisager ici le fait qu'un processus de décision en aménagement puisse s'organiser de cette façon. Nous avons imaginé ce que pourrait donner un *metaplanning* type pour un projet d'aménagement. Bien entendu, il s'agit d'une proposition théorique dont la mise en oeuvre ne manquerait pas de complexité. Mais il nous semble intéressant de montrer, dans la figure 6.10, un processus de décision structuré dans lequel tous les acteurs de l'aménagement pourraient s'intégrer, et notamment le domaine de la recherche et de la modélisation. En écho à l'état des lieux que nous avons dressé dans le chapitre 2, notre proposition organise l'aménagement en répartissant les acteurs en trois grands domaines : (a) celui de la modélisation, domaine scientifique regroupant les chercheurs s'appuyant sur les SIG et la modélisation LUTI, (b) celui de l'évaluation, dans lequel s'intègrent les experts et les parties prenantes du projet (*stakeholders*)(bureaux d'études, entreprises, collectivités *etc.*) et enfin, (c) celui de la décision que nous répartissons entre les élus et les citoyens. Notre figure montre le cheminement temporel d'un projet d'aménagement en mettant en lumière les interactions nécessaires entre les différents domaines. Nous proposons de décomposer ce cheminement en 6 étapes :

7. Le terme *Géodesign* apparaît notamment dans les travaux de chercheurs italiens (Campagna, 2014). Il se définit comme un processus d'intégration éclairé par une évaluation de la durabilité environnementale qui comprend la conceptualisation du projet, l'analyse, la projection et les prévisions, le diagnostic, la conception alternative, la simulation d'impact et l'évaluation. Il implique un certain nombre d'acteurs techniques, politiques et sociaux dans la prise de décision collaborative. (Steinitz, 2012).

FIGURE 6.10 – Metaplan pour l'aménagement du territoire



1. La définition du projet par les décideurs, avec l'élaboration du projet d'aménagement (avec, le cas échéant, différents scénarios), l'identification des parties prenantes et l'information du public (enquêtes d'utilité publique, enquêtes de satisfactions, des doléances *etc.*).
2. Le diagnostic territorial, qui se déroule en parallèle de la première étape (voire avant si les documents sont déjà élaborés, notamment les documents d'urbanismes tels que SCOT, PLU *etc.*) ainsi que le recueil des données nécessaires par les scientifiques.
3. La phase de production d'un système d'évaluation, avec une production d'indicateurs par la modélisation ou le recueil de données directement disponibles sur le terrain par les experts. Les parties prenantes et les élus peuvent ensuite procéder au choix des indicateurs, au vu des conclusions de l'étape 1 qui a défini le projet et les enjeux.
4. Le processus méthodologique, que nous avons proposé dans ce travail, articulé entre l'analyse du territoire et, le cas échéant, les scénarios d'aménagement effectués par la modélisation, avec évaluation des indicateurs appuyée sur une consultation via l'enquête, aboutissant à des indicateurs synthétiques et une carte finale évaluant la durabilité du territoire.
5. L'analyse de cette cartographie, l'identification des forces et faiblesses du territoire, les choix et les recommandations d'actions par les experts et partie prenantes, à l'échelle appropriée.
6. La phase finale de décision par les élus avec, de préférence, la consultation de l'ensemble de la population.

Voilà une ébauche de ce qui selon nous, pourrait à terme offrir un cadre d'organisation à la planification. Nous y retrouvons les différents temps du processus de décision, avec une tentative d'optimiser ce temps en pensant les interactions, nombreuses, entre les différents acteurs de l'aménagement. Cette organisation permet aussi une meilleure souplesse au cours du processus, au vu de ce que nous avons dit plus haut. Nous avons bien conscience du caractère sans doute un peu utopique

de définir un tel cadre d'organisation, mais pousser la réflexion de cette manière nous semble une réponse pertinente face aux défis de la temporalité identifiés ici. Non seulement concernant les temps de la décision, mais aussi face aux temps de l'aménagement avec les enjeux définis dans le 6.2.2.1. L'accélération des rythmes territoriaux nous semble pouvoir être mieux prise en compte avec une organisation offrant des interactions permanentes entre les différents acteurs du territoire.

Conclusion du chapitre 6

Plus généralement, et pour conclure ce chapitre, nous pouvons souligner que dans cette esquisse théorique de métaplanning de l'aménagement du territoire, nous avons tenté d'imbriquer le travail scientifique de modélisation et de simulation avec le reste des domaines et des acteurs de l'aménagement. Le processus méthodologique que nous avons proposé dans ce travail de thèse, par sa relative simplicité technique et ses différentes étapes d'agrégation, nous semble en mesure de pouvoir offrir une meilleure intégration des travaux de modélisation dans le processus de décision. Il ouvre en outre la porte à une meilleure opérationnalité des modèles LUTI, qui pourraient ainsi servir d'outils concrets sur lesquels s'appuieraient les experts et les décideurs. Nous avons pu cependant identifier, dans ce chapitre 6, les principaux écueils qui se présentent à nous. Notamment, la question récurrente de l'échelle à laquelle travailler, analyser, décider. Nous l'avons dit, cette problématique est au coeur des préoccupations des géographes et des aménageurs. Si beaucoup de questions demeurent, nous avons au moins contribué à mieux éclairer et mieux expliquer, par nos exemples, ces défis. La recherche de l'équilibre, ou plutôt *des* équilibres, nous semble être la préoccupation fondamentale pouvant répondre aux exigences de développement durable.

Conclusion de la troisième partie

Cette dernière partie nous a ainsi permis d'analyser les résultats de nos travaux, d'identifier leurs atouts et leurs limites, puis de les mettre en perspective avec les enjeux et les difficultés identifiés auparavant. De fait, nous pouvons tirer un bilan mitigé en ce sens que, si des réponses ont pu être apportées, d'importants écueils demeurent. Les principales réponses que nous nous estimons en mesure d'apporter concernent :

1. Le besoin de simplification méthodologique. Dans la veine des travaux mis en avant dans le chapitre 4, nous avons produit une méthodologie dont les résultats se sont montrés concluants lors de sa phase d'application sur un territoire réel. A partir d'un processus pouvant être remarqué (voire critiqué ?) pour sa simplicité, nous avons pu produire des indicateurs synthétiques pour chaque sphère permettant eux-même une analyse de la durabilité du territoire. Nous avons pu voir en outre que cette méthodologie était applicable à plusieurs niveaux d'échelle, avec certes une perte d'information à mesure que l'échelle « rapetisse » mais sans remettre en cause la cohérence de la structure du territoire.
2. La manière d'envisager la durabilité. Si cette question est sans doute intrinsèquement insolvable, étant entendu qu'il existera toujours autant de points de vues qu'il existera de courants de pensées, nous avons pu cependant identifier, dans notre enquête, une tendance à une conception « équilibrée » du développement durable. Certes, cette enquête ne saurait être une représentation parfaite de la population, mais la tendance à l'uniformité des réponses mise en avant dans le 5.1 permet tout de même d'identifier une tendance nette. Elle semble conforter une recherche de compromis entre durabilité forte et durabilité faible, ce sur quoi se fonde notre méthodologie.
3. Le besoin d'une meilleure implémentation de la modélisation dans le processus de décision. Les deux points soulevés précédemment permettent d'envisager une meilleure opérationnalité des outils de modélisation grâce aux possibilités de simplification méthodologiques d'une part, et au besoin d'une approche visant à l'équilibre inter-sphère et intra-sphère, ce qui facilite les opérations d'agrégation et d'élaboration des indicateurs synthétiques. Cette méthodologie

aurait donc vocation, pour être renforcée, à être testée sur d'autres territoires avec d'autres indicateurs.

Toutefois, ces avancées se heurtent toujours à des écueils, qui touchent essentiellement aux difficultés théoriques et conceptuelles identifiées dans la première partie.

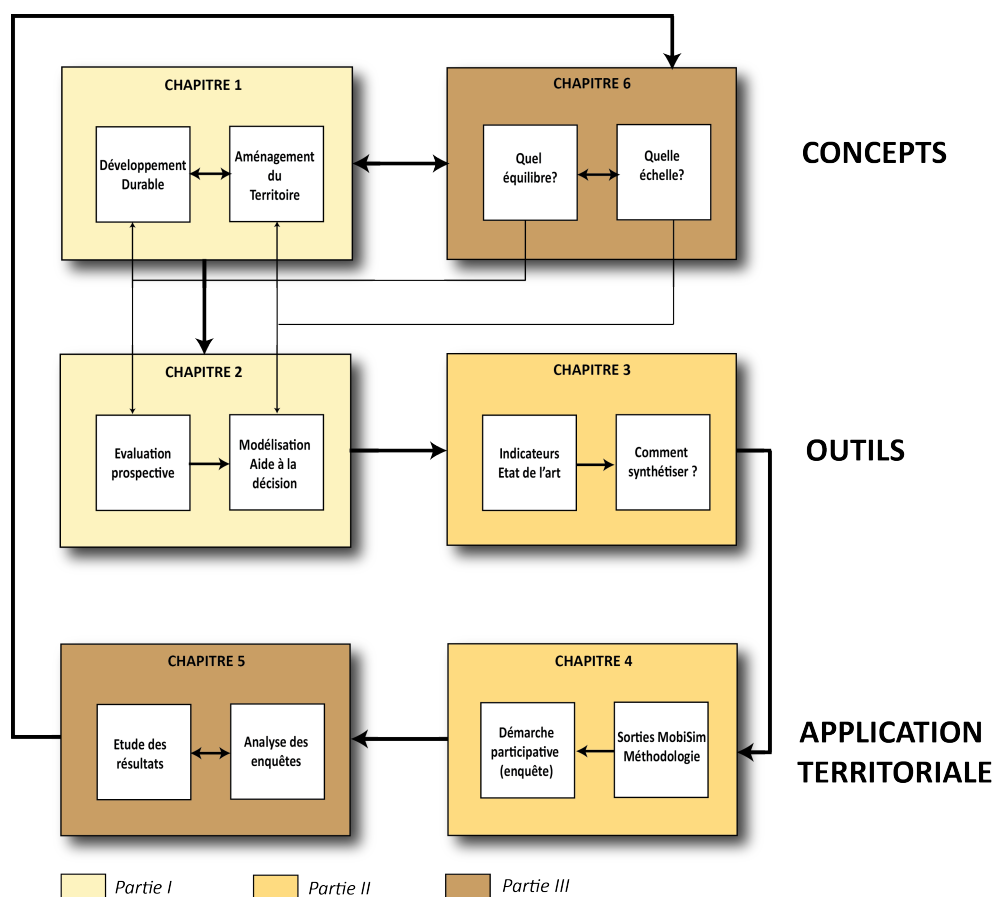
- L'échelle d'analyse : si la méthodologie semble applicable à différents niveaux d'échelles, reste à savoir lequel peut apparaître comme le plus pertinent, sachant que ce niveau peut varier selon les situations et les indicateurs. Il s'agit ainsi pour le décideur de trouver la bonne fenêtre d'intervention pour envisager les impacts d'un projet d'aménagement. De cette difficulté découle la suivante :
- Quel équilibre ? Comment envisager la durabilité sur le territoire, dans sa dimension spatiale comme dans sa dimension temporelle ? Il n'existe pas de réponse objective à cette question. Cela nous amène à la difficulté la plus globale, déjà identifiée :
- La subjectivité des choix, la diversité des approches possibles. Si l'enquête nous a montré une tendance à l'équivalence et à l'uniformité, il n'en demeure pas moins que le consensus n'existera jamais et que les choix d'aménagements, aussi opérationnels que soient les outils sur lesquels ils s'appliquent, n'en seront pas moins en proie à la critique et à la remise en cause.

Au final, nous pouvons conclure que des perspectives s'offrent d'un point de vue technique pour que les recherches basées sur la modélisation trouvent de meilleurs débouchés sur le terrain, s'intégrant ainsi mieux dans un processus de décision. Mais la modélisation, la science, la technique, ne peuvent apporter de réponses indiscutables et objectives face à la diversité des approches, des opinions et des choix possibles des décideurs. Elle ne reste en fait qu'un outil au service de ceux qui l'utilisent et qui, *in fine*, décident de son mode d'utilisation.

Conclusion générale

A l'heure de conclure, il convient pour nous de tirer un bilan du travail effectué, en commençant par nous arrêter sur le cheminement qui a construit cette rédaction. La figure 6.11 nous présente une sorte de récapitulatif du plan de la thèse, en mettant en perspective les grandes thématiques abordées, leurs connexions et leurs aboutissements. Nous pouvons identifier trois grands champs thématiques abordés successivement :

FIGURE 6.11 – Structuration du plan de la thèse



- L'analyse conceptuelle, qui interroge sur les grands principes inhérents au développement durable, dont nous avons pu souligner dans le chapitre 1 l'étendue et la variété des approches sous lesquelles il peut s'envisager et des difficultés que cela peut engendrer pour l'intégrer aux politiques d'aménagement.
- Le champ des « outils », qui fait d'abord le point, dans le chapitre 2, sur les méthodes d'évaluation et les instruments de modélisation, identifiant leur limites (pour les modèles LUTI notamment) avant de se concentrer, dans le chapitre 3, sur la question cruciale des indicateurs, aussi indispensables que prolifiques, nécessitant une simplification et une meilleure lecture des données.
- L'application méthodologique sur le territoire : le besoin de produire des indicateurs synthétiques et de nouveaux instruments d'analyse spatiale par la modélisation nous a conduit à proposer une méthodologie à la fois simple et rigoureuse (chapitre 4), à partir des données du modèle MobiSim. Le calcul et le calibrage d'indicateurs synthétiques s'est appuyé sur une enquête de terrain. Cette méthodologie a ainsi pu être appliquée sur l'aire d'étude de l'agglomération de Besançon et ses résultats sont présentés dans le chapitre 5.

Le dernier chapitre revient quant à lui aux fondements conceptuels du développement durable, en ouvrant la réflexion sur les problèmes liés à l'échelle d'intervention et, plus généralement, à la question de l'équilibre nécessaire pour assurer la durabilité du territoire. Sur ce point, nous y reviendrons, notre travail soulève sans doute au moins autant de questions qu'il n'apporte de réponses.

D'abord, si nous devons tirer un bilan du cœur « technique » de cette thèse, nous dirions qu'elle peut apporter un support sur lequel s'appuyer pour évaluer la durabilité d'un territoire. Pour répondre à la fois au besoin de synthétisation des indicateurs d'évaluation et à l'amélioration de l'opérationnalité des modèles LUTI, nous avons, à partir des données de sorties de MobiSim, élaboré un processus méthodologique d'évaluation puis d'agrégation des indicateurs débouchant sur un support cartographique identifiant les atouts et les lacunes locales. Techniquement, cette méthodologie qui reste relativement simple et donc aisée à reproduire à l'aide d'un SIG nous semble valide et exploitable, avec un cadre pouvant satisfaire au besoin que nous avons identifié de complémentarité entre une approche normative « universelle » et une approche collaborative territorialisée. Les résultats et le bilan de l'enquête ont

pu nous montrer que la question de la pondération des indicateurs, qui jusqu'ici occupe beaucoup les réflexions, ne semble pas en fait l'élément primordial, d'autant que l'enquête nous montre clairement que l'équivalence entre indicateurs et entre sphères semble aujourd'hui s'inscrire dans une sorte d'inconscient collectif.

Ainsi, la force des outils de modélisation réside en leur capacité de produire ces données de synthèse permettant d'évaluer le territoire. La difficulté d'interprétation des données, la difficile mise en application sur un terrain concret nous semblent être des obstacles pouvant être levés assez facilement par la mise en place de ce type de méthodologies. Ceci fait, avec les potentialités techniques des modèles LUTI et des outils informatiques, de très nombreux scénarios d'aménagement pourront devenir plus lisibles et éclairer davantage les décideurs. D'où l'intérêt, comme nous l'avons présenté à la fin du dernier chapitre, de mieux intégrer la modélisation dans le processus de décision en s'appuyant sur des simplifications méthodologiques et en articulant les étapes de modélisation à la consultation des acteurs locaux et du grand public.

Les principales difficultés, les principales limites identifiées dans cette thèse relèvent en réalité moins de la technique que de questionnements plus généraux, qui expliquent dans la figure 6.11 le « retour » du dernier chapitre à côté du premier, sur les questions conceptuelles et fondamentales. L'un des principaux écueils, qui intéresse particulièrement les géographes, est celui de l'*échelle* : à quelle échelle analyser ? A quelle échelle décider ? A quelle échelle aménager ? Si nous avons pu mettre en évidence l'évolution des résultats selon une résolution déterminée, la question du choix de la maille la plus pertinente reste posée et dépend en réalité de nombreux paramètres, variant également selon les indicateurs et les territoires. Cela peut constituer une difficulté et une limite pour les outils de modélisation. En fait, là aussi, le choix des décideurs, l'avis des experts, l'influence des parties prenantes peut avoir son importance, notamment pour l'implantation d'une infrastructure : à quelle échelle envisager les impacts, selon que ceux-ci vont impliquer différents acteurs selon le périmètre choisi ? La modélisation, support technique, reste « à la merci » des mains entre lesquelles elle se trouve...

Un autre écueil, encore plus vaste, réside dans la question fondamentale des *équilibres*. Nous avons vu que ce terme apparaissait comme celui décrivant le mieux ce vers quoi doit tendre l'aménagement durable. Mais comment déterminer ces

équilibres ? Outre l'équilibre territorial, directement impacté par les problématiques d'échelles que nous venons d'évoquer, se pose la question de l'équilibre dans l'espace, dans la population, et dans le temps... Cela rejoint les problèmes liés au flou conceptuel du développement durable sur lequel nous avons buté. Nous avons dit, juste avant, que les enquêtes laissaient voir une équivalence entre les composantes économiques sociales et environnementales dans l'inconscient collectif. Mais nous pouvons réciproquement nous demander si ce jugement n'est pas lui-même influencé par ce flou qui finalement brouille les pistes et qui pousse, dans le doute, à produire des réponses tendant vers l'équivalence. Ne sommes nous pas là devant le phénomène de gouvernementalisation des conduites décrit dans le chapitre 1 (Boissonade, 2015) ? Les résultats de cette enquêtes n'éliminent pas pour autant, chez les décideurs, les oppositions entre durabilité forte et durabilité faible. Les récentes évolutions géopolitiques et la sortie annoncée des États-Unis de l'accord de Paris sur le climat rendent d'ailleurs encore plus incertains les applications futures des recommandations du rapport Bruntland... Bref, face à la fragilité du concept qui guide aujourd'hui les politiques d'aménagement, il est bien difficile de définir ce que doit être le meilleur équilibre à envisager.

Nous avons également employé à plusieurs reprises dans cette thèse le terme d'*harmonie*. Il nous semble intéressant, en cette fin de conclusion, de nous y arrêter. Pour revenir à un domaine qui nous est cher, l'aménagement du territoire, nous pouvons constater que la notion d'harmonie figure également dans la définition qu'en donne le Petit Larousse : « *L'aménagement du territoire consiste, par une action volontariste de l'État, à répartir **harmonieusement** sur le territoire national les hommes, les activités, les outils d'éducation, les infrastructures de transport.* ». La définition commune de l'harmonie est la suivante : « *Qualité d'un ensemble qui résulte de l'accord de ses parties ou de ses éléments et de leur adaptation à une fin* » (Petit Larousse). En fait, nous pouvons finalement nous demander si l'objectif vers lequel doivent tendre les politiques d'aménagement durable ne serait pas simplement l'harmonie. Cette « qualité d'un ensemble », ne serait-elle pas le synonyme de la « durabilité du territoire » ? L'« accord de ses parties » ne serait-elle pas la cohésion entre les populations, parties prenantes, chercheurs, experts, décideurs qui peuplent un territoire ? Les « éléments » ne sont-ils pas les éléments naturels, l'environnement qui façonnent l'espace ? Et cette « adaptation à une fin » ne constitue-t-elle pas l'orientation que doit prendre ce territoire vers le long terme par une politique

d'aménagement pertinente issue d'un processus de décision optimisé ? De la même manière que tout musicien s'accordera à dire que l'atteinte de l'harmonie dans un orchestre est particulièrement difficile et demande de longs efforts de préparation, tout aménageur voit bien que l'atteinte de cette harmonie sur un territoire est elle aussi particulièrement délicate et, sans doute, un peu utopique. Mais c'est cependant vers quoi il nous faut réfléchir.

Pour finir, une dernière difficulté vient encore du fait que, comme nous l'avons dit en introduction, nos territoires sont déjà façonnés par les politiques d'aménagement successives conduites depuis des siècles. En particulier, dans les milieux urbains : les formes urbaines de nos villes sont l'héritage de siècles de constructions et d'aménagements, et il est particulièrement difficile aujourd'hui d'en modifier la structure et l'organisation spatiale. Ainsi, les modèles de simulations ne peuvent présenter que des aménagements limités et contraints par les infrastructures implantées antérieurement. Cela rend difficile la réalisation d'un équilibre tendant vers l'harmonie, quand bien même l'explosion des flux, des déplacements, des véhicules de transports provoquerait elle-même ce déséquilibre sur les espaces urbains auparavant construits... Ainsi, nous pouvons souligner qu'en fait, la réalisation de ces équilibres tendant vers l'harmonie d'un territoire ne semble réellement possible qu'en créant un nouveau territoire *ex nihilo*. Nous sommes ici ramené aux utopies urbaines. Faire sortir des villes nouvelles de terre semble en fait la meilleure opportunité pour tester des schémas d'aménagement « optimaux », équilibrés, harmonieux. Pour la modélisation, simuler l'intégralité d'une ville nouvelle est une opportunité fantastique où le modélisateur n'est pas contraint dans ses paramétrages par les réalités préexistantes. L'explosion démographique des pays du Sud offre d'ailleurs de telles opportunités. De nouveaux modèles urbains du XXI^{ème} siècle pourraient ainsi voir le jour autour de la nouvelle « ville durable ». Reste à savoir si le poids des structures existantes (politiques, sociales et économiques) et la difficulté d'appréhender la durabilité ne risque pas de les laisser demeurer à l'état d'utopie...

Bibliographie

Al-Hindi, K. F. et Till, K. E. (2013). (Re)Placing the New Urbanism Debates : Toward an Interdisciplinary Research Agenda. *Urban Geography*, 22(3), 189–201.

Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*. Cambridge, Harvard University Press.

André, P., Delisle, C. E. et Revéret, J. P. (2003). *L'évaluation des impacts sur l'environnement : processus, acteurs et pratique pour un développement durable*. Presses inter Polytechnique, 294 p.

Antoni, J.P. (2009). *Lexique de la ville*. Ellipses, 184 p.

Antoni, J.P. (2011). *Modéliser la ville. Formes urbaines et politiques de transport*. Paris, Economica, 438 p.

Antoni, J.P. (2013). L'ambition de modéliser la ville. In Brun, G., *Ville et mobilité - nouveaux regards*, Economica, 227-238.

Antoni, J.P. (2016). *Concepts, méthodes et modèles pour l'aménagement et les mobilités : l'aide à la décision face à la transition éco-énergétique*. Economica, 250 p.

Antoni, J.P., Tannier, C., Vuidel, G. et Hirtzel, J. (2011). Mobisim. Rapport final PREDIT, Groupe Opérationnel n.6, Recherche 09MTCV34, Besançon.

Antoni, J.P., Bonin O., Frankhauser P., Houot H., Nicolas J.P., Thierry C., Tomasoni L., Toillier F., et Vuidel G. (2015) .*VILMoDes - Ville et mobilités durables*. Rapport de recherche, PREDIT, 131p.

Apparicio, P. (2000). Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique. *Cybergeog : European Journal of Geography [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 134, mis en ligne le 16 juin 2000*.

Batty, M. (1979). Progress, success and failure in urban modeling. *Environment and Planning A*, 11(8), 863-878.

Beurain, C. et Varlet, D. (2015). L'éco-centrisme systémique de l'écologie industrielle, instrument de mise à distance du social. Plaidoyer pour une lecture pragmatiste de l'écologie industrielle. In Boissonnade, J., *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Editions Pétra, coll. Pragmatismes , p 287-332.

Beauvois, J. L. et Joule, R.V. (2000). *Petit traité de la manipulation à l'usage des honnêtes gens*. Grenoble, Presses universitaires, 320 p.

Beckerman, W. (1994). 'Sustainable development' : is it a useful concept ? *Environmental values*, 3(3), 191-209.

Bell, S. et Morse, S. (2008). *Sustainability indicators : measuring the immeasurable ?* Earthscan, 228 p.

Ben-Akiva, M. et Lerman, S. R. (1979). Disaggregated travel and mobility-choice and measures of accessibility. In Hensher D.A., Stopher P.R. (Eds), *Behavioral travel modeling*, London, Croom Helm, p. 654-679

Bertalanffy, L. V. (1968). *General systems theory*. New York, George Braziller, 300 p.

Bertrand, F. (2013). L'évaluation de la durabilité des contrats de plan État-Région, forme de management politico-administratif et vecteur de nouvelles pratiques d'aménagement. In Vivien, F. D., Lepart, J. et Marty, P., *L'évaluation de la durabilité*, Clermont-Ferrand, Quae. ed, Indisciplines, p 215-238.

Bertrand, G. (1968). Paysage et géographie physique globale. *Revue de Géographie des Pyrénées et du sud-ouest*, 3, 249-272.

Boissonade, J. (dir.)(2015). *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*. Paris, Editions Pétra, coll. Pragmatismes, 487 p.

Boisvert, V., et Vivien, F. D. (2006). Le développement durable : une histoire de controverses économiques. In C. Aubertin, F-D Vivien, *Le développement durable, enjeux politiques ; économiques et sociaux*. Paris, IRD éditions, La documentation française, p.15-48.

Bonafous, A., Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N. et Thiébaud, V. (2009). MOSART : un prototype d'outil d'aide à la décision individuelle et collective pour une mobilité durable. Rapport final pour le compte du PREDIT.

Bonafous, A., Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N., Péguy, P. Y. et Puech, F. (2011). MOSART et le projet PLAINSUD : une plate-forme de modélisation et simulation de l'accessibilité pour l'aide à la décision et l'aménagement du territoire. In Antoni J.P. (dir), *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*, Economica, Paris, p 186-210.

Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development : theory, method, applications*. International institute for sustainable development, 125 p.

Boulding, K. E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. In Jarrett, H. (Ed.), *Environmental quality in a growing economy*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

- Boutaud, A.** (2002) Développement durable : quelques vérités embarrassantes. *Economie et Humanisme*, 363, 4-6.
- Boutaud, A.** (2005). Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement ? : bilan et analyse des outils d'évaluation des politiques publiques locales en matière de développement durable en France : de l'émergence d'un changement dans les modes de faire au défi d'un changement dans les modes de penser . Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne ; Université Jean Monnet-Saint-Etienne.
- Boutaud, A.** (2010). Les indicateurs de développement durable à l'échelle des territoires. In Zuindeau B.(éd.), *Développement durable et territoire*, Villeuneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, collection Environnement et Société, 83-94.
- Brodhag, C., Breuil, F., Gondran, N. et Ossam a, F.** (2004). Dictionnaire du développement durable. AFNOR, 283p.
- Brunel, S.** (2004). *Le développement durable*. Paris, PUF, collection Que-sais-je.
- Brunet, R.** (1969). Le quartier rural, structure régionale. *Revue de Géographie des Pyrénées et du sud-ouest*, 40(1), 81-100.
- Bruntland, G. H.** (1987). Notre Avenir à Tous, rapport de la commission mondiale sur l'Environnement et le Développement. Rapport technique. Paris, Les Editions du Fleuve, 432 p. **Burgess, E.,W.** (1925). The growth of the city : An introduction to a research project. In Park, R.E., Burgess, E.W. and Mackenzie, R.D., *The city*, Chicago, Chicago Universited Press.
- Burnouf, J.** (2013). Héritages et temporalités croisées : les sociétés et les milieux dans la longue durée. In Vivien, F. D., Lepart, J. et Marty, P., *L'évaluation de la durabilité*, Clermont-Ferrand, Quae. ed, Indisciplines, p 69-80.
- Calame, P.** (2002). *Fonder la gouvernance européenne sur le principe de subsidiarité active*. Fondation Charles Léopold Mayer, 4 p.
- Calame, P. et Talmant, A.** (1997). *L'Etat au coeur, le Mécano de la gouvernance*. Desclée de Brouwer, 212 p.
- Callon, M.** (1986). Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'année sociologique*, 36, 169-208.
- Callon, M.** (dir.) (1989). *La science et ses réseaux : genèse et circulation des faits scientifiques*. Paris, La Découverte, 214 p.
- Calthorpe, P.** (1993). *The Next American Metropolis : Ecology, Community, and the American Dream*. Princeton architectural press, 176 p.
- Campagna, M.** (2004). *Le tecnologia dell'informazione spaziale per il governo dei processi insediativi*. Milano, Franco Angeli, 176 p.

- Campagna, M.** (2016). Metaplaning : About designing the Geodesign process. *Landscape and Urban Planning*, 156, 118-128.
- Campagna, M., Ivanov, K. et Massa, P.** (2014). Orchestrating the spatial planning process : from Business Process Management to 2nd generation Planning Support Systems. 8th International Conference INPUT - Naples, 4-6 June 2014.
- Campbell, H.** (1997) Institutional Consequences of the Use of GIS . *In* Longley P., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., *Geographical Information Systems : Principles, Techniques, Applications*, New York : John Wiley et Sons, 517 p.
- Cans, C.** (2009). Avant-propos. *In* Cans C. (dir.), *La Responsabilité environnementale : prévention, imputation, réparation*. Paris, Dalloz (Ed.), 2009, p. 15-20.
- Casanova, P., Koltchanov, V., Legout, M., Martineau, Y., Faburel, G., Frankhauser, P., Raux, C., Routhier, J.-L. et Wiel, M.** (2005). Plateforme de simulation pour l'étude prospective de la mobilité urbaine des agglomérations françaises et européennes : MobiSim SMA - Rapport de recherche. ATN, Paris.
- Chakhar, S.** (2006). Cartographie décisionnelle multicritère : Formalisation et implémentation informatique. Thèse de doctorat, Université de Paris Dauphine - D.F.R. Sciences des organisations.
- Charbonneau, B.** (1973). *Le système et le chaos : critique du développement exponentiel*. Paris, Anthropos, 292 p.
- Charbonneau, B.** (1980). *Le feu vert : auto-critique du mouvement écologique*. Paris, Karthala, 213 p.
- Choay, F.** (1965). *L'urbanisme. Utopies et relités*. Paris, Le Seuil, 447 p.
- Christaller, W.** (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Iéna, Fischer
- Claval, P., et Claval, F. C.** (1981). *La logique des villes*. Pari, LITEC, 634 p.
- Clément, V.** (2004). Le développement durable, un concept géographique ? , *Géoconfluences*, 3 p.
- Cogerino, L. et Boutaud, A.** (2001) *Le développement durable, une autre politique pour les territoires ? Définition pratique, mise en oeuvre*. RARE, MATE, Caisse des Dépôts, 66 p.
- Combe, H.** (2010). La gouvernance, une impérieuse nécessité pour le développement durable. *In* Zuindeau B.(éd.), *Développement durable et territoire*. Villeuneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, collection Environnement et Société, 491-501.
- Combe, H., Landel, O., et Goxe, A.** (2009). La notation extra-financière : une voie pour l'évaluation des politiques publiques au regard du développement durable ?. *In* Lazzeri, Y.

(dir), *Entreprises, territoires et indicateurs de développement durable*, Paris, L'Harmattan, p 91-126.

Commission des Communautés européennes. (1990). *Livre vert sur l'environnement urbain*, Bruxelles.

Dahl, A.L. (2008). Overview of environmental assessment landscape at national level : State of the environment reporting. Note by the executive director, Nairobi, UNEP.

D.A.T.A.R. (2000). *Aménager la France de 2020. Mettre les territoires en mouvement*. La Documentation Française.

De Bettencourt, J. S., Mandell, M. B., Polzin, S. E., Sauter, V. L. et Schofer, J. L. (1982). Making planning more responsive to its users : the concept of metapanning. *Environment and Planning A*, 14(3), 311-322.

Decamps, M. et Vicard, F. (2010). Mesurer le développement durable : jeux d'indicateurs et enjeux locaux. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, (4), 749-771.

Deleau, M., Nioche, J-P., Penz, P., Poinsard, R. (1986). *Évaluer les politiques publiques : méthodes, déontologie, organisations*. Rapport du groupe de travail « Méthodes d'évaluation des politiques publiques » du Commissariat général du Plan, La Documentation française, 180 p.

Delons, J., Coulombel, N. et Laurent, F. (2008). PIRANDELLO an integrated transport and land-use model for the Paris area. Preprint : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00319087>

Derycke, P.H. (1982). *Économie et planification urbaines - Tome 2 : Théories et modèles*. Paris, Presses Universitaires de France, Collection Themis Sciences Économiques, 412 p.

Deymier, G. et Nicolas, J.P. (2005). *Modèles d'interaction entre transport et urbanisme : état de l'art et choix du modèle pour le projet SIMBAD*. Rapport intermédiaire 1 du projet Simbad SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable, Juillet 2005, Laboratoire d'Économie et des Transports, dans le cadre du PREDIT.

Ding, Y., De Vries, B. et Han, Q. (2014). Measuring regional sustainability by a coordinated development model of economy, society and environment : A case study of Hubei Province. 12th International Conference of Design and decision Support System in Architecture and Urban Planning (DDSS), Eindhoven, 2014.

DIREN PACA. (2008). *La fragmentation des milieux naturels. Tome 1 - État de l'art en matière d'évaluation de la fragmentation des milieux naturels*. Aix-en-Provence, 73 p.

Duncan, O.D. et Duncan, B.(1955). A Methodological Analysis of Segregation Indices. *American Sociological Review*, 41, 210-217.

Durand-Dastès, F. 1969. *Géographie des airs*. Paris, PUF.

- Ehrlich, P. R.** (1968). *The Population Bomb*. New York, Sierra Club, Ballantines.
- Ellul, J.** (1952). Propagande et démocratie. *Revue française de science politique*, 2(3), 474-504.
- Ellul, J.** (1954). *La technique ou l'enjeu du siècle*. Paris, A. Colin, 423 p.
- Emelianoff, C.** (2007). La ville durable : l'hypothèse d'un tournant urbanistique en Europe. *L'Information géographique*, 71(3), 48-65.
- Emelianoff, C.** (2010). La ville durable. In Zuindeau, B (éd.). *Développement durable et territoire*. Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaire du Septentrion, 179-191.
- Emshoff, J. R.** (1978). Planning the process of improving the planning process : A case study in meta-planning. *Management Science*, 24(11), 1095-1108.
- Esnaashari, M. et Meybodi, M. R.** (2017). Dynamic Irregular Cellular Learning Automata. *Journal of Computational Science* (En impression).
- Ferber, J.** (1995). *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*. Paris : Interditions, 522 p.
- Ferretti, V., and Pomarico, S.** (2012). Integrated sustainability assessments : a spatial multicriteria evaluation for siting a waste incinerator plant in the Province of Torino (Italy). *Environment, development and sustainability*, 14(5), 843-867.
- Forrester, J.** (1969). *Urban dynamics*. Cambridge, The MIT Press, 329 p.
- Frank, A.G.** (1969). *Le développement du sous-développement*. Paris, Maspero.
- Frankhauser, P.** (1994). *La fractalité des structures urbaines*. Paris, Anthropos-Economica, 291 p.
- Frankhauser, P.** (2017). La modélisation fractale des tissus urbains. De l'analyse morphologique au concept d'aménagement. In Dupuy, G., *Villes, réseaux et transport : le défi fractal*, Economica, p.73-111.
- Frankhauser, P., Tannier, C., Houot, H. et Vuidel, G.** (2010). Développement urbain fractal sous contraintes d'accessibilités - Modèles et outils d'aide à la décision pour l'aménagement urbain. Rapport PREDIT MUP-City.
- Frémond, M.** (2015). Une approche normative de l'aménagement au Luxembourg : évaluation par la simulation Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.
- Froger, G.** (2006). Gouvernances et développement durable. *Mondes en développement*, 4(136), 140.
- Fujita, M.**(1989). *Urban economic theory*. Cambirdge, Cambridge University Press.

- Gaillard, J.** (1977). *Paris, la ville. 1852-1870*. Paris, Honore Champion, 434 p.
- GDF, COMITE 21.** (non daté). *L'Agenda 21 local en question, 21 approches du développement durable des territoires*. GDF, 21 p.
- Georgescu-Roegen, N., Rens, I. et Grinevald, J.** (1979). *Demain la décroissance : entropie, écologie, économie*. P.-M. Favre.
- Genestier, P.** (2015). Durabilisme et allergie à la critique. In Boissonnade, J., *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Editions Pétra, coll. Pragmatismes , p 141-170.
- Ganassali, S. et Moscarola, J.** (2004). Protocoles d'enquête et efficacité des sondages par Internet. *Décisions marketing*, 63-75.
- Godard, O. et Salles, J. M.** (1991). Entre nature et société. Les jeux de l'irréversibilité dans la construction économique et sociale du champ de l'environnement. In Grenier, J. Y. (1993, March), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, EHESS, p 233-272.
- Goxe, A.** (2010). L'évaluation des politiques territoriales au regard du développement durable. In Boissonnade, J., *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Editions Pétra, coll. Pragmatismes, p 71-81.
- Graillot, D., et Waaub, J. P.** (2006). *Aide à la décision pour l'aménagement du territoire : méthodes et outils*. Information Géographique et Aménagement du Territoire, Paris, Lavoisier, 438 p.
- Guillaume, B.** (2009). Indicateurs de performance dans le secteur public : entre illusion et perversité. *Cités*, 1, 101-109.
- Gwiazdzinski, L.** (2007). Redistribution des cartes dans la ville malléable. *Espace populations sociétés*, 2007 (2/3), 397-410.
- Hagerstrand, T.** (1953). *Innovation diffusion as a spatial process*. Chicago, University of Chicago press.
- Hägerstrand, T.** (1970). What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association*, 24.
- Haggett, P.** (1965). *Locational Analysis in Human Geography*. Londres, Edward Arnold, 339 p.
- Hamman, P.** (2012). *Sociologie urbaine et développement durable*. Bruxelles, DeBoeck, 200 p.
- Hardy, M.** (2011). Simplified integrated transportation and land use modeling to support metropolitan planning decisions : an application and assessment. Thèse de doctorat, George Mason University.

Harris, C.D. et Ullman, E.L. (1945). The nature of cities. *Annals of the American Academy of Political Science*, 242, 7-17.

Hély, V.(2012). Les modèles LUTI : historique, typologie et perspectives. Mémoire de Master 2, Université de Franche-Comté.

Henriet, L. (2000). Systèmes d'évaluation et de classification multicritères pour l'aide à la décision : Construction de modèles et procédures d'affectation . Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine-Paris IX.

Héran, F. (2011). *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*. Paris, Economica, 224 p.

Héran, F. (2015). La ville durable, nouveau modèle urbain ou changement de paradigme ? *Métropolitiques*, 23 mars 2015. URL : <http://www.metropolitiques.eu/La-ville-durable-nouveau-modele.html>

Hirtzel, J. (2015). Exploration prospective des mobilités résidentielles dans une agglomération urbaine au moyen d'un modèle de simulation multi-agents (MOBISIM). Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.

Hoyt, H. (1939) : *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities*. Federal Housing Administration, Washington, DC.

Huff, D. L. (1964) Defining and Estimating a Trading Area. *Journal of Marketing*, 28, 34- 38.

Iacono, M., Levinson, D. et El-Geneidy, A. (2008). Models of Transportation and Land Use Change : A Guide to the Territory. *Journal of Planning Literature*, 22(4), 323-340.

Illich, I. (1973). *La convivialité* . Paris, Seuil, 160 p.

IUCN(en coopération avec WWF and PNUE). (1980). *Stratégie mondiale de la conservation : la conservation des ressources vivantes au service du développement durable*. Gland, Suisse, UICN.

Jacobs, P. et Sadler, B. (1990). *Développement durable et évaluation environnementale : perspectives de planification d'un avenir commun*. Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale.

Jégou, A. (2007). Les géographes français face au développement durable. *L'Information géographique*, 71(3), 19-28.

Joerin, F., Thériault, M., Villeneuve, P. et Bégin, F. (2001b). Une procédure multicritère pour évaluer l'accessibilité aux lieux d'activité. *Revue Internationale de Géomatique*, 11(1), 69-104.

Joliveau, T. (2006). Le rôle des systèmes d'information géographique dans la planifi-

cation territoriale participative. In Graillot, D. et Waaub, J.P., *Aide à la décision pour l'aménagement du territoire. Méthodes et outils*, Information Géographique et Aménagement du Territoire, Paris, Lavoisier, 438 p.

Jurdant, M. (1984). *Le défi écologiste*. Boréal Compact, 432 p.

Kaplan, R. et Kaplan, S. (1989). *The experience of nature : A psychological perspective*. New York, Cambridge University Press.

Keeble, J. J., Topiol, S. et Berkeley, S. (2003). *Using indicators to measure sustainability performance at a corporate and project level*. Journal of Business Ethics, 44(2), 149-158.

Keeney, R.L. (1980). **Siting Energy Facilities**. Academic Press, New York, 413 p.

Klosterman, R.E. (2012). Commentary : Simple and complex model. *Environment and Planning B : Planning and Design* 39(1), 1-6.

Lacoste, Y. (1976). L'escamotage du problème capital des échelles, c'est-à-dire de la différenciation des niveaux d'analyse , in *Lacoste Y., La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*, Maspero, p. 61-72.

Lafargue, P. (1880). *Le droit à la paresse*. Paris

Lafferty, W.L. (éd.) (2001). *Sustainable communities in Europe*. London, Earthscan.

Laganier, R., Villalba, B., Zuindeau, B. (2002). Le développement durable face au territoire : éléments pour une recherche pluridisciplinaire. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, (Dossier 1)*.

Latouche, S. (2007). *Petit traité de la décroissance sereine*. Paris, Mille et une nuits, 173 p.

Latouche, S. (2010). La décroissance est-elle la solution de la crise ? *Écologie et politique*, (2), 51-61.

Lautso, K., Spiekerman, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R. et Gayda, S. (2004). *PROPOLIS, Final report*. DG Research, 368 p.

Lazzeri, Y. (dir.) (2006). Les indicateurs territoriaux de développement durable : expériences et questionnements. Paris, L'Harmattan., 322 p.

Lazzeri, Y. et Planque, B. (2007). *Elaboration d'indicateurs pour un système de suivi-évaluation du développement durable*. Programme de recherches Politiques Territoriales et Développement Durable, PUCA.

Lee, D.B. (1994). Retrospective on large-scale urban models. *Journal of the American Planning Association*, 60(1), 35-40.

Le Berre, M. (1992). Territoires. In Bailly A.S. et Pumain. D., *Encyclopédie de géographie*, Economica, p 620-621.

Le Corbusier (1941). *Charte d'Athènes*.

Leontief, W. (1966). *Essays in economics : Theories, theorizing, facts, and policies*. Transaction Publishers, 264 p.

Levrel, H., Martin, G., Hay, J., Frascaria-Lacoste, N. et Pioch, S. (2015). *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité*. Quae, 314 p.

L'Hostis, A., Alexandre, E., Appert, M., Araud-Ruyant, C., Basty, M., Biau, G., ... et Durousset, M. J. (2009). Concevoir la ville à partir des gares, Rapport final du Projet Bahn. Ville 2 sur un urbanisme orienté vers le rail, 84 p.

L'Hostis, A., Soulas, C. et Wulfhorst, G. (2013). La ville orientée vers le rail et l'intermodalité. In Brun, G., *Ville et mobilité, nouveaux regards*, Economica, p 115-126.

Lösch, A. (1940). *Die Raumliche Ordnung der Wirtschaft*. Iena, Fischer

Loinger, G. et Spohr, G. (2005). Prospective et planification territoriales : état des lieux et propositions. *Travaux et recherches de Prospective*, 24.

Lourdé, N. (2005). Méthodes pédagogiques et représentation de la compréhension du développement durable : Application à la formation des élèves ingénieurs. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne ; Université Jean Monnet-Saint-Etienne.

Lowry, I.S. (1964). *A model of metropolis*. Santa Monica, CA : Rand Corporation.

MacFadden, D. (1973). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In Zarembka, P. (ed.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press.

Malczewski, J. (2000). On the use of weighted linear combination method in GIS : common and best practice approaches. *Transactions in GIS*, 4, 5-22.

Malczewski J. (2010). Multiple criteria decision analysis and geographic information systems. In Ehrgott, M., Greco, S. et Figueira J.(Eds.), *Trends in multiple criteria decision analysis*, Springer, p 369-395.

Malthus, T. R. (1798). *An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society, with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers*. The Lawbook Exchange, Ltd.

Marechal, J.P. (1996). *L'écologie de marché, un mythe dangereux*. Le Monde Diplomatique, 11 Novembre 1996.

- Marsh, G. P.** (1864). *Man and nature, or physical geography as modified by human action*. London, Sampson Low, Son and martson
- Martel, J.M.** (1999). L'aide multicritère à la décision : Méthodes et applications. CORSS-CRO Annual Conference, Windsor, Ontario, June, 7-9 1999.
- Marx, K.** (1867). *Le Capital, livre premier. Oeuvres. Économie*. T, 1, 535-1406.
- Masson, S.** (2000). Les interactions entre systèmes de transport et systèmes de localisation en milieu urbain et leur modélisation. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Mathian, H. et Piron, M.** (2001). Échelles géographiques et méthodes statistiques multi dimensionnelles. In Sanders L. (dir.), *Modèles en analyse spatiale*. Paris : Hermes Lavoisier, coll. Information géographique et aménagement du territoire, p. 61-104.
- May, A.D., Page, M. et Hull, A.** (2008). Developing a set of decision-support tools for sustainable urban transport in the UK. *Transport Policy*, 15(6), 328–340.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W.** (1972). Rapport sur les limites de la croissance. *Halte à la croissance ?*, Paris, Fayard.
- Merlin, P. et Choay, F.** (1988). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Presses Universitaires de France, 723 p.
- Merlin, P.** (2002). *L'aménagement du territoire*. Presses universitaires de France, 448 p.
- Miller, E., et Salvini, P.** (2000). *The Integrated Land Use, Transportation, Environment (ILUTE), Microsimulation modelling system : Description and current statut*. Université de Toronto, Toronto.
- Miller, H. J., Witlox, F. et Tribby, C. P.** (2013). Developing context-sensitive livability indicators for transportation planning : a measurement framework. *Journal of Transport Geography*, 26, 51-64.
- Mill, J. S.** (1848). Of the stationary state. *Principles of political economy Book IV : Influence of the progress of society*.
- Mitlin, D. et Satterthwaite, D.** (1994). *Cities and sustainable development*. International Institute for Environment and Development, Human Settlements Programme.
- Moine, A.** (2006). Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace géographique*, 35(2), 115-132.
- Moine, A.** (2007). *Le territoire : comment observer un système complexe*. Paris, Harmattan, 181 p.
- Morris, D.** (1982). *Self-reliant cities. Energy and the transformation of urban America*.

San Francisco, Sierra club Books, 250 p.

Munda, G. (2005). Measuring sustainability : a multi-criterion framework. *Environment, Development and Sustainability*, 7(1), 117-134.

Musso, P. (2006). Rétrospective de la prospective territoriale : de la DATAR à la DIACT. *Territoires 2030*, 3, 7-19.

Muxart, T. Vivien, F. D., Villalba, B. et Burnouf, J. (2003). *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*. Paris, Elsevier, 214 p.

Naess, A. (1973). The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. *Inquiry*, 16(1-4), 95-100.

Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S. et Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological economics*, 60(3), 498-508.

Nguyen-Luong, D. (2008). *An integrated land use-transport model for the Paris Region (SIMAURIF) : Ten lessons learned after four years of development*. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France, Paris.

Nguyen Luong D. (2011). SIMAURIF, un modèle dynamique de simulation de l'interaction transport-urbanisation en région Ile de France. In Antoni, J.P. (dir.), 2011, *Modéliser la ville. Formes urbaines et politiques de transports*, Paris, Economica, 438 p.

Nicolas, J.P. (2013). Mobilité quotidienne et développement urbain durable. Habilitation à Diriger des Recherches en Aménagement de l'espace et urbanisme, Université Lumière Lyon 2.

Nicolas, J.P., Bonnel, P., Cabrera, J., Godinot, C., Homocianu, M., Routhier, J.L. (2009). *Simuler les Mobilités pour une Agglomération Durable*. LET, Rapport Final. 211 p.

Nijkamp, P., Lasschuit, P., Soeteman, F. (1992). Sustainable Development in a Regional System. In Breheny M. J. (ed), *Sustainable Development and Urban Form*, 39-66.

OCDE.(2001). *Du bien être des nations : le rôle du capital humain et social*. Paris, 136 p.

OCDE. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide*. OCDE Publishing., 160 p.

Oliveau, S. (2010). Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle. *L'Espace géographique*, 39(1), 51-64.

Olszak, E. (2010). Localisation des activités et développement durable. In Zuindeau B.(éd.), *Développement durable et territoire*. Villeeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, collection Environnement et Société, 155-165.

ONU. (1992). *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. New

York.

ONU. (1992). Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. In *Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement*.

Openshaw, S.O. (1981). Le problème de l'agrégation spatiale en géographie. *L'Espace géographique*, 10(1), 15-24.

Orcutt, G. H. (1961). *Microanalysis of socioeconomic systems*. New York, Harper and Row, 424 p.

Orain, O. (2004). La géographie française face à la notion d'échelle : Une approche par les significations et les contenus épistémologiques. In Robic, M.C., *Echelles et temporalités en géographie*, seconde partie, CNED, p.2-24.

Osborn, F. (1948). *Our Plundered Planet*. Boston, Little Brown.

Park, R.E. (1936). Human ecology. *American Journal of Sociology*.

Parker, M., Fournier, V. et Reedy, P. (2007). *The dictionary of alternatives : Utopianism and organization*. Zed Books, 352 p.

Partidário, M., et Sheate, W. R. (2013). Durabilité et évaluation environnementale stratégique : fusions théoriques et interdisciplinarité. In Vivien, F. D., Lepart, J. et Marty, P., *L'évaluation de la durabilité*, Clermont-Ferrand, Quae. ed, Indisciplines, p 191-213.

Pautard, E. (2015). La rhétorique pédagogique au service de l'acceptabilité sociale. In Boissonnade, J., *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Editions Pétra, coll. Pragmatismes , p 105-140.

Pearce, D., Markandya, A., Barbier, E.B. (1989). *Blueprint for a green economy*. Earthscan, 192 p.

Pecqueur, B., et Zuindeau, B. (2010). Espace, territoire, développement durable. In Zuindeau B.(éd.), *Développement durable et territoire*. Villeuneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, collection Environnement et Société, 49-58.

Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environmental impact assessment review*, 24(6), 595-616.

Popper, K. R., Bernard, J. et Monod, P. (1979). *La société ouverte et ses ennemis, tome 1*. Paris, Le Seuil, 256 p.

Prebisch, R. (1950). *Le développement économique de l'Amérique latine et ses principaux problèmes*. New-York, Nations-Unies.

Pumain, D. (1982). *La dynamique des villes*. Paris, Economica, 231 p.

Pumain, D. (1997). Pour une théorie évolutive des villes. *Espace géographique*, 26(2),

119-134.

Racine, J. B., Raffestin, C. et Ruffy, V. (1980). Echelle et action, contributions à une interprétation du mécanisme de l'échelle dans la pratique de la géographie. *Geographica Helvetica*, 35(5), 87-94.

Rapport PREDIT. (2012). Mobilité dans les régions urbaines. ACCESSLYON.

Reclus, E. (1866). Du sentiment de la nature dans les sociétés modernes, *Revue des Deux-Mondes*, mai.

Reclus, E. (1905). *L'Homme et la Terre*. Librairie universelle.

Richardson, H.W. (1977). On the possibility of positive rent gradients. *Journal of Urban Economics*, 4, 60-68.

Roche, S. et Caron, C. (2004). *Aspects organisationnels des SIG*. Paris, Lavoisier, 313 p.

Rosen, R. (1991). *Life Itself : A Comprehensive Inquiry into Nature, Origin, and Fabrication of Life*. Columbia University Press.

Rossi, P. H. et Howard, E. Freeman. (1982). *Evaluation : A Systematic Approach*. Beverly Hills.

Rostow, W. W. (1960). *The Stages of Economic Growth : A Non-Communist Manifesto*. Cambridge University Press.

Roy, B. (1985). Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision. Paris, Economica, 406 p.

Roy, B. (1990). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. In Bana, C. et Costa, E., (eds), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Berlin, Springer-Verlag, p. 155-183.

Rumpala, Y. (1999). Questions, écologiques, réponses économiques. Les changements dans la régulation publique des problèmes d'environnement au tournant des années 1980 et 1990, une analyse intersectorielle. Thèse de doctorat, Institut d'Etudes Politiques de Paris, 698 p.

Rumpala, Y. (2000). *Voies et ambiguïtés du repositionnement de la régulation publique face au développement durable, esquisses d'analyses à partir du cas français*. Séminaire interdisciplinaire sur le développement durable, Décembre 2000 - Actes et article non publiés, 22 p.

Ruprich-Robert, C., Bencivenga, M. (2002). *Evaluation des politiques publiques : nouveau guide pratique*. Lettre du cadre territorial, 181 p.

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Inc., London.

Sachs, I. (1980). *Stratégies de l'écodéveloppement*. Editions ouvrières, Paris, coll. déve-

loppement et civilisation, 140 p.

Sachs, I. (1999). Une approche du développement durable. 6e rencontres du développement durable, Aix en Provence.

Saujot, M. (2013). Economic analysis and prospective modeling to plan low carbon cities. The case of Grenoble using TRANUS+ model.

Saujot, M., De Lapparent, M., Arnaud, E. et Prados, E. (2015). To make LUTI models operationnal tools for planning. 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM), Cambridge, USA, p 312-319.

Sauter, A. (2011). Evaluation du paysage et politiques publiques : application à l'agglomération de Montbéliard et à la commune de Morez (Franche-Comté). Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.

Sauvé, L. (2007). L'équivoque du développement durable. *Chemin de traverse*, 4, 31-47.

Scott, A. (1985). Economy efficiency in energy use. In Belgrave R., McCornel M. (dir)., *Energy self-sufficiency for the UK ?* Brookfield, Grower Publishing Co., 121-140.

Sharpe, A. (2004). *Literature Review of Frameworks for Macro-indicators*. Centre for the Study of Living Standards, Ottawa, 79 p.

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. et Dikshit, A. K. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological indicators*, 9(2), 189-212.

Sismondi, J.C. (1819), *Nouveaux Principes d'Économie Politique, ou De la richesse dans ses rapports avec la population*. Paris, Delaunay, 454 p.

Sobrie, O., Pirlot, M. et Joerin, F. (2013). Intégration de la méthode d'aide à la décision ELECTRE TRI dans un système d'information géographique open source. *Revue internationale de géomatique*, 23(1), 13-38.

Solow, R. M. (1960). Investment and technical progress. *Mathematical methods in the social sciences*, 1, 48-93.

Sorre, M. (1943). *Les fondements biologiques de la géographie humaine (Vol. 1)*. Paris, A. Colin., 440p.

Steinitz, C. (2012). *A Framework for Geodesign. Changing Geography by Design*. Esri Press, Redlands

Stoddart, W. (1968). *Cultural Ecology*. New York, McMillan and the Free Press.

Stufflebeam, D. L. (1980). *L'évaluation en éducation et la prise de décision*. Éditions NHP, 464p.

Talen, E. (2000). New Urbanism and the Culture of Criticism. *Urban Geography*, 21(4), 318–341.

Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J. F. and Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities : An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, 10(2), 407-418.

Tannier, C. (2000). Les localisations commerciales de détail en milieu urbain : mieux connaitre par la modélisation pour mieux aménager. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.

Tempo territorial. (2016). *Prendre en compte le temps dans l'aménagement. Guide pratique.* Publié à l'occasion du séminaire Temps et Aménagement à Rennes le 13 décembre 2016.

Tenzer, N. (2000). De quelques paradoxes de l'action dans les démocraties modernes. In Heurgon E., et Landrieu J., *Prospective pour une gouvernance démocratique.* L'Aube, 379 p.

Theys, J. (2002). La Gouvernance, entre innovation et impuissance. Le cas de l'environnement. *Développement durable et territoires. (Dossier 2).*

Theys, J., Emelianoff, C. (2001). Les contradictions de la ville durable. *Le Débat* 2001/1, 113, 122-135.

Timmermans, H. (2003). The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling : How Many More Dreams Before We Wake Up? Conference keynote speaker, 10th International Conference on Travel Behaviour Research Lucerne, 10-15. August 2003.

Timmermans, H. (2006). Modeling land use and transportation dynamics : Methodological issues, state of art, and application in developing countries. *Discussion paper series*, 6-2006.

Tobler, W. R. (1979). Cellular geography. In Ley, D., *Philosophy in geography*, Springer Netherlands, p. 379-386.

Turner, R.K. (1992). *Speculations on Weak and Strong Sustainability*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University of East Anglia and University College London.

Tomlinson, R. (1968). *A Geographic Information System for regional planning.*

Tricart, J. (1952). *La géomorphologie et la notion d'échelle.* Revue de Géomorphologie dynamique, 5(5), 213-218

Tsayem Demaze, M. (2009). Paradoxes conceptuels du développement durable et nouvelles initiatives de coopération Nord-Sud : le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) . *Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 443, mis en ligne le 20 mars 2009.*

- Van den Hove, S.** (2001). Approches participatives pour la gouvernance en matière de développement durable : une analyse en termes d'effets. *Gouvernance et développement durable, Bâle/Genève/Munich, Helbing et Lichtenhahn*, 53-89.
- Vanpeene-Bruhier, S., Pissard, P. A. et Kopf, M.** (2013). Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales ?. *Développement durable et territoires.*, 4(1).
- Verry, D., Kuscha, D., Nicolas, J.P.** (2017). Vulnérabilité énergétique et mobilité quotidiennes : quelle mesure ? *Revue THEMA, CCGD*, 18-25.
- Verry, D. et Nicolas, J. P.** (2005). Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD. Rapport du Laboratoire d'Économie des Transports pour le compte de la DRAST (Ministère de l'Équipement) et de l'ADEME. Paris.
- Veyret, Y.** (2005). *Le développement durable : approches plurielles*. Paris, Hatier, coll. Initial, 288 p.
- Villalba, B., Goxe, A. et Lipovac, J. C.** (2005). Évaluer le développement durable : enjeux, méthodes, démarches d'acteurs. Compte-rendu de la journée d'étude du 3 novembre 2005, Lille. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie.
- Vincke, P.** (1989). *L'aide multicritère à la décision*. Bruxelles, Ed. de l'université de bruxelles, 169 p.
- Viveret, P.** (1989). *L'évaluation des politiques et des actions publiques. Propositions en vue de l'évaluation du Revenu Minimum d'Insertion*. Rapport au premier Ministre, La Documentation française, Collection Rapports officiels, 193 p.
- Viveret, P.** (2003). *L'homme indifférent aux risques écologiques*. Le Monde, 19 avril 2003.
- Vivien, F. D., Lepart, J. et Marty, P.** (2013). *L'évaluation de la durabilité*. Clermont-Ferrand, Quae. ed, Indisciplines, 268 p.
- Waddell, P.** (2005). *Building an Integrated Model : Some Guidance*. Presented at TRB Workshop 162 on Integrated Land Use-Transport Models, Washington D.C.
- Waddell, P.** (2011). Integrated land use and transportation planning and modeling : addressing challenges in research and practice. *Transport Reviews*, 31(2), 209–229.
- Wegener, M.** (1985). The Dortmund housing market model A Monte Carlo simulation of a regional housing market. *Microeconomic Models of Housing Markets*, 239, 144– 191.
- Wegener, M.** (1994). Current and future land use models. Conference Université de Dortmund, Dortmund.

Wegener, M. (2004). Overview of land-use transport models. *In* Hensher, D. A. et Button, K., (eds), *Transport Geography and Spatial Systems - Handbook in Transport*, Pergamon, Kidlington, p 127-146.

Wegener, M. (2011) : From Macro to Micro—How Much Micro is too Much? *Transport Reviews*, 31(2), 161-177.

Wegener, W. et Fürst, F. (1999). *Land use transport interaction : state of the art*. TRANSLAND, IRPUD, 119p.

White, R., Engelen, G. et Uljee, I. (1997). The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics. *Environment and Planning B : Planning and Design*, 24(3), 323-343.

Wilson, A.G. (1970). *Entropy in urban and regional modelling*. Pion, London, 174 p.

Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213-3, 179-190.

Zhou, P. et Ang, B.W. (2008). Indicators for assessing sustainability performance. *In* : Misra, K.B. (Ed.), *Handbook of Performability Engineering*, London, Springer Verlag, p. 905–918.

Zuindeau, B. (1994). La (les) théorie (s) du développement soutenable : quel apport pour l'analyse du développement économique régional? *Revue d'économie régionale et urbaine*, 4, 607-622.

Zuindeau, B. (2000). La durabilité : essai de positionnement épistémologique du concept. *In* Zuindeau B. (dir.) (2000), *Développement durable et territoires*. Presses universitaires du Septentrion, p 27-69.

Zuindeau, B. (ed) (2010). *Développement durable et territoire*. Presses universitaires, Septentrion, 518 p.

Table des matières

Remerciements	6
Introduction générale	9
I Aménager durablement : le besoin d'une vision d'ensemble	17
1 Concilier aménagement et développement durable	21
1.1 Le développement durable : un concept flou	21
1.1.1 Aux sources des préoccupations : la révolution industrielle . . .	22
1.1.2 Du tout-développement au développement durable	27
1.2 L'aménagement : des politiques au défi de la durabilité	35
1.2.1 La « consécration » du développement durable	35
1.2.2 La place de la ville dans les politiques « durables »	40
1.3 La bonne gouvernance : un objectif difficile	46
1.3.1 Rio + 20 : bilan mitigé et remises en question	46
1.3.2 L'enjeu de la gouvernance et de la prise de décision	52
2 Évaluer la durabilité de l'aménagement	61
2.1 L'évaluation : un principe essentiel	62
2.1.1 Concept et historique	62
2.1.2 Développement durable et évaluation	67
2.2 La modélisation : un outil pour la planification	74
2.2.1 Prospective et modélisation	74
2.2.2 Un outil fondamental : la modélisation LUTI	81
2.3 L'application : une étape délicate	87
2.3.1 Bilan critique de l'opérationnalité des LUTI	89
2.3.2 Tentatives d'innovations méthodologiques	94

II Évaluer et modéliser l'aménagement : état de l'art et proposition méthodologique 103

3 Les indicateurs : des outils incontournables 107

- 3.1 Une approche théorique complexe 107
 - 3.1.1 Définition et élaboration 108
 - 3.1.2 Enjeux pour le développement durable 112
 - 3.1.3 Comment synthétiser? 118
- 3.2 État des lieux méthodologique 123
 - 3.2.1 Complexité des ensembles d'indicateurs 123
 - 3.2.2 Réflexions sur la synthétisation 128
 - 3.2.3 Création d'indicateurs synthétiques 132
- 3.3 Critiques et questionnements 138
 - 3.3.1 Limites : quelle lecture du Développement Durable? 138
 - 3.3.2 Pondération et mesures compensatoires 143

4 Proposition d'une méthodologie 151

- 4.1 Données et outils : MobiSim... 151
 - 4.1.1 Historique et spécificités 152
 - 4.1.2 Un outil développé pour l'aide à la décision 157
 - 4.1.3 Sélection de neuf indicateurs 161
- 4.2 ...pour un processus méthodologique... 167
 - 4.2.1 Présentation du processus 167
 - 4.2.2 Évaluation et pondération 172
 - 4.2.3 Agrégation et combinaison 175
- 4.3 ... calibré et validé par une démarche participative 179
 - 4.3.1 Besoin d'avis 179
 - 4.3.2 Recours à l'enquête 183
 - 4.3.3 Détails de l'enquête 188

III Penser l'aménagement : à la recherche de l'équilibre 197

5 Analyse des résultats 201

- 5.1 Analyse des enquêtes 201
 - 5.1.1 Bilan de l'enquête 201
 - 5.1.2 Des choix intuitifs confirmés par l'enquête 205

5.1.3	Une tendance nette à l'uniformité des réponses	209
5.2	Évaluation du territoire	213
5.2.1	Résultats des traitements	213
5.2.2	Résultats globaux : Des variations limitées	221
5.2.3	Un outil d'analyse de l'espace	225
6	Interprétation et discussion	231
6.1	Les enjeux de l'échelle	231
6.1.1	Observations selon l'échelle	232
6.1.2	Des interprétations contradictoires	239
6.2	Questions d'équilibres	247
6.2.1	Équilibre territorial	248
6.2.2	Équilibre temporel	256
	Conclusion générale	268
	Bibliographie	274

Table des figures

1	Cheminement de la thèse	16
1.1	Origines conceptuelles du développement durable	34
1.2	Trois sphères du développement durable, d'après Jacob et Sadler (1990)	37
1.3	Le développement durable, point de passage obligé, d'après Rumpala, 2000	55
2.1	D'une approche normative générale à une approche collaborative territorialisée, étapes et complémentarités d'un processus d'évaluation	72
2.2	Boucle de rétroaction transports et usages des sols, d'après Wegener (1994)	81
2.3	Cadre conceptuel et théorique des modèles LUTI, d'après Waddell, 2005	83
2.4	Arborescence type d'un OQADD, d'après Boutaud A. (grille SGAR Franche-Comté, revue par Defever C. et Mahjoub M.)	97
2.5	Déroulement chronologique d'une « démarche type » de conception d'un OQADD : de l'outil technique à l'engagement politique, d'après Boutaud, 2005.	98
3.1	La production d'indicateurs	109
3.2	Les grilles d'indicateurs, des outils utiles mais qui manquent d'informations synthétiques	113
3.3	Typologie des indicateurs et publics privilégiés, d'après Boutaud, 2010	114
3.4	Framework for sustainability assessment tools, d'après Ness et al., 2007	124
3.5	Classification et proportion des 29 indicateurs retenus par rapport aux 188 indicateurs initiaux, d'après Tanguay et al, 2009	126
3.6	The 69 indicators and their link to the four key sustainable development questions, d'après Arthur D. Little, 2003	127
3.7	L'importance des choix dans le processus de décision	130

3.8	Méthodologie de calcul d'indicateurs synthétiques, d'après OCDE, 2002	131
3.9	Conceptual foundation of multidimensional indicators, d'après Miller et al., 2013	135
3.10	Evaluation framework of coordinated development d'après Ding et al., 2014	138
3.11	Schématisation des approches de durabilité forte et de durabilité faible, d'après Lourdel, 2005	140
3.12	Diversité des positionnement dans la manière d'appréhender le sphères (1) (d'après Lourdel, 2005)	141
3.13	Diversité des positionnements dans la manière d'appréhender les sphères (2) (d'après Lourdel, 2005).	142
3.14	Essai de typologie des approches du développement durable : échelle de perception, d'après Boutaud, 2005	142
4.1	Connexion et interdépendance des étapes de modélisation dans MobiSim, d'après Antoni, 2010	156
4.2	Résumé du processus de production d'indicateurs à partir de MobiSim	158
4.3	Les 10 indicateurs retenus dans le projet Vilmodes, d'après Antoni et al. (2014)	159
4.4	Proposition d'un processus méthodologique	169
4.5	Evaluation graduelle	172
4.6	Tests théoriques d'évaluation des indicateurs selon différents seuils . .	173
4.7	évaluation arbitraire des indicateurs choisis	174
4.8	Processus théorique d'agrégation et de combinaison	176
4.9	Niveaux de combinaisons	177
4.10	Aire d'étude du Grand Besançon	178
4.11	Exemple d'une matrice de comparaison pour la pondération des indicateurs de la sphère sociale	182
4.12	Protocole d'enquête et efficacité, d'après Ganassali et Moscarola, 2002)	184
4.13	Capture d'écran de l'interface du logiciel LimeSurvey (phase de conception des questions)	187
4.14	Page de présentation de l'enquête	189
4.15	Enquête : tableau de classification des indicateurs	190
4.16	Enquêtes : exemple de question relative à la pondération	191
5.1	Classification des indicateurs par sphère	205
5.2	Pondération intra-sphère des indicateurs	206

5.3	Poids des sphères selon le type d'espaces	207
5.4	Ecart-type et rapport à la moyenne pour la pondération selon la CSP	211
5.5	Ecart-type et rapport à la moyenne selon la CSP pour l'importance du poids des sphères	212
5.6	Etapes de réalisation d'indicateur synthétique sur le territoire de la CAGB, sphère sociale	214
5.7	Evaluation des indicateurs : cartographie	216
5.8	Indicateurs synthétiques produits selon une méthode d'agrégation par moyenne arithmétique ou géométrique	217
5.9	Répartition des cellules selon leur indicateur synthétique	218
5.10	Indicateurs synthétiques de la sphère environnementale selon la pon- dération	219
5.11	Indicateur synthétique économique selon la pondération	220
5.12	Indicateur synthétique social selon la pondération	220
5.13	Evaluation de la durabilité du territoire de la CAGB	221
5.14	Résultats finaux selon différentes configurations	224
5.15	Différents niveaux de combinaisons	226
6.1	Différentes échelles	233
6.2	Changements d'échelle	238
6.3	Photographie aérienne de l'exemple 1	240
6.4	Exemple 1 : localisation cartographique	241
6.5	Photo aérienne de l'exemple 2	242
6.6	Exemple 2 : localisation cartographique	243
6.7	Exemple 3 : photographie aérienne	244
6.8	Exemple 3 : localisation cartographique	246
6.9	Exemple théorique sur les différentes échelles nécessaires à la prise de décision	255
6.10	Metaplan pour l'aménagement du territoire	263
6.11	Structuration du plan de la thèse	269

Liste des tableaux

2.1	Caractéristiques structurelles des modèles LUTI	88
2.2	Actualisation et opérationnalité des modèles LUTI	90
5.1	Profil des répondants par âge	202
5.2	Profil des répondants par catégories socio-professionnelles	202
5.3	Profil des répondants travaillant dans le domaine de l'aménagement	203
5.4	Espace de domiciliation et de lieu de travail des répondants	203
5.5	Proximité politique des répondants	204
5.6	Moyennes des pondérations	208
5.7	Moyennes de l'importance accordée aux sphères selon le type d'espace	208
5.8	Pondération des indicateurs économiques selon l'âge	210
5.9	Pondération des indicateurs économiques selon la CSP	211
5.10	Importance des sphères en zone rurale, selon l'âge	212
5.11	Proportion de cellules de chaque catégories selon le choix de pondération	225
6.1	Performances du territoire à différentes échelles	234
6.2	Composition des cellules de l'exemple 1	240
6.3	Composition des cellules de l'exemple 2	244
6.4	Composition des cellules de l'exemple 3	245

ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DE LA DURABILITÉ DES TERRITOIRES.

FORCES ET FAIBLESSES DE LA MODÉLISATION DANS LE PROCESSUS D'AMÉNAGEMENT

Mots clés : *Aménagement et planification, évaluation, modélisation, aide à la décision, durabilité.*

Résumé : Ce travail de thèse s'inscrit autour des enjeux visant à évaluer les impacts des décisions d'aménagement à l'aune des impératifs de développement durable. Au-delà du flou se dégageant souvent de ce concept, il s'agit ici de conduire une réflexion sur un meilleur équilibre à trouver entre les trois sphères généralement identifiées comme piliers du développement durable : l'économique, le social et l'environnemental. L'objectif s'inscrit dans la réflexion suivante : comment évaluer les impacts des politiques d'aménagement dans chacune de ces trois sphères, et quelles conclusions en tirer ? Le but est ici d'apporter des éléments de réponse en évaluant la performance des territoires étudiés dans ces trois sphères du développement durable. Pour cela, le travail s'appuie sur les sorties des modèles de simulation (ici, le modèle MobiSim développé au sein du laboratoire ThéMA) et la production d'indicateurs synthétiques permettant une analyse et une évaluation lisible de l'espace.

La combinaison de ces indicateurs synthétiques permet de visualiser et d'analyser la durabilité du territoire étudié et d'en déduire les mesures appropriées à mettre en oeuvre en vue d'assurer une politique de développement durable. Il s'agit ainsi de mettre en perspective la méthodologie et les résultats obtenus dans une vision globale, cherchant à établir par l'équilibre entre les trois sphères une harmonie qui permette de satisfaire aux objectifs d'une politique guidée par les impératifs liés au concept de développement durable hérités du rapport Brundtland. Une approche critique de ce concept et une analyse des jeux d'acteurs d'un territoire sont ici conduits de manière à pouvoir implémenter les travaux de recherche scientifique au sein d'un processus de décision. L'enjeu est ainsi de permettre aux résultats des travaux de recherche basés sur les outils de modélisation de pouvoir trouver une issue plus concrète et plus opérationnelle.

SYNTHETIC EVALUATION OF TERRITORIAL SUSTAINABILITY.

STRENGTHS AND WEAKNESSES OF MODELING IN THE PLANNING PROCESS

Keywords : *Planning, evaluation, modeling, decision support, sustainability*

Abstract : This thesis work is based on issues aimed at assessing the impacts of planning decisions in the light of the imperatives of sustainable development. Beyond the vagueness that often emerges from this concept, the aim here is to reflect on a better balance to be found between the three fields generally identified as pillars of sustainable development: the economic, the social and the environmental. The objective is part of the following reflection: how to evaluate the impacts of management policies in each of these three pillars, and what conclusions to draw from them? The aim here is to provide answers by assessing the performance of the territories studied in these three pillars of sustainable development. For this, the work relies on the outputs of the simulation models (here, the MobiSim model developed within the ThéMA laboratory) and the production of synthetic indicators allowing analysis and a readable evaluation of the space.

The combination of these synthetic indicators makes it possible to visualize and analyze the sustainability of the territory studied and to deduce the appropriate measures to implement in order to ensure a sustainable development policy. It is thus a question of putting in perspective the methodology and the results obtained in a global vision, seeking to establish by the balance between the three spheres a harmony which makes it possible to satisfy the objectives of a policy guided by the imperatives related to the sustainable development concept inherited from the Brundtland report. A critical approach to this concept and an analysis of the games of actors of a territory are conducted here in order to implement the scientific research work within a decision process. The challenge is to enable results of research work based on modeling tools to be able to find a more concrete and more operational outcome.