



Questions sur les modèles

François Durand-Dastès

► To cite this version:

| François Durand-Dastès. Questions sur les modèles. Géopoint, 1993, pp.9-17. hal-02460631

HAL Id: hal-02460631

<https://hal.science/hal-02460631>

Submitted on 6 Feb 2020

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.

Questions sur les modèles

L'un des buts des *Géopoint* est de faire en commun le bilan de certaines innovations introduites dans la pratique de la géographie dans les dernières décennies, auxquelles les membres du groupe Dupont et ceux qui dialoguent habituellement avec eux sont attachés. Dans cette perspective, il s'agit ici de présenter quelques réflexions préliminaires sur l'utilisation des modèles, de poser quelques questions et de cerner leurs limites. Des contributions intéressantes ont été envoyées avant cette réunion ; on n'en trouvera pas ici le résumé, puisqu'elles sont publiées dans le volume de compte rendus, et que c'est dans les ateliers qu'elles sont discutées.

Je vais donc me contenter d'introduire la discussion, de chercher à justifier le choix du thème de cette réunion, et de présenter quelques réflexions sur un bilan possible de la modélisation en géographie.

Les modèles : de quoi s'agit-il ?

Il me semble qu'on peut classer un certain nombre de notions sur une échelle de généralité croissante, où celle de modèle vient s'insérer en compagnie de notions voisines, avec lesquelles elle ne devrait pas être confondue.

- Le concept définit un objet, par son appartenance à une classe, et par sa différence spécifique à l'intérieur de cette classe
- Le type idéal, une abstraction de la réalité qui cherche à en extraire les traits les plus caractéristiques, se rapproche du modèle par cette démarche ; mais il concerne davantage un objet qu'un processus ou qu'une série de processus
- Le modèle est une représentation schématique de la réalité élaborée en vue de l'expliquer, ou encore de la comprendre et de la faire comprendre. Il a donc une double finalité, heuristique et didactique. Il englobe des objets et les processus qui lui donnent naissance
- La théorie est un ensemble de propositions cohérentes entre elles, liées à une conception du monde. Elle englobe des concepts et des modèles qui lui sont propres, mais ne se confond pas avec eux. Comme l'écrit Suppes, « *une réalisation possible dans laquelle les énoncés valides d'une théorie T est un modèle de T* »
- Le paradigme, du moins au sens que Th. Kuhn a donné à ce terme, d'un emploi très courant, est, selon cet auteur, « *une constellation complète de convictions, de techniques, de valeurs, partagées par les membres d'une communauté scientifique* ». Comme la théorie, il englobe ou peut englober plusieurs modèles ; peut-être aussi différentes théories.

Si l'on accepte cette gradation, on devrait éviter de promener en quelque sorte le terme de modèle vers le haut (le plus général), ou vers le bas (le moins général). C'est pourtant ce que l'on fait souvent, à tort selon moi, en parlant par exemple de « théorie » des lieux centraux, alors que Christaller a en fait présenté un modèle, inséré dans la théorie de l'économie libérale, ou, en sens inverse, en distinguant mal le modèle du type idéal ou du concept. Ce sont peut-être là des péchés véniels, mais on gagnerait en clarté en essayant d'éviter de les commettre. Cela sans doute d'autant plus que le champ de la modélisation, même ainsi délimité, reste large et varié.

Quatre critères de différenciation

La forme, le mode de construction, les caractères opératoires, se combinent pour produire une grande variété de modèles ; cette différenciation peut être organisée à partir de quatre critères.

Les langages

Les modèles s'expriment à l'aide de modes de formalisation que l'on peut ranger par ordre d'abstraction croissante. Les modèles physiques, « modèles réduits », maquettes, utilisés pour bien des essais et simulations, reposent avant tout sur un changement d'échelle et une simplification d'objets réels, ils ont une réalité physique, ce sont des objets concrets, même si leur construction suppose un vrai travail d'abstraction, sensible dans les transpositions spatio-temporelles : il y a loin, par exemple, d'une digue de mer à son modèle réduit.

Le langage verbo-conceptuel, dont l'utilisation pour exposer un modèle est possible, bien que difficile, introduit évidemment dans une autre sphère, d'où l'objet matériel, concret, est exclu ; il représente un saut très net vers l'abstraction.

Un pas de plus est franchi avec les modèles-images, modèles « iconiques », si l'on préfère, qui atteignent un degré supérieur dans l'échelle de l'abstraction : quoi qu'on puisse penser au premier abord, l'image est souvent moins directement évocatrice du réel que le mot. Parmi les modèles iconiques, on peut citer évidemment les « cartes-modèles », qui simplifient les formes, mettent en évidence les interactions spatiales, généralisent les structures spatiales, ajoutant ainsi encore de l'abstraction à celle qui est inhérente à la fabrication de toute carte, et que l'on aurait tort d'oublier, comme on le fait trop souvent. Les schémas de relations, qui prennent souvent la forme de graphes sagittaux, rendent explicite ce que les cartes-modèles laissent souvent à l'état implicite. Encore faut-il distinguer les schémas de flux, comme ceux dont a fait usage Forrester, et qui a servi à bâtir quelques modèles spatiaux assez connus¹, des schémas logiques, où les relations ne sont plus des déplacements matériels, mais des processus, des liens de cause à effet, et dont la description peut être complétée par l'inclusion de médiations, sous forme de boîtes claires ou noires (AURIAC, DURAND-DASTES, 1981).

¹ Voir par exemple de modèle AMORAL élaboré par nos collègues de Grenoble.

Du point de vue du langage, et de ce seul point de vue, comme nous le verrons, l'expression mathématique des modèles par une ou plusieurs équations, atteint le plus haut degré d'abstraction. Il varie sans doute d'ailleurs suivant le type de relation envisagée : il y a une différence certaine entre le modèle de Von Thünen, qui repose sur une seule équation, linéaire de surcroît, et toutes les constructions qui utilisent des ensembles d'équations différentielles non linéaires dont la multiplication actuelle reflète l'inventivité des chercheurs. Celle-ci se manifeste aussi par l'utilisation de procédures informatiques qui permettent de construire des modèles à partir du jeu de règles, traduites ou non par des équations. Je n'en dirai pas plus sur ce point, car F. Reichenmann en parle beaucoup plus savamment que je ne saurais le faire dans son intervention.

Le mode de construction

Les modèles sont des constructions intellectuelles, il est à peine besoin de le rappeler. Malgré certaines affirmations contraires, on peut considérer qu'ils prennent tous pour base de départ à la fois des observations empiriques et des réflexions *a priori*, souvent théoriques, des analogies et des transferts d'une science à une autre : la « nomadisation » dont parle I. Stengers est une des bases de l'élaboration des modèles. À cet égard, l'un des premiers, sinon le premier, des modèles spatiaux, celui de Von Thünen, paraît bien avoir été élaboré à la fois par la prise en considération de problèmes posés par la gestion de son exploitation, donc à partir d'observations pratiques faites par un hobereau du Necklembourg, et par le désir qui était venu à ce grand lecteur d'appliquer en la transposant la théorie de la rente de Ricardo. Ceci dit, il semble que les parts respectives de l'observation contrôlée et de la réflexion/analogie varient considérablement d'une famille de modèles à une autre. L'opposition commode entre modèles « descriptifs » et modèles « conceptuels » reflète ces différences. Pour des raisons qui viennent d'être évoquées, cette opposition devrait être nuancée. Il n'en reste pas moins que les modèles incorporent plus ou moins d'hypothèses *a priori*, et des hypothèses plus ou moins fortes. Ceci est vrai tout particulièrement des modèles exprimés en langage mathématique. Certains relèvent nettement du domaine des modèles descriptifs ; ils sont des modèles dans la mesure où ils sont bien des représentations schématiques de la réalité, mais ils n'incorporent pas de jeu d'hypothèses fortes quand au contenu des relations. Celles-ci sont qualifiées par référence à la structure mathématique de la relation, que les statisticiens qualifient volontiers de « modèle ». Il est légitime de parler de « modèle linéaire » ou de « modèle Logit », selon que l'on fasse référence à une relation linéaire ou à une loi de probabilité logistique, mais dans les deux cas, on ne sort pas du domaine de ce qu'on pourrait appeler la « description affinée ». Au contraire, des modèles comme celui de P. Allen ou de Wilson font référence à des notions comme celles de la base économique, à celle de système aussi ; on est, avec eux, très loin de la mise en forme de séries d'observations empiriques (SANDERS, 1992).

Des séries d'oppositions binaires

Si, pour ce qui est des langages et des modes d'élaboration, les modèles peuvent être rangés selon des gradations en fonction d'une abstraction croissante, on peut aussi les classer, d'un point de vue à la fois technique et conceptuel, selon une série d'oppositions binaires, dont trois paraissent essentielles.

Opposition, d'abord entre modèles agrégés et désagrégés. Les premiers mettent en relation des groupes d'individus - des agrégats - et décrivent des comportements collectifs, comme la tendance pour les prestataires de services de Christaller à porter au maximum leurs profits en portant au minimum la concurrence. Dans bien des modèles mathématiques, des paramètres des équations sont présentés comme des évaluations de ces comportements collectifs : à tout seigneur, tout honneur, c'est le cas de l'exposant de la distance dans les relations de type gravitaire incorporées dans la plupart des modèles spatiaux, qui traduit la « sensibilité » collective des acteurs à la distance. Les modèles désagrégés au contraire partent des comportements individuels et tentent d'en tirer des conclusions sur les structures et leur évolution. On pourrait avancer que, pour le moment au moins, les modèles désagrégés se classent plutôt du côté des modèles descriptifs, ce qui n'enlève d'ailleurs rien à leur utilité. Très souvent en effet, les « choix » des individus sont mis en relation avec leurs caractéristiques propres, puis on extrapole de la fréquence de ces choix à la modification des structures. Les « *housing studies* » qui ont beaucoup retenu l'attention des géographes néerlandais offrent un assez bel exemple de cette procédure.

Une deuxième opposition sépare les modèles déterministes et les modèles probabilistes. Dans les premiers, la connaissance d'un état à un temps t permet de connaître, en général de calculer, l'état au temps $t+n$. Transposition on le voit du déterminisme laplacien ; incidemment, on est assez loin du simple déterminisme mécaniste du milieu physique, dont la dénonciation est un rituel désormais classique de la géographie. Les modèles probabilistes introduisent une incertitude, une fluctuation. Parfois sous une forme très simple, en ajoutant par exemple un $+$ ou $-$ *epsilon* à la fin d'une équation linéaire - ce que les statisticiens appellent, pour des raisons historiques, un « terme d'erreur », expression à laquelle on peut préférer celle de « composante aléatoire ». De façon plus intéressante, les répartitions aléatoires sont souvent prises comme référence dans l'étude des distributions spatiales, le rôle des règles et des lois étant alors évalué par la différence entre ces répartitions simulées par des processus aléatoires et celles qui sont réellement observées. Toute l'étude des autocorrélations spatiales, des tendances au groupement ou à la dispersion dans les semis de points, repose sur ce genre de procédure, et ce n'est pas une question mineure. La combinaison de règles et de phénomènes aléatoires dans les processus est systématiquement prise en compte dans les modèles de diffusion, encore un domaine de toute première importance. La discussion de la signification des composantes aléatoires simple reflet d'une ignorance, ou propriété fondamentale du réel dépasse largement le cadre de cet exposé.

S'opposent enfin les modèles statiques et les modèles dynamiques. Pour abrégé une histoire qui pourrait être longue, disons que les premiers aboutissent à une interrogation tout à fait légitime sur les conditions de maintien d'un équilibre, et le plus souvent en fait, d'un équilibre stable - beaucoup d'équilibres sont instables, mais on s'y intéresse moins, parce qu'ils correspondent à des états moins souvent observés pour des raisons évidentes. Les modèles dynamiques mettent plutôt l'accent sur les processus, et s'interrogent sur les conditions de l'apparition d'un certain état d'un système, car beaucoup d'entre eux en admettent plus d'un, et il est utile de s'interroger sur les raisons qui font qu'on est arrivé à cet état là plutôt qu'à un autre. Les modèles dynamiques ont ainsi le très grand mérite de tenir compte de la complexité, d'identifier les « bifurcations » dans les séquences évolutives, et de chercher à les comprendre. Ils montrent ainsi comment les états observés dépendent de petites fluctuations dans les processus qui leur ont donné naissance, ou dans les conditions initiales ; petites fluctuations qui relèvent souvent du domaine de l'aléatoire.

Les états résultant des processus décrits par les modèles dynamiques peuvent être variés. Il peut s'agir d'équilibres, stables ou instables, mais il existe aussi toute une série d'états « loin de l'équilibre ». Certains peuvent correspondre à des organisations présentant un certain degré de permanence, dans la mesure où ils sont maintenus par des flux entrant et sortant des systèmes dissipatifs ouverts. Il est tout à fait normal que les équilibres stables ou les états loin de l'équilibre présentant des permanences, voire des stabilités retiennent plus particulièrement l'attention. En effet, les autres états sont inévitablement assez évanescents, et sont donc moins observables, moins « présents » en quelque sorte. Incidemment, il convient d'éviter soigneusement de confondre un état stable avec une immobilité. Baulig le notait déjà à propos du fameux « profil d'équilibre » des cours d'eau, en faisant remarquer qu'il n'avait rien d'un état « final ». Dans une situation donnée, les variations des stocks peuvent être nulles, sans pour autant que les flux qui les alimentent le soient ; on est alors en face d'un cas « d'équilibre mobile », qu'il est commode aussi de qualifier d'état de « stationnarité ».

Les modèles peuvent être situés en fonction de cet ensemble d'oppositions binaires, que l'on peut utiliser pour élaborer un arbre de classement (DURAND-DASTES, 1992). La plupart des modèles « classiques » de la géographie sont agrégés/déterministes/statiques. Les recherches en cours s'orientent plutôt vers des modèles agrégés et dynamiques, sans doute plus souvent probabilistes que déterministes.

Les degrés de sophistication

Les modèles exprimés en langage mathématique exercent une réelle fascination sur une partie des géographes, en particulier sur ceux qui ne pratiquent guère la modélisation (je me souviens d'une réunion de l'Association des Géographes français consacrée en 1974 à la modélisation, où la discussion avait dérivé vers la question de la légitimité de la quantification...). Pour les autres, ils présentent des avantages certains sur lesquels je reviendrai ; on peut considérer qu'ils présentent un maximum de « sophistication », et l'on peut, faute de mieux, les qualifier de modèles « durs ». Leur construction et leur mise en œuvre suppose un certain nombre de conditions qui ne sont pas toujours réalisées, notamment en ce qui concerne les données nécessaires. D'autre part, ils aboutissent souvent à la multiplication des équations, donc des paramètres, et ils peuvent devenir difficiles à maîtriser. Il arrive parfois que ces difficultés aboutissent à une limitation stricte du domaine de la modélisation, qui peut finir par en exclure l'étude d'un certain nombre de questions importantes. La menace de la « trivialisation » est alors patente. Pour échapper à ce danger, on est donc amené à utiliser d'autres formes de modélisation. J'ai proposé ailleurs (DURAND-DASTES, 1991) de distinguer plusieurs procédures :

- L'utilisation souple des modèles durs repose sur un certain nombre de simplifications, qui réduisent le nombre d'équations nécessaires, et contournent l'obstacle constitué par le manque de données. On peut par exemple faire fonctionner un modèle intra-urbain sur une ville fictive, avec un nombre réduit de quartiers, aux limites simplifiées, et en utilisant des données dont les ordres de grandeur sont vraisemblables mais qui ne sont pas « réellement » observées. on peut ainsi produire des structures spatiales qui peuvent ensuite être confrontées avec les structures observées en termes qualitatifs²
- L'utilisation de modèles souples, où les relations ne sont pas quantifiées, qu'elles soient ou non éventuellement quantifiables. La plupart des modèles-images relèvent de cette catégorie. C'est sans doute aussi le cas de la plupart des modèles physiques.

Il semble donc que les modèles sont caractérisés par une très grande variété de langages, de modes d'élaboration, de concepts fondateurs et de types d'usage. Accepter cette variété aboutit donc à une définition sans sectarisme de la notion même de modélisation ; sectarisme qui ne manque pas de se manifester quand on prétend en limiter le domaine à un nombre restreint de formes, et quand on aboutit à dire, trop facilement à mon sens, « ceci n'est pas un modèle », ou « pas un vrai modèle ». On pourra trouver que cette position est laxiste, et la question sera sans doute éclairée par les discussions de ce *Géopoint*.

Des années de modélisation - Succès et limites

Cela fait bien une vingtaine d'années au moins que des géographes français ont fait un large usage de la modélisation consciente, en dépit des réticences d'un certain nombre de leurs collègues, réticences qui sont loin d'avoir complètement disparu. Il est donc tentant d'essayer de faire un bilan de ces travaux ; c'est en grande partie pour cela que nous sommes ici. Je voudrais vous soumettre quelques réflexions à cet égard. Il me semble que le bilan est différent selon le point de vue auquel on se place, puisqu'on modélise pour comprendre, prévoir, et communiquer (faire comprendre).

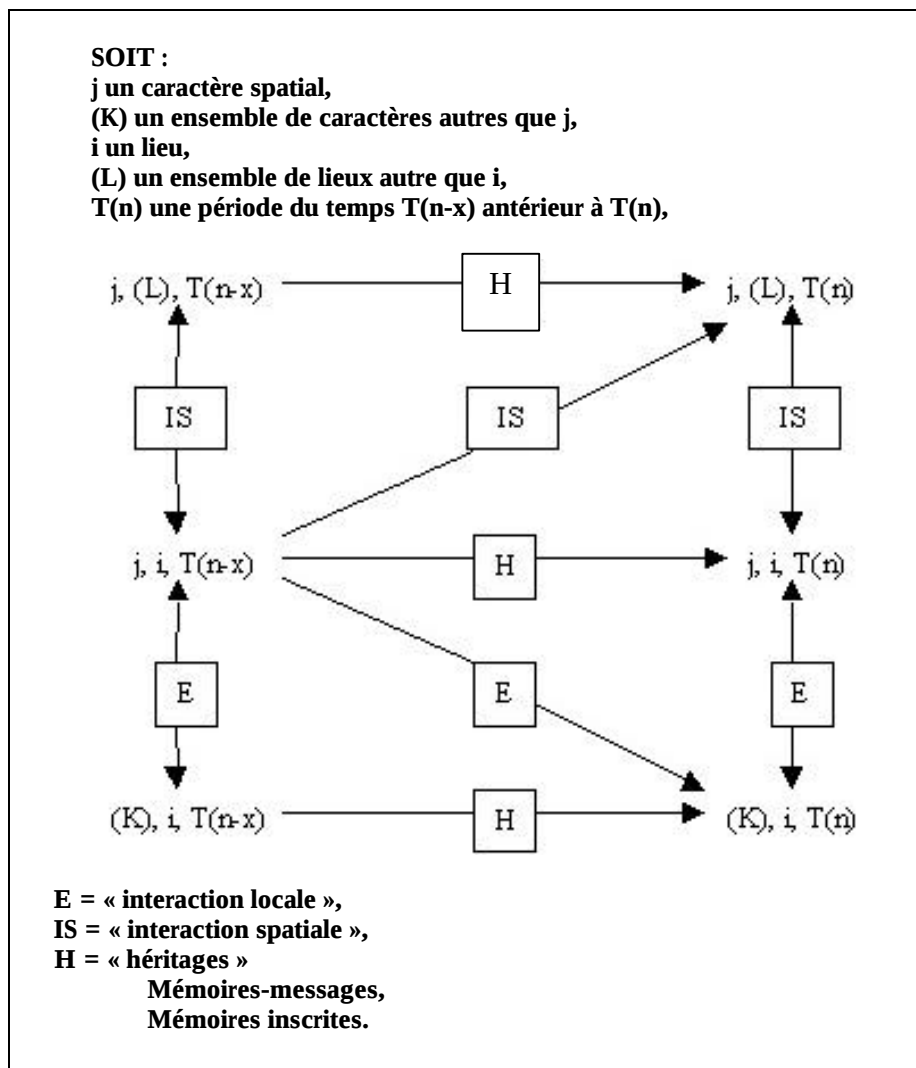
² Voir par exemple une comparaison des modèles intra-urbains de Wilson et d'Allen effectuée sur des villes fictives par des membres de l'équipe PARIS et une équipe italienne.

Comprendre

Il sera commode de poser, pour limiter quelque peu cette vaste question, que l'un des buts majeurs de la géographie est d'expliquer la différenciation spatiale à tous les ordres de grandeur. Les modèles que nous utilisons reposent sur une grande variété d'hypothèses, qui incorporent des éléments de toute nature ; on peut dire que la plupart d'entre elles ont été validées par les procédures modélisatrices, et que celles-ci se sont révélées très efficaces pour rendre compte de la différenciation spatiale. Les modèles ont en particulier montré la pertinence de notions proprement géographiques comme la position relative, la distance, la formation de points forts, les flux. C'est en termes de modèles qu'ont été formalisées les interactions spatiales, dont on sait toute l'importance. Il me semble que des synthèses récentes, comme celles qu'apportent les premiers volumes de la *Géographie Universelle* RECLUS procèdent très directement de l'utilisation des modèles. J'ai tenté avec la Figure 1 une représentation schématique d'une procédure assez générale d'explication géographique combinant une série de processus diachroniques et synchroniques (ce n'est évidemment pas la seule). Elle a été élaborée de telle façon qu'à peu près toutes les relations envisagées sont incorporées dans des modèles existants.

On pourrait opposer à cette vision assez optimiste le fait que certaines « grandes questions » ne sont pas susceptibles de modélisation, ou n'ont pas été pour le moment résolues par des modèles. On peut prendre comme un exemple une « grande question », s'il en fut, celle de la différenciation spatiale qui se traduit par l'existence du Tiers Monde. On avance aussi souvent que dans certaines régions de la planète, les données sont insuffisantes pour se prêter à l'usage des modèles.

Figure 1 : Un schéma d'une procédure d'explication



On pose que ce qu'il s'agit d'expliquer est la présence d'un caractère j dans un lieu i , au temps présent $T(n)$. Le rôle de processus synchroniques est évident : on a indiqué que la présence de i en j dépend à la fois de caractères de i autres que j , et de la présence de j dans un ensemble de lieux autres que i mais en relation avec lui. La population d'une ville dépend de ses activités, et de la population des autres villes d'un réseau dont la ville considérée fait partie. La seconde série de relations relève évidemment de l'interaction spatiale ; la première est plus difficile à nommer, on peut dire qu'elle relève d'un point de vue « écologique », ou d'une interaction « locale », ou, mieux, intralocale. Mais le passé se manifeste également, par une série de processus complexes. D'une part, en effet, le caractère j en i en $T(n)$ dépend directement de la situation au temps $T(n-x)$ antérieur à $T(n)$; mais on ne fournit pas une explication complète si on ne tente pas au moins de rendre compte de la situation de i en $T(n-x)$, en faisant jouer les interactions inter et intralocales, comme il a été indiqué à la gauche du schéma. D'autre part, les caractères des lieux en relation avec i en $T(n)$ sont hérités de leurs caractères en $T(n-x)$, et on peut en dire autant des caractères autres que j de i en $T(n)$, hérités de ce qu'ils étaient en $T(n-x)$. Pour être aussi complet que possible, on a ajouté que ce qui se passait et se trouvait en i en $T(n-x)$ a pu agir sur les caractères de i en $T(n)$ et sur les lieux qui sont en relations avec lui au même moment, ce qui est figuré par les flèches obliques. Il est évident qu'il est le plus souvent nécessaire de tenir compte d'évolutions longues, aux étapes multiples, alors que le schéma ne retient que deux moments du temps, le présent et une seule période du « passé », ou, plus exactement, du passé mémorisé.

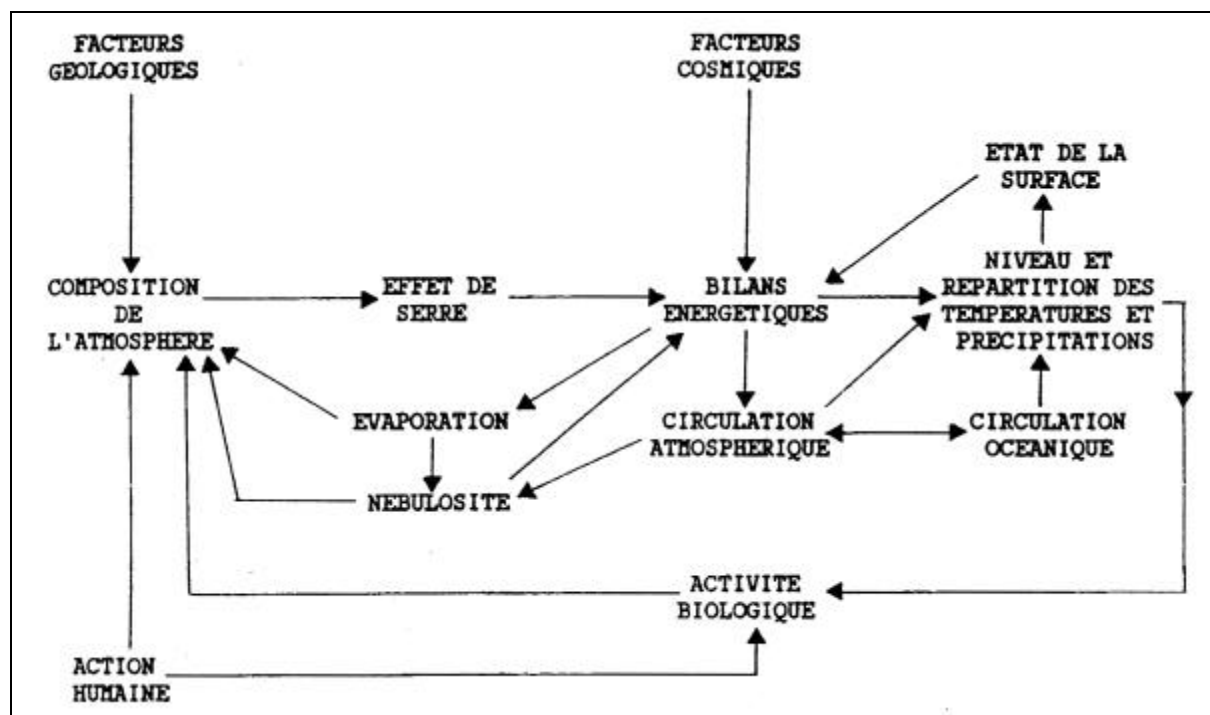
Je crois que l'on peut répondre à ces objections sur deux plans.

D'abord, il est des domaines et des temps où les processus modélisables, en termes largement déterministes, jouent à plein. D'autres domaines, et surtout d'autres épisodes de la diachronie, ceux où se produisent les événements fondateurs, les bifurcations fondamentales, relèvent plutôt d'un domaine moins maîtrisable, qu'il est commode de considérer comme étant situé dans le champ de l'aléatoire, ou de ce que Cournot appelait la « *causalité contingente* », c'est-à-dire l'interférence aléatoire entre deux séries de relations déterministes. En d'autres termes, plus restrictifs, les systèmes sont en général modélisables, mais les systémogénèses le sont moins ou le sont en termes radicalement différents. Encore faut-il noter que la modélisation, particulièrement la modélisation systémique, permet de délimiter les champs de l'aléatoire, et, comme nous l'avons vu, de l'incorporer à sa juste place dans des modèles.

En second lieu, les difficultés de la modélisation de certaines questions donne toute sa valeur à la modélisation souple, où les relations sont formulées en termes qualitatifs, en particulier sous forme d'images. Les modèles de ce type peuvent servir à traiter de « grandes questions » ; finalement, ils atteignent un plus grand degré de généralité que bien des modèles exprimés en termes mathématiques. On pourrait même avancer que, pour cette raison, ils sont plus abstraits, ce qui n'est paradoxal qu'en apparence, puisque les caractères d'ensemble d'un modèle ne dépendent pas du seul langage utilisé ; ce n'est pas l'abstraction de celui-ci qui permet de juger de celle du modèle.

Il existe d'ailleurs toutes sortes de passages et d'enrichissements réciproques entre les différents types de modèles. Les modèles dynamiques ont contribué à valider des notions comme celle de bifurcation qui peuvent aussi être exprimées en termes qualitatifs, notamment dans le cadre de la logique des systèmes. Réciproquement, les schémas indiquent la nature des relations qu'il est intéressant de chercher à quantifier ; la démarche est assez analogue à celle des informaticiens qui dessinent des schémas sagittaux des algorithmes avant de commencer à écrire les instructions des programmes. La Figure 2 illustre ce propos. Elle montre sous forme sagittale les interactions qui peuvent aboutir éventuellement à une modification des climats et de leur répartition, par le fait des modifications possibles des « entrées » d'un système : facteurs géologiques, cosmiques, actions des sociétés humaines. Il me semble que les processus figurés font l'objet d'un accord à peu près général. Ce sont eux que l'on cherche à quantifier en élaborant des modèles mathématiques très complexes, dont le traitement demande des moyens de calcul extrêmement puissants et une grande quantité de données. Mais on est encore dans l'ignorance quant au sens de certains effets : ainsi, s'il est certain que la modification de la nébulosité doit entraîner celle des bilans énergétiques, on ne sait pas si elle entraînera un refroidissement par augmentation de l'albedo ou un réchauffement par augmentation de l'effet de serre, ou encore si ces deux effets contradictoires se neutraliseront. Les modélisations mathématiques fournissent des résultats contradictoires, notamment parce qu'on manque de données et de connaissances sur les effets possibles de la physique des nuages. C'est dans des cas de ce genre qu'on peut dire que le modèle sagittal atteint un plus grand degré de généralité que les ensembles d'équations. Il indique les pistes à suivre, permet de repérer les processus insuffisamment connus, d'expliquer les incertitudes qui demeurent ; bref, c'est un outil indispensable. On pourrait fournir bien d'autres exemples de la complémentarité des différents types de modèles.

Figure 2



Simuler, prévoir

La fonction des simulations effectuées à partir des modèles est double. Elle permet d'abord de confronter les résultats de simulations qui incorporent des données empiriques avec les évolutions réellement observées : en faisant fonctionner le modèle à partir de la situation au temps $t-n$ (passé), on obtient une situation simulée pour le temps t (présent), que l'on peut comparer avec la situation réelle au même temps t . Si les ressemblances sont suffisantes, les hypothèses du modèle peuvent être considérées comme validées. Comme je l'ai indiqué ailleurs, les retouches au modèle qui permettent d'augmenter les ressemblances sont un des seuls moyens d'expérimentation dont dispose la géographie, comme d'ailleurs l'ensemble des sciences humaines. D'autre part, si la validation du modèle paraît suffisante, on peut, avec prudence, essayer de simuler la situation au temps $t+n$, (avenir), donc de faire des prévisions, qui ont un intérêt opératoire certain.

Les simulations sont donc fondamentales à la fois du point de vue heuristique et prospectif. Il semble que les modèles quantifiés ont à cet égard un avantage certain, et c'est un point très important, qui justifie l'intérêt qu'on leur porte.

Les points de vue heuristique et opératoire ne sont pas toujours solidaires. On a pu montrer des cas où des modèles statistiques reposant sur des hypothèses faibles, comme les modèles markoviens, fournissent parfois des prévisions aussi valables que des modèles à hypothèses fortes, de la famille de ce que j'ai appelé ci-dessus les modèles conceptuels. Cependant, si les premiers peuvent être des aides utiles à la décision, ils enrichissent beaucoup moins la connaissance que ne le fait la validation d'un modèle du deuxième type, justement parce qu'il est conceptuel. Toutes les simulations quantifiées n'ont donc pas le même statut.

On ne peut quitter la question des simulations sans se demander s'il existe des validations de modèles sans simulations quantifiées. Il me semble à peu près certain que celles-ci permettent d'atteindre le maximum de rigueur. Cependant, il existe des critères permettant de juger de la pertinence de constructions graphiques ou cartographiques ; appelons-les les critères de cohérence et de parcimonie. Si le retrait d'un élément d'un système ou d'un chorème en diminue la cohérence ou s'il rend impossible l'explication de certains aspects de l'état d'une structure spatiale ou d'un système, c'est que cet élément du modèle-image est une composante fondamentale. Réciproquement, si l'addition d'un élément n'améliore pas la cohérence ou le pouvoir explicatif du modèle, c'est qu'il n'est pas essentiel. On le voit, l'expérimentation par retouches successives est possible aussi avec des modèles non quantifiés ; elle est toujours très délicate, mais il ne me semble pas possible de nier son efficacité.

Montrer, communiquer

A propos de la valeur didactique des modèles, j'ai envie d'affirmer d'entrée que le bilan est, à mes yeux, très nettement positif. Il faut ici se placer d'un double point de vue, celui des contenus de l'enseignement et celui de la communication.

Les modèles permettent de construire une vision du monde, de son espace et de sa différenciation qui est à la fois assez complexe pour manifester la complexité du réel, et assez simple pour être lisible et mémorisable. Elle permet de dépasser quelques antinomies, comme celle du particulier et du général, puisqu'on peut, d'une part, généraliser à partir de formes élémentaires modélisées et les combiner pour produire des objets plus complexes (c'est l'essence de la « chorématique ») et, d'autre part, spécifier des modèles généraux, qui fournissent des contextes aux réalisations particulières. On atteint plus de rigueur et de cohérence par ces modélisations de différents niveaux, qu'avec la généralisation parfois imprudente à partir des fameux « exemples bien choisis » dont il est si souvent question dans les rapports des jurys de concours, et qui aboutissent à tant d'échantillonnages sans principe directeur.

La variété des langages de la modélisation est pour sa part un atout pour la communication, de même que la diversité des procédures de simulation permet de rendre le public actif, en faisant procéder à des expérimentations, comme celles que proposent un certain nombre de « jeux spatiaux », qu'ils utilisent ou non les techniques informatiques. On ne peut que se féliciter des réalisations qui ont déjà eu lieu, regretter qu'elles ne soient pas plus nombreuses, et que certains aspects des programmes limitent leur diffusion.

A côté de ces avantages, j'ai le sentiment que les dérives qui apparaissent assez souvent ne pèsent pas aussi lourd qu'on veut bien le dire ici ou là. Il est bien vrai que la manipulation correcte des modèles en didactique demande beaucoup de rigueur et une formation qui permette d'éviter de ne retenir que des aspects superficiels de la modélisation. Comme cette formation est encore insuffisamment répandue, on voit encore trop de schémas qui se disent systémiques alors qu'ils ne comportent aucune interaction, de cartes schématiques qui ne retiennent de la notion de chorème que la simplification des contours et n'aboutissent pas à la construction de modèles au sens plein du terme. Les préoccupations que suscitent ces dérives ont conduit le Groupe DUPONT à vous proposer une demi-journée entière consacrée à la modélisation graphique, et j'espère que la discussion sera éclairante.

Il reste beaucoup à faire pour faire progresser la modélisation aussi bien pour comprendre la différenciation de l'espace que pour la faire comprendre. Mais je crois que les modèles sont bien installés dans la pratique scientifique et pédagogique de la géographie, et qu'ils sont là pour rester.

Géopoint, 1992, « Modèles et modélisation en géographie », Groupe Dupont, Université d'Avignon, p. 9-17.

Références :

AURIAC F. et DURAND-DASTES F., 1981, « Réflexions sur quelques développements de l'analyse de systèmes dans la géographie française », *Brouillons Dupont*, 1981, N°7, p. 71-80.

DURAND-DASTES F., 1992, « Les modèles en géographie », *Encyclopédie de géographie*, Paris, p. 311-326.

DURAND-DASTES F., 1991, « Models and practical constraints : heuristics and schizophrenia », in : PUMAIN D. (ed.), *Spatial and population dynamics*, Londres, Paris, p. 311-314.

SANDERS L., 1992, « Les modèles dynamiques : intérêts et limites en géographie », *Geopoint*, p. 159-163.