

Le « bon sens », un piège en Sciences humaines¹ ?

2011

Marie-France CICERI-MARCHAND

Master in Geography, Penn State University
 Doctorat de III^e Cycle, Université de Paris-1
 Chargée de recherches à France-Télécom

Bernard MARCHAND

Agrégé de l'Université,
 Docteur d'Etat
 Professeur émérite, Institut Français d'Urbanisme
 Université de Paris VIII
 Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

On observe, depuis plusieurs années, un puissant mouvement d'opposition à la Science, avec le refus d'accepter le réchauffement planétaire provoqué par les activités humaines, une lutte passionnée contre les théories de l'évolution, l'interdiction dans des pays développés de certaines recherches biologiques touchant la cellule, la remise en cause de la notion de progrès, etc. Dans les Sciences Humaines, en particulier en France, la géographie et l'urbanisme ont connu très tôt une opposition à la construction de théories et de modèles.

La modélisation en Sciences Humaines a connu un grand essor au cours des années 1960-1980, particulièrement dans le monde anglo-saxon, mais aussi sur le continent et en France². Il s'agissait d'un aspect du Structuralisme qui, après la linguistique (de Saussure, Chomsky), envahissait alors l'anthropologie (Lévy-Strauss), la philosophie (Foucault, Derrida, Althusser, ..), les mathématiques (Thom), la littérature (Ehrmann), la sémiologie (Barthes), la psychanalyse (Lacan), la sociologie (Bourdieu), etc. La mode, avec ses excès, a commencé à passer, en partie parce que les modèles devenaient trop mathématiques pour des spécialistes de sciences humaines, aussi parce que les marxistes, si puissants alors dans la pensée française (excepté Althusser qui fit une sorte de schisme), condamnaient dans les modèles des "outils du capitalisme", en quoi ils faisaient une grave erreur : ils ignoraient l'oeuvre, par exemple, de Piero Sraffa, qui développait une approche marxiste de la théorie d'Input-Output de Leontiev³. Mais depuis quelques années, l'opposition aux modèles

1 Une ébauche de ce texte a été publiée en 1985 : "L'EXPLICATION EN GEOGRAPHIE HUMAINE REGULARITES, ORDRE ET SYSTEMES.", in *Mélanges offerts à Madame Beaujeu-Garnier*, Editions du CNRS, pp 224-250.

2 En géographie, voir Ciceri et al, 1974,

3 Sraffa P (1999) *Production de marchandises par des marchandises. Prélude à une critique des théories économiques*, Dunod.

semble avoir pris une résonance idéologique, ce qui la rend à la fois beaucoup plus intéressante et beaucoup plus dangereuse.

Les modèles sont des "images intelligibles de la réalité" (Atlan, 2010, p 13) qui rassemblent d'une façon cohérente les connaissances déjà acquises. Ils ne prennent pas nécessairement une forme mathématique, mais comme ils consistent en un système de relations entre variables, ils sont souvent commodément représentés sous forme matricielle puisqu'une matrice représente des flux ou des relations. A vrai dire, tout le monde construit des modèles sans en prendre conscience : l'homme qui quitte son domicile le matin en regardant le ciel et se demande s'il va pleuvoir, construit un modèle (qui peut être erroné !). Le météorologiste, au même moment, construit aussi un modèle du temps, mais sous forme mathématique, car il utilise un nombre bien plus grand de mesures beaucoup plus précises.

Les contempteurs des modèles ont eu, en général, recours au "bon sens", en entendant par là des intuitions immédiates, simples, fondées sur l'expérience, de braves gens qui, les pieds dans la boue et les jambes solidement plantées, ont le "sens du terrain" et ne s'en laissent pas compter ; et de citer Descartes comme garant, sans l'avoir lu car sa fameuse citation était ironique :

"Le bon sens est la chose du monde la mieux partagée : car chacun pense en être si bien pourvu, que ceux même qui sont les plus difficiles à contenter en toute autre chose n'ont point coutume d'en désirer plus qu'ils en ont." (Descartes, *Discours de la méthode*, Pléiade, p 126)

Cet article s'intéresse tout particulièrement à la géographie et à l'urbanisme. Il essaie de montrer que la science consistant à aller au delà des apparences, elle doit utiliser pour cela des méthodes aussi puissantes que possible, car le "bon sens" est souvent trompé. Si la réalité se cache derrière de nombreux voiles plus ou moins opaques, il est sans doute naïf de croire que l'on pourra les percer grâce à une connaissance intuitive immédiate. Et l'alternative est la construction d'un modèle ...

Accumuler un grand nombre d'observations aussi précises que possible, donc mesurées, faire appel aux méthodes d'analyse les plus puissantes, envisager des modèles différents et choisir le plus pertinent semble la meilleure manière de comprendre un processus et, surtout, de pouvoir espérer le modifier si nécessaire. Les aménageurs et les urbanistes qui ne se fieraient qu'à leur "bon sens" risqueraient fort de se tromper, comme le montrent les quelques exemples qui suivent.

1 – Le problème sémantique : ordre et désordre en géographie

L'une des méthodes fondamentales des Sciences Humaines, et la plus utilisée sans doute, consiste à identifier des régularités, puis à en chercher les causes. Par exemple, en géographie, l'alignement de villages régulièrement répartis au flanc d'un talus fait songer à l'affleurement probable d'une nappe phréatique et à une ligne de sources. La localisation fréquente de grands ports au fond d'un estuaire (Bordeaux, Londres, Brême, etc ...) conduit à invoquer les différences de coûts de transport sur terre et sur mer : on a intérêt à prolonger la partie maritime du voyage.

Cependant, cette méthode est beaucoup moins simple qu'elle ne le paraît d'abord. Elle repose sur deux hypothèses qui ne sont, malheureusement, jamais exprimées :

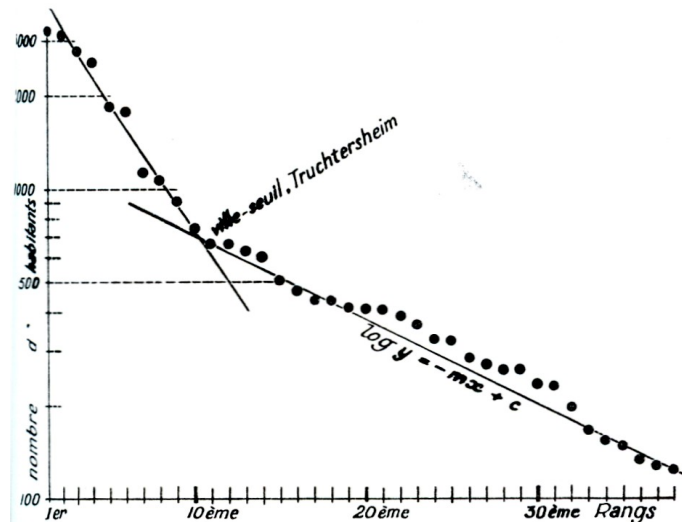
- La première suppose que les régularités que l'on observe (l' « ordre » qui règne dans le monde) forment l'objet d'étude. Ce qui *paraît* irrégulier ou désordonné ne pourrait être étudié valablement ni conduire à des conclusions intéressantes. Les géographes, en face du désordre, manifestent d'ordinaire leur désarroi ou leur manque d'intérêt en parlant de « relief confus » ou de « paysage de transition ».

- la seconde admet que ces irrégularités ont toujours une ou quelques causes principales peu nombreuses qu'il s'agit d'identifier afin de comprendre et d'agir.

La première hypothèse pose un problème de sémantique : qu'entend-on par « ordre », « désordre » ou « hasard » ? La seconde, un problème de logique : peut-on considérer tout phénomène observé comme l'effet de causes clairement identifiables ? Ces questions, bien loin d'être purement théoriques, ont des conséquences pratiques tout a fait considérables.

1 - 1 - Hasard et déterminisme :

Toute la discussion s'organise autour de trois concepts fondamentaux : le *hasard*, la *régularité* et l'*ordre*. On tentera de les préciser et d'indiquer les voies de recherche qui s'ouvrent ainsi. Classons les villes françaises par taille décroissante et représentons chaque ville sur un graphique en fonction de sa population (en échelle logarithmique) et de son rang dans le pays. On obtient un nuage de points à peu près alignés qui illustre ce qu'on appelle assez maladroitement la "règle rang-taille" (*rank-size rule*). En Alsace, par exemple :



(Source : Ciceri et al, 1977, p 91).

La régularité ainsi mise en lumière est frappante : le rapport de la population de deux villes de rangs consécutifs, au-dessus et en-dessous de Truchtersheim, est à peu près constant du haut en bas de la hiérarchie urbaine. A quoi est due une telle régularité ? La réponse pourra étonner : elle est due entièrement au hasard. Elle montre que la probabilité qu'un migrant aille dans une ville est la même tout au long de la hiérarchie ou, en d'autres termes, que l'attractivité de ces villes est la même quelle que soit leur taille. Au contraire, une rupture de cette régularité, ici au niveau de Truchtersheim, indique que les villes plus grandes attirent davantage que les petites (pente plus forte). On rencontre souvent le cas d'une capitale très au-dessus de la courbe : cas de "macrocéphalie", comme Vienne en Autriche ou Abidjan en Côte d'Ivoire, montrant que la distribution des ménages entre les centres urbains a été altérée par un phénomène particulier : désagrégation de l'empire austro-hongrois dans le premier cas, poids de la métropole coloniale dans le second.

Ainsi, le hasard peut créer de l'ordre. A vrai dire, cela est si connu que l'on sait bien décrire quelques unes des formes principales que le hasard impose aux phénomènes lorsqu'il peut jouer librement : ce sont les grandes distributions aléatoires comme par exemple, la loi de Gauss, la loi de Poisson ou la loi binomiale. Il reste que le phénomène est troublant et doit être soigneusement

analysé, d'autant qu'il est souvent lié à l'échelle à laquelle on travaille.

Il y a là un point capital qui mérite d'être développé : Leslie Curry a étudié la localisation des établissements industriels entre Chicago et New-York (Curry, 1960). Au niveau de l'établissement, chaque localisation a été déterminée par des raisons particulières : tel bâtiment avait été construit sur les terres d'une certaine famille, telle usine profitait d'une nouvelle station de chemin de fer, etc... Au niveau de la région, Curry a pu montrer que ces établissements étaient distribués aléatoirement dans l'espace. Enfin, au niveau national, ces firmes forment un grand couloir est-ouest (*industrial belt*) qui suit clairement la vallée de l'Ohio et la côte sud des Grands Lacs, c'est à dire la principale voie de pénétration de New-York vers l'intérieur. Ainsi, selon l'échelle de l'analyse, la localisation de ces firmes industrielles peut-être expliquée tour à tour par le hasard (niveau régional) ou par le déterminisme (niveaux local et national).

L'imperfection des instruments d'analyse est une autre cause de confusion entre hasard et déterminisme, entre ordre et désordre. Prenons un exemple fameux : l'affaire des « canaux » de la planète Mars. Au début du siècle, l'astronome italien Schiaparelli, dont une parente illustrera plus tard le nom dans la mode, observe Mars au télescope et y découvre des alignements étonnement réguliers. Il les appelle des "sillons" (*canali*) que les journaux français traduisent par « canaux ». Et toute la presse d'imaginer les « petits hommes verts » qui ont su construire ces voies gigantesques. Mais l'optique fait des progrès et les télescopes entre les deux guerres montrent clairement qu'il n'y a pas d'alignements réguliers mais seulement des accidents de relief distribués très irrégulièrement pour ne pas dire aléatoirement (impacts de météorites).

On observe ici un processus redoutable dont il faut se méfier : l'esprit humain montre une tendance irrépressible à percevoir des régularités, puis à les expliquer. Le grand danger est que l'on trouve toujours des explications vraisemblables, même à des phénomènes qui n'existent pas.

Un autre exemple éclairera mieux ce point : l'Ecole des Mines de Fontainebleau a organisé des stages d'initiation à la *Théorie des Variables Régionalisées*. Au cours de la première séance, on présentait aux stagiaires une feuille de papier portant un semis de points et on leur demandait d'interpréter cette distribution : pouvaient-ils y discerner un ordre quelconque et proposer une identification du phénomène ainsi localisé ? Presque tous les participants reconnaissaient des alignements, des concentrations en taches, des croisements de lignes et rivalisaient d'imagination dans leurs interprétations. L'enthousiasme retombait lorsqu'ils apprenaient que le nuage de points était purement poissonnier, construit par un ordinateur obéissant à une loi aléatoire : aucune cause particulière n'expliquait cette distribution spatiale. Tout le monde s'y trompait pourtant.

Comment définir alors le hasard ? « Hasard exclut ordre et intention ; c'est l'ensemble des événements considérés indépendamment de toute espèce de causes et d'enchaînement. » déclare le Littré, ce qui est une définition tout à fait subjective : des causes existent sans doute, mais on ne les considère pas.

Le statisticien français Borel a précisé les conditions auxquelles un phénomène doit obéir pour suivre la loi de Gauss (Borel, 1914). Ces conditions peuvent être considérées comme une définition du hasard statistique : un phénomène est aléatoire lorsqu'il obéit à un très grand nombre de petites causes indépendantes les unes des autres et jouant des rôles comparables (variances à peu près égales), c'est-à-dire, lorsqu'il n'existe aucune cause prédominante. Dans ce cas, plus fréquent qu'on le croit, c'est s'exposer à l'erreur que de céder à la pente de l'esprit qui cherchera à tout prix une raison au phénomène observé et, bien sûr, la trouvera.

Le biologiste Monod propose une autre définition, assez différente (Monod, 1970) : le hasard est l'intersection de deux chaînes logiques qui peuvent, chacune, être parfaitement déterminées. Par exemple, un pot de fleur tombe au moment où un homme passe dans la rue ; son crâne et le pot de fleur occupent le même espace au même moment et le passant meurt. La

trajectoire du passant est déterminée par un rendez-vous dans un certain lieu à une certaine heure. Celle du pot de fleur obéit à la loi de la chute des corps. L'intersection des deux phénomènes représente le hasard. Cela est d'autant plus vrai que l'on cesse de croire au hasard si l'on découvre qu'un ennemi de la victime était appuyé au balcon d'où le pot de fleur s'est détaché.

La force de cette définition est d'expliquer l'irréversibilité du temps : dans chaque chaîne logique déterminée, on peut inverser le sens du temps, mais l'intersection aléatoire de ces deux chaînes crée un nouvel événement qui, même s'il n'est pas toujours aussi grave et définitif que dans notre exemple, fixe le sens d'évolution des deux chaînes et détermine la flèche du temps (Cf Georgescu-Roegen, 1977).

Cette définition du hasard devrait être fort utile au géographe : elle pourrait, par exemple, expliquer pourquoi un site particulier (comme celui du gué ou du pont à l'époque de l'Empire Romain) combiné avec les exigences stratégiques de l'occupation militaire romaine, ont fixé la localisation des principales villes d'Europe jusqu'à nos jours.

1 - 2 - Régularité et événements uniques

La régularité n'est pas seulement spatiale Elle peut être aussi chronologique, ce qui pose une question voisine. On sait étudier des phénomènes qui se reproduisent fréquemment au cours du temps : c'est là tout le but des statistiques classiques et de méthodes plus récentes et plus élaborées comme l'analyse des séries chronologiques.

Mais comment étudier les événements qui, par nature, sont uniques ou presque : par exemple, la transformation en zone piétonnière d'un centre urbain. Certes, on a déjà créé de nombreux centres piétonniers et on peut en tirer des enseignements précieux. Il reste qu'un tel projet est toujours original et qu'on ne peut le reproduire un grand nombre de fois afin d'en calculer les moments caractéristiques. Les statistiques traditionnelles sont désarmées puisqu'elles analysent des fréquences, des événements qui se reproduisent souvent, d'où leur nom de « statistiques fréquentistes ».

Les universitaires ont tendance, en pareil cas, à se réfugier dans une réserve prudente : « *le manque d'information empêche de conclure* ». Certes, mais le responsable, maire ou urbaniste, doit prendre une décision, même s'il a peu de données sur quoi la fonder. A la différence de l'universitaire, il n'a pas le choix : ne pas prendre une décision, c'est encore une décision. Il lui faut donc une conscience exacte de la fragilité de sa position, mais une méthode aussi lui permettant d'agir au moindre risque. A vrai dire, on possède toujours quelque information, même vague et douteuse, sur les effets de la décision à prendre. L'ignorance totale est bien rare. Les statisticiens traditionnels refusent de prendre en compte cette connaissance vague, cette information subjective qui est *a-priori*, avant l'expérience. Ils ne se fondent que sur l'observation répétée des événements.

Avec le développement des affaires et le besoin des grandes sociétés de définir des stratégies complexes, certains statisticiens audacieux ont proposé de formaliser et d'utiliser cette information subjective qui fondait jadis l'intuition du décideur. C'est ainsi qu'est née la « théorie de la décision », partie importante aujourd'hui de l'enseignement donné dans les grandes écoles de commerce (voir la présentation de ces statistiques dites "Bayésiennes" dans Savage, 1972). Les futurs responsables de l'administration publique, et particulièrement des administrations locales, ne sont guère formés, en France, à cette approche. Elle les concerne pourtant tout autant ou même davantage que leurs collègues du secteur privé : il faut souhaiter que les urbanistes, les aménageurs, les géographes découvrent l'art de la stratégie.

1 - 3 - Ordre, désordre et complexité

Cette discussion rapide du sens des mots « hasard » et « régularité » permet d'aborder les concepts plus vastes d'« ordre » et de « complexité ». Comment défini l'ordre d'un ensemble urbain en débarrassant, bien sûr, ce terme, de toutes les connotations favorables ou plus souvent défavorables que l'histoire et la politique ont pu y attacher. Qu'est-ce qu'une ville « complexe », une agglomération « ordonnée » ? On présentera ici trois approches qui n'épuisent pas le sujet mais en éclairent la difficulté. Ce n'est pas un hasard si ces approches sont le fait de chercheurs intéressés à la biologie et à la cybernétique.

1 - 3 - 1. Dans *l'Evolution créatrice*, Henri Bergson affirme que le désordre n'existe pas (Bergson, 1941). Il n'y a que des ordres différents qui se ramènent à deux types fondamentaux : l'ordre mécanique et l'ordre final . Le premier est déterminé d'abord, « en amont », par un enchaînement de causes matérielles : l'ordre de répartition des galets dans le lit d'une rivière est dû à la loi de la chute des corps et à celles de l'hydrodynamique.

Le second est fixé « en aval » par le but visé, par l'intention de l'agent : il correspond à une fin. Des livres en pile peuvent être ordonnés par un classement alphabétique qui répond à une fin évidente : faciliter la consultation d'un ouvrage. La pile s'effondre sur le sol ; les livres sont alors ordonnés par la loi de la chute des corps. L'impression de désordre naîtrait lorsque, attendant un ordre, on rencontre l'autre. Un géographe peut ainsi parler du « lit désordonné d'une rivière », indiquant par là l'absence de travaux de régularisation, mais non l'absence de mécanismes naturels.

On voit bien l'intérêt de cette conception dans l'oeuvre de Bergson pour qui l'évolution est justement le principal créateur d'ordre final. Dans les sciences humaines, ces concepts sont moins utilisables : l'ordre social (par exemple, les formes de ségrégation que l'on observe dans une ville) peut difficilement être attribué à la recherche intentionnelle d'une finalité non plus qu'au jeu aveugle de lois qui seraient naturelles. Certains l'ont soutenu, cependant, et ont été tentés d'appliquer de tels concepts en prétendant soit que la ségrégation était inévitable et « naturelle », soit qu'elle était l'effet d'un véritable complot. Mais faut-il croire, avec le philosophe, que le désordre n'existe pas ?

1 - 3 - 2. Un cybernéticien, von Foerster, est persuadé que le désordre existe. Il est mesuré par l'entropie H d'un système (von Foerster, 1960), une fonction de la probabilité P_i de trouver un élément dans l'état i :

$$H = - \sum_i P_i \log P_i$$

C'est l'ordre, alors, qui devient subalterne, mesuré par la diminution de l'entropie sous l'effet des contraintes qui lient le système.

Imaginons que tous les N ménages parisiens, expulsés de leur ville par une autorité tyrannique, attendent à l'une des portes qu'on leur attribue un logement pour rentrer à Paris. Supposons, de plus, que les billets de logement soient soigneusement mêlés dans une grande corbeille et qu'ils soient distribués au hasard à chaque ménage ; n'importe qui sera logé n'importe où. Le désordre est maximal, ainsi que l'entropie qui le mesure ($H = H_{\max} = \log N$).

Autre hypothèse : les billets ne sont plus distribués aléatoirement, mais en observant une contrainte : les grands appartements sont réservés aux familles nombreuses. Un ordre commence à apparaître (rappelons qu'il n'est pas question de juger s'il est bon ou mauvais : c'est un point capital mais qui ne sera pas pris en considération dans ce texte). L'entropie effective H a diminué ; l'ordre est mesuré par l'importance de cette diminution, c'est-à-dire par 'la "Redondance" :

$$\text{Redondance} = 1 - (H / H_{\max})$$

Ainsi, l'ordre, c'est l'ensemble des contraintes qui interdisent certaines combinaisons d'éléments. Une ville où chaque ménage se verrait attribuer un logement et un seul, et où tout déménagement serait impossible serait une ville parfaitement ordonnée, avec une entropie nulle et une redondance égale à l'unité.

Dans cette conception, l'ordre est une propriété statique qui n'apprend rien sur l'évolution future du système et qui tend plutôt à l'entraver. Ainsi défini, l'ordre est une source de sclérose. Un système trop bien ordonné est condamné à la mort car il ne peut s'adapter.

1 - 3 - 3. C'est pourquoi Henri Atlan, un biologiste, propose une autre définition de l'ordre (Atlan, 1972, 1979) : un système ordonné est un système capable de s'adapter aux changements du milieu extérieur qui l'affectent. Cette définition est dynamique. L'ordre n'est plus un état mais une faculté d'adaptation. Comment le mesurer ?

Atlan fait remarquer qu'un système est d'autant plus ordonné qu'il est plus difficile de le reconstruire. Reprenons l'exemple précédent : les ménages parisiens attendent toujours, à la porte de la ville, d'être relogés. Le tyran, qui distribue les adresses, veut reconstituer la distribution sociale dans la ville à l'identique, c'est-à-dire, avec la même ségrégation (mais non pas nécessairement les mêmes adresses). Dans le cas d'un Paris totalement désordonné où n'importe qui habite n'importe où, sa tâche sera facile : il lui suffira de tirer les billets au hasard de leur sac. En revanche, cette tâche sera d'autant plus difficile que la ségrégation était plus compliquée précédemment, c'est-à-dire, obéissait à des règles (ou contraintes) plus nombreuses.

Jusqu'à ce point, Atlan ne se distingue guère de von Foerster. Mais il demande plus : il veut qu'un système soit capable de conserver son ordre (qu'on pourrait aussi bien appeler sa complexité) ou de l'accroître au cours du temps, c'est à dire, dans le cas d'un organisme vivant, de grandir et d'échapper à la mort. L'ordre à la Atlan est alors défini par la dérivée de la fonction entropie par rapport au temps, qui doit être positive

$$dH / dT > 0$$

Pour être "ordonné" au sens d'Atlan, un système doit être tel que son ordre (sa complexité) H peut augmenter au cours du temps. La définition est typiquement biologique. L'ovule fécondé d'un mammifère ne forme qu'une seule cellule peu différenciée ; elle grandit cependant en un organisme beaucoup plus vaste formé de millions de cellules différentes. N'est-ce pas aussi le cas de la croissance d'une ville européenne, simple camp romain jadis, ou village de défrichement monastique devenu aujourd'hui un ensemble beaucoup plus grand et plus complexe ?

Certes, il serait très dangereux de raisonner par analogie et, en empruntant à la biologie ses concepts, de considérer la ville comme un organisme vivant, ce qu'elle n'est pas. Certains géographes urbains ont commis cette erreur et il ne s'agit pas ici de la renouveler. Mais traiter une ville ou une région comme un système complexe doué d'équilibres propres n'est pas introduire la biologie en géographie. Ces concepts viennent en fait de la cybernétique, la science qui étudie les systèmes complexes construits par l'homme (Wiener, 1967). Ce sont les biologistes qui ont adopté ces concepts cybernétiques, et rien ne s'oppose à ce que les géographes en fassent de même. L'expérience vaut d'autant mieux la peine qu'elle devrait permettre de faire un progrès épistémologique notable.

2 - LE PROBLEME LOGIQUE : L'EXPLICATION.

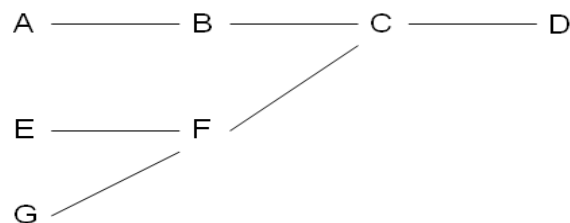
L'explication est une partie importante d'une géographie qui ne veut pas se contenter de décrire. Elle constitue une étape fondamentale du travail de l'urbaniste qui doit prévoir et agir. En quoi consiste-t-elle ? Le Littré distingue deux sens :

« 1 : Rendre intelligible ce qui est obscur »

« 2 : Faire connaître la cause d'un phénomène »

2 - 1 - L'explication par la chaîne logique

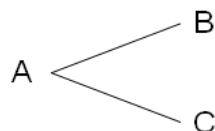
La manière la plus commune de rendre compte d'un phénomène est de reconstruire la hiérarchie des événements qui l'ont déterminé et qui en apparaissent ainsi comme les causes (*post hoc, ergo propter hoc*). Le schéma explicatif prend l'allure d'un « arbre » :



On dit alors que A est la cause de B, que C est l'effet direct de B et indirect de G, etc... Ce genre d'explication est, de loin, le plus répandu, et le modèle implicite vers lequel tendent la plupart des études.

Il n'est pas facile, cependant, de construire un tel arbre logique. D'abord, il faut que l'on puisse estimer, au moins approximativement, l'intensité du lien qui existe entre deux variables. Comme toutes les variables qui interviennent en sciences humaines sont plus ou moins liées entre elles, on risque, sans mesure précise, soit de ne retenir par prudence que les liens les plus évidents, ce que l'on fait souvent et qui conduit à des banalités (« Bordeaux s'est développé grâce au trafic maritime dans la Gironde »), soit à choisir arbitrairement quelques relations parmi toutes celles que l'on pourrait retenir (« le développement de Paris est dû au trafic fluvial sur la Seine » ; et les voies terrestres ? Et le rôle de la couronne et de l'Eglise ? Et la richesse agricole du bassin parisien ? Et tant d'autres causes dont il faudrait peser le rôle).

La seconde difficulté est plus grande encore, car il faut distinguer « lien » et « cause ». Un lien entre deux variables signifie qu'elles varient plus ou moins ensemble, dans le même sens ou en sens opposé. Une cause indique qu'une variable en admet une autre comme effet. La distinction est de taille. En effet, l'arbre logique peut prendre la forme suivante :



En ce cas, très fréquent, les deux variables B et C peuvent être liées et évoluer simultanément, non parce que l'une serait la cause de l'autre, mais parce qu'elles dépendent toutes deux d'une troisième variable (A) qui les détermine. La corrélation entre B et C est alors réelle mais non causale (*spurious correlation*). Par exemple, dans les quartiers des villes américaines, une forte proportion de population noire est d'ordinaire accompagnée d'un taux de criminalité élevé. On voit bien les relations de cause à effet qui pourraient être suggérées et qui l'ont été. Mais il suffit de

prendre en compte une troisième variable, la misère, pour expliquer à la fois la présence des ménages de couleur et la violence.

La corrélation partielle est un outil statistique particulièrement puissant qui permet de fixer une variable pour mieux évaluer le lien qui en unit deux autres : c'est l'instrument fondamental pour identifier une chaîne logique dans un paquet de variables toutes liées les unes avec les autres⁴.

Une étude d'Ollson (1965) permet d'en proposer un bon exemple. Ollson étudie les migrations en Suède au cours des années 1960. Supposons que les autorités suédoises décident de favoriser un glissement de la population vers le Nord, à grandes distances, pour essayer de peupler plus également le territoire (C'est là le but principal de l'aménagement en France depuis que J-F Gravier a accusé, bien à tort, Paris de vider le territoire français de ses habitants et d'en faire un « désert »⁵).

Extrayons de son travail les cinq variables fondamentales et cherchons quelles causes poussent les migrants à voyager loin :

1. Chômage dans la ville de départ
- 2, Age du migrant
- 3, Revenu du migrant
- 4, Revenu moyen dans la ville d'arrivée
- 5, Distance franchie

Le « bon sens » peut-il aider un aménageur à choisir ? A première vue, on peut affirmer avec la même assurance que c'est le chômage qui fait fuir les Suédois très loin, que le niveau élevé des revenus d'une ville attire de loin, que les travailleurs plus âgés ont sans doute plus d'expérience et voyagent davantage, ou enfin que les gens les plus aisés ont plus d'assurance et osent franchir de plus grandes distances. Mais le « bon sens » suggère aussi que les ménages les plus pauvres seront mieux disposés à tout abandonner et à changer d'environnement pour obtenir un meilleur revenu. De même, n'est-il pas évident que les plus jeunes sont prêts à voyager loin, eux qui n'ont pas encore d'habitudes et n'ont rien à perdre ? Ainsi, le « bon sens » propose des interprétations très différentes, voire contradictoires. Le géographe risque de choisir la première qui se présentera à son esprit ou qui confirmera ses préférences morales et politiques. Comme toutes ces variables sont liées, toutes les explications sont vraisemblables, isolées ou combinées au gré de l'auteur.

Essayons de débrouiller un peu ce faisceau de variables en mesurant les liens entre elles à l'aide du coefficient de corrélation linéaire :

Coeff de Corrélation r	1	2	3	4	5
1 – Chômage départ	1.0	0.932	0.900	0.959	0.827
2 – Age du Migrant		1.0	0.930	0.945	0.814
3 – Revenus du Migrant			1.0	0.921	0.810
4 – Revenus Arrivée				1.0	0.863
5 – Distance franchie					1.0

4 La corrélation partielle d'ordre 1 entre A et B en fixant C est :

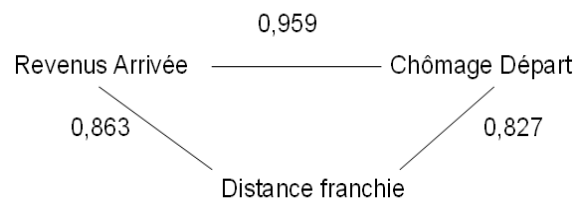
$$r_{AB.C} = [r_{AB} - (r_{AC} \cdot r_{BC})] / [(1 - r_{AC}^2)^{1/2} \cdot (1 - r_{BC}^2)^{1/2}]$$

5 Gravier J-F (1948) *Paris et le désert français*, Le Portulan. Discussion dans <http://www.ohp.univ-paris1.fr> ; consulter aussi Marchand (2009) et Salomon & Marchand (2010),

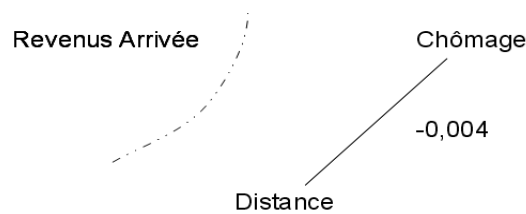
Les cinq variables sont toutes très liées et il semble impossible, dans cet écheveau très serré, d'identifier les causes et les effets, une situation fréquente en Sciences Humaines. Ne peut-on imaginer que certaines variables ne sont liées qu'apparemment ? Et qu'elles varient simultanément seulement parce qu'elles dépendent d'une troisième variable ? Les corrélations partielles devraient nous le montrer. Évaluons donc à nouveau les liens en fixant une variable susceptible d'influer sur les deux autres.

1 - La Distance franchie est-elle plutôt déterminée par un phénomène d'attraction (*Revenus à l'arrivée*) ou de répulsion (*Chômage au départ*) ?

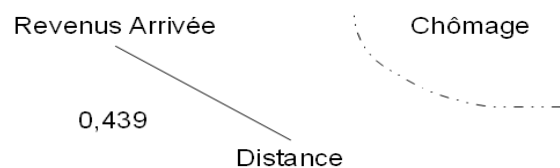
Ces trois variables sont étroitement liées :



Fixons le Revenu, comme si toutes les villes suédoises attirant des migrants avaient le même revenu moyen. Le lien change radicalement :



Faisons l'expérience inverse : fixons le Chômage



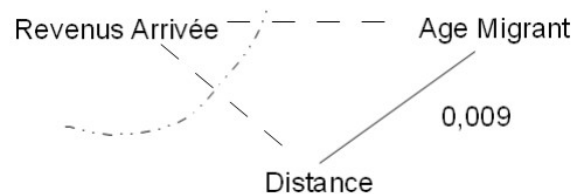
Le lien a diminué mais il est encore fort. La chaîne logique commence à apparaître :



2 - La Distance franchie est-elle plutôt fonction de l'Age du migrant (le lien est fort : 0.814) ou du Revenu moyen à l'arrivée (lien aussi fort : 0.863) ?

En d'autres termes, est-elle l'effet d'une décision individuelle ou d'une pression collective, ou bien des deux, et en quelle proportion ?

Fixons ce Revenu : faisons en sorte, par un artifice statistique, que toutes les villes suédoises aient le même revenu moyen. La *Distance* est-elle encore fonction de l'Age ?



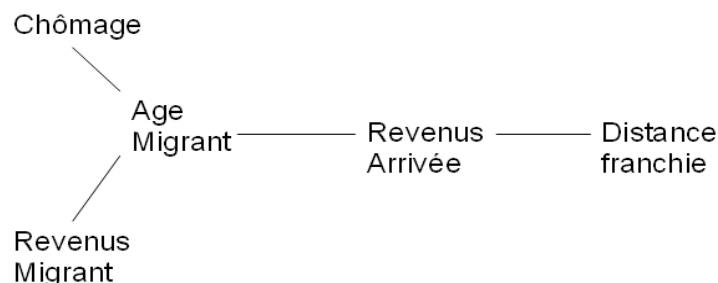
La corrélation devient pratiquement nulle ($r = 0.009$). Est-ce à dire que cette variable *Age* ne joue aucun rôle ? En fixant la *Distance*, comme si toutes les migrations étaient de même longueur, l'Age reste aussi fortement lié au *Revenu à l'arrivée* ($r = 0.826$).

Ainsi, c'est l'Age du migrant qui donne de l'importance au *Revenu dans la ville de destination*, et c'est ce *Revenu* qui détermine la *Distance franchie*. En d'autres termes, les Suédois étudiés sont d'autant plus sensibles à l'attrait d'un *Revenu moyen élevé* dans une autre ville qu'ils sont plus âgés ; d'autre part, une ville attire à des distances d'autant plus grandes que le *Revenu moyen y est plus élevé*.

Le schéma logique est donc de la forme suivante :



Une analyse semblable montre que les deux dernières variables (*Revenus personnels du migrant* et *Chômage dans la ville de départ*) n'ont pas de lien direct notable avec la *Distance franchie*, mais sont liées à l'Age du migrant. L'arbre final se présente ainsi :



L'aménageur chargé de préparer un plan afin de pousser les citoyens à migrer le plus loin possible dans le royaume, c'est à dire, vers le Nord délaissé, devra donc envisager d'abord d'augmenter le *revenu moyen* des villes d'arrivée, la mesure la plus efficace, par des réductions d'impôt, par exemple, ou des subventions au logement. Ensuite, il pourra préparer des mesures destinées aux couples et aux individus plus âgés. En revanche, il serait moins utile de viser

directement les villes de départ où le chômage est le plus élevé et les ménages à haut revenu. Ces conclusions n'ont plus grand chose à voir avec ce que le « bon sens » recommandait au début de la réflexion.

Il est possible, mais ce serait extrêmement maladroit et inutile, de calculer aveuglément toutes les corrélations partielles liant toutes les variables considérées. Pour n variables, il faudrait en évaluer $N = \frac{1}{2} [n \cdot (n-1)]^2$.

Le nombre de calcul, fonction de N^2 , augmente vite. Il faut au contraire établir préalablement une suite d'hypothèses que les corrélations partielles permettront de confirmer ou d'infirmer : comme toujours, il n'est possible d'utiliser à bon escient de telles méthodes statistiques que si l'on connaît déjà suffisamment le problème étudié et si l'on est capable d'en imaginer la structure logique.

On peut souhaiter approfondir l'analyse en fixant non plus une variable (corrélation d'ordre 1) mais deux, trois, etc ... Le calcul est simple mais les fluctuations aléatoires augmentent très vite et privent les résultats de signification. Pour éviter cette perte d'information, il faut augmenter considérablement les degrés de liberté, c'est à dire le nombre d'observations, donc, le coût et la difficulté de l'étude. L'analyse factorielle offre de meilleures solutions⁶.

L'analyse de la chaîne logique (ou "Analyse de Cheminement" : *Path Analysis*) permet alors d'avancer très loin. On a souvent prétendu que les Sciences Physiques étaient supérieures aux Sciences Humaines parce que les premières pouvaient expérimenter en laboratoire, ce qui serait interdit aux secondes. Il est évidemment impossible d'obliger les migrants suédois à recommencer plusieurs fois leurs choix et leurs déménagements en changeant à chaque fois les conditions socio-économiques comme on contrôle la température en laboratoire. Mais surtout, répéter des migrations, même si c'était possible, altérerait les conditions mêmes des choix.

Cette critique est moins forte qu'on ne le croit : Lévi-Strauss l'a fort bien montré (Lévy-Strauss, 1958). Mais en outre, l'usage des corrélations partielles offre une méthode de recherche qui ressemble beaucoup à l'expérimentation des physiciens : fixer une variable pour étudier le lien qui subsiste entre deux autres est analogue à ce que fait l'expérimentateur qui maintient la température constante dans une enceinte pour en éliminer le rôle. C'est le meilleur moyen de reconstruire la chaîne logique.

Dans quels buts ? Le premier est évident : il s'agit de **comprendre** la structure logique d'un phénomène complexe. Le second but est encore plus important pour un urbaniste ou un aménageur : connaître la suite des causes et des effets permet **d'agir pour changer** l'une d'elles. Altérer un comportement, changer directement un phénomène est souvent plus difficile que de transformer l'une de ses causes et d'obtenir ainsi indirectement l'amélioration souhaitée.

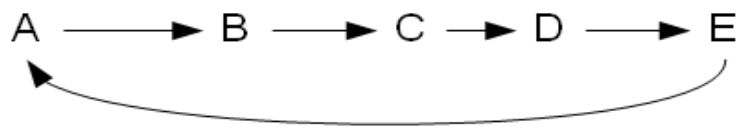
Supposons que les autorités suédoises veuillent limiter les distances franchies par les migrants. Elles pourraient simplement interdire les déménagements au-delà d'une certaine distance, mais cela impliquerait un appareil administratif très lourd et un contrôle tyrannique insupportable. Puisque le *Revenu moyen à l'arrivée* est la cause principale qui détermine directement la *distance franchie*, un système d'impôts locaux égalisant davantage les revenus aurait à peu près le même effet et correspondrait bien mieux aux coutumes suédoises.

L'Urbanisme, l'Aménagement du Territoire et plus encore la Géographie humaine ont été fondés jusqu'ici sur l'explication par la chaîne logique : la puissance de cette approche est évidente, mais elle a aussi ses limites. Les insuffisances de ces disciplines s'expliquent en grande partie par les faiblesses de ce mode d'explication.

⁶ Ciceri M-F (1974) *Méthodes d'analyse multi-variée dans la géographie anglo-saxonne*, Thèse de doctorat, Paris-1, à paraître sur le Web.

3 – LE PROBLEME SYSTEMIQUE

Car cette approche comporte deux défauts : d'abord, lien ne signifie pas cause, comme on l'a vu. En outre, la chaîne des causes n'est pas toujours un arbre au sens rigoureux que donne à ce terme la théorie des graphes : des connections intermédiaires peuvent relier plus subtilement les variables entre elles. Dans une chaîne causale, les causes et les effets sont clairement identifiables. Il n'en va plus de même lorsque les variables sont liées par des boucles de rétro-action (*feedbacks*). Elles forment alors un *système* :



Dans cette nouvelle structure logique, toutes les variables sont à la fois causes et effets les unes des autres. Le système possède une vie propre, une autonomie, qui lui permet de s'opposer aux pressions extérieures. Abandonné à lui-même, il tend à retomber dans un état d'équilibre (pour prendre le cas le plus banal) indépendant de son état initial et des actions qui ont pu le perturber.

Cette propriété assez étrange (*ergodicité*) peut être aisément illustrée. Imaginons une région formée de cinq villes dont les activités sont liées. Chaque ville induit, par sous-traitance, des emplois dans les villes voisines. Par exemple, chaque fois que l'on crée 100 emplois dans la ville A, 60 emplois restent en A et 10 emplois sont créés dans chacune des quatre autres villes. Cette imbrication des activités urbaines de la région peut être résumée par le tableau suivant (**matrice M**)

Emplois induits

par 100 emplois nouveaux dans	A	B	C	D	E	
A	60	20	40	10	0	
B	10	20	10	0	0	
C	10	20	10	10	10	= M
D	10	20	20	20	80	
E	10	20	20	60	10	
Total ...	100	100	100	100	100	

Les emplois induits dans chaque ville au bout d'une période donnée sont fonction des emplois induits dans les quatre autres villes. Il s'agit bien là d'un système régional de l'emploi en miniature. Supposons qu'une autorité supérieure (la DATAR ?) crée des emplois dans cette région (500 par exemple), puis l'abandonne à elle-même. Comment vont se distribuer ces nouveaux emplois⁷.

⁷ La solution mathématique est classique. Divisons chaque élément par le total de chaque colonne. La matrice obtenue, M, mesure la probabilité qu'un emploi s'installe définitivement dans une ville. Soit V le vecteur des

1 - Supposons d'abord que les nouveaux emplois sont distribués également : 100 dans chaque ville. Le système va évoluer de la façon suivante (en chiffres arrondis)

Période :	0	1	...	3	...	5	7
Villes A	100	130		118		110	108
B	100	40		23		21	20
C	100	60		53		52	52
D	100	150		169		174	176
E	100	120		138		143	144
							(Total = 500)

Au bout de sept périodes, les emplois sont très inégalement répartis.

2 - Imaginons que la planificateur veuille éviter cette inégalité dans la distribution des emplois. Il décide d'implanter les cinq cents emplois nouveaux en les concentrant dans les villes défavorisées B et C.

Périodes :	0	1	...	3	...	5	7
Villes A	50	135		128		114	109
B	300	75		27		22	20
C	100	80		54		52	52
D	50	95		154		169	175
E	0	115		137		142	144
							(Total = 500)

Bien que les créations initiales d'emplois aient été différentes, le système abandonné à lui-même retombe dans le même équilibre.

3 - Notre aménageur, excédé par la résistance de ce système urbain, décide de frapper un grand coup : non seulement, on réservera les cinq cents nouveaux emplois aux villes déprimées B et C, mais encore, on en prélèvera sur les villes les plus favorisées (ce qui sera indiqué par des créations négatives d'emploi : la politique que préconisait J-F Gravier en déplaçant brutalement des emplois de la région parisienne vers la province) :

Périodes :	0	1	...	3	...	5	7
Villes A	0	320		224		149	121
B	1000	250		57		32	24
C	500	150		60		54	53
D	- 800	- 20		118		154	168
E	- 200	- 200		41		111	134
							(Total = 500)

emplois nouvellement créés. Après t périodes, la distribution W des emplois dans le système urbain sera

$$W = M^t \cdot V$$

Comme M est une matrice stochastique, on sait que pour t suffisamment grand, $M^t = M^{t+1}$, ce qui montre que le système a atteint une position d'équilibre. On voit qu'elle correspond au vecteur propre de M dont la valeur propre est 1. Suivant que cette valeur propre est simple ou multiple, le système admet un ou plusieurs états d'équilibre.

Les oscillations du système ont été très violentes, ce qui, dans un marché de l'emploi, entraînerait des conséquences très douloureuses, mais quelle que soit la violence des perturbations initiales, le système, une fois abandonné à lui-même, revient toujours à son équilibre. Le nombre et la nature des positions d'équilibre, ainsi que le temps nécessaire pour les atteindre, sont l'objet d'études plus complexes. Il suffit ici de montrer cette propriété fondamentale des systèmes, cette capacité à échapper aux interventions extérieures pour se déterminer de façon spontanée.

Tout se passe comme si un système était un « sujet » autonome. C'est là une propriété qui peut être très troublante et particulièrement gênante pour les urbanistes et les aménageurs dont le rôle est d'agir et qui ont presque toujours affaire à des systèmes. Il est vrai que souvent, ils n'en ont pas conscience.

Supposons que l'équilibre qu'atteint le système dans notre petit exemple ne soit pas acceptable. Les pouvoirs publics chargent un urbaniste de proposer une meilleure situation. Il peut agir de deux façons bien différentes :

- Il peut maintenir le système hors de cet équilibre détestable en créant chaque année des emplois dans les villes qui en manquent (B et C), comme un bras écartant le fil d'un pendule qui tend à revenir à la verticale. C'est l'un des buts principaux de la fiscalité et de l'aménagement dans les pays développés : par des redistributions renouvelées chaque année, on maintient un système social et économique vicieux dans une situation artificielle que l'on croit plus satisfaisante.

- L'autre solution consiste à réformer le système lui-même, c'est à dire à modifier la matrice M. Dans notre exemple présentant des flux d'emplois dans un réseau urbain, l'urbaniste devrait limiter le nombre de sous-traitants dépendant d'une grosse entreprise et favoriser de grosses PME dans les villes déficitaires. De telles réformes sont beaucoup plus efficaces mais plus difficiles à mener et plus douloureuses pour les intérêts établis.

Dans l'une des premières simulations informatiques d'une évolution urbaine, Jay Forrester a amplement montré qu'une politique d'aménagement tentant de modifier des systèmes urbains (celle de la *Great Society* de Lyndon Johnson au cours des années 1960) pouvait non seulement échouer, mais produire des résultats opposés à ceux qu'elle visait : au lieu d'améliorer le logement des pauvres, la politique fédérale d'aide à l'habitat risquait d'aboutir à aggraver la situation du logement social (Forrester, 1961).

3.2 - Les systèmes auto-organiseurs

S'il est avéré que tout système résiste au changement, du moins entre certaines limites, peut-on aller plus loin et imaginer des systèmes qui seraient capables non seulement de retourner d'eux-mêmes à l'équilibre, mais de se réorganiser spontanément après avoir subi des perturbations extérieures, c'est-à-dire de se créer un nouvel équilibre qui n'existait pas auparavant.

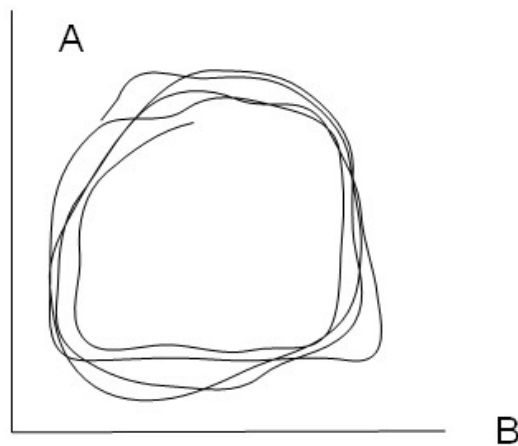
Ce serait là faire un saut épistémologique considérable : la capacité d'inventer spontanément un nouvel équilibre, de « s'auto-organiser » paraissait jusqu'ici réservée aux êtres vivants et semblait si mystérieuse que certains (les « vitalistes ») y voyaient une propriété caractéristique qui leur semblait prouver que la vie n'est pas un phénomène purement matériel. C'était, comme aujourd'hui l'« Intelligent Design », un moyen de ré-introduire la religion dans une science qui en avait tant souffert et avait eu tant de mal à s'en débarrasser.

Certes, il est troublant de voir le cerveau humain, après qu'un traumatisme ait détruit certains neurones, confier, si l'on peut dire, le rôle de ces centres anéantis à d'autres parties du cerveau. Des malades frappés d'aphasie après un accident peuvent recommencer à parler. L'on

observe alors que la fonction de la parole a changé de localisation.

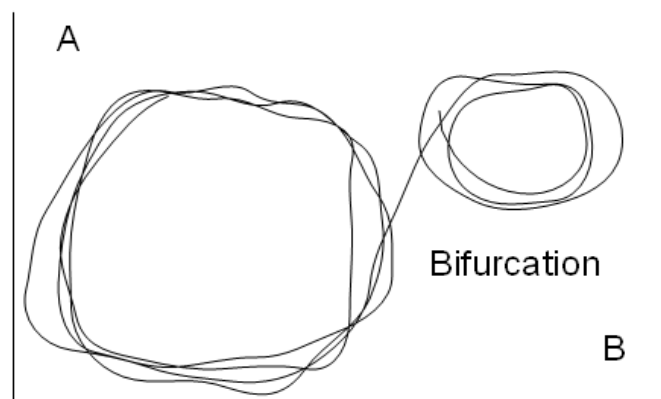
L'auto-organisation ne peut être cependant réservée aux phénomènes biologiques : le même problème se pose aux informaticiens et plus généralement aux ingénieurs modernes qui conçoivent des machines extrêmement compliquées. Le très grand nombre de pièces qui les constitue les rend très fragiles. Doubler les circuits d'un avion pour éviter les pannes, c'est aussi doubler (ou plutôt multiplier par un facteur supérieur à 2) les occasions de panne.

Il faut donc imaginer un ensemble qui soit plus fiable que chacune de ses parties. Un tel ensemble serait paradoxal et irréalisable s'il n'existait des systèmes auto-organiseurs capables, en quelque sorte, de « se réparer » eux-mêmes.



Les physiciens appellent « espace des phases » un espace dans lequel un système évolue au cours du temps. Considérons, par exemple, un système simple formé de deux variables A et B. Le système évolue et se déplace dans l'espace des phases en traçant une courbe. Des fluctuations aléatoires ou des chocs extérieurs l'écartent parfois de sa trajectoire, mais il tend à retomber de lui-même dans son équilibre : la courbe semble « attirer » le système et est ainsi appelée « attracteur » :

Mais dans le cas de certains systèmes extrêmement complexes, on observe des « bifurcations » : le système s'écarte soudain de sa trajectoire d'équilibre pour en former une nouvelle, un « attracteur étrange », qui correspond à un autre équilibre :



Ces bifurcations font partie de la *Théorie du Chaos* abondamment étudiée par le laboratoire du prix Nobel Ilya Prigogine, à Bruxelles (Prigogine et Steengers, 1979). Des géographes y ont collaboré (Allen & Sanglier, 1981). Certains ont essayé d'en appliquer les concepts au développement urbain (Cf. les remarquables travaux du groupe PARIS : Pumain, Sanders & Saint-Julien, 1989). Il ne s'agit pas de raisonner par analogie, ce qui est toujours dangereux, mais de

remonter en amont de la biologie, à la notion même de système telle que la Cybernétique la conçoit et de montrer qu'elle s'applique aussi aux Sciences Humaines, tout autant qu'aux sciences de la vie.

Les conditions nécessaires, pour qu'un système s'auto-organise, sont qu'il soit constitué d'un très grand nombre d'éléments liés par des relations extrêmement variées et qu'il soit extrêmement sensible à d'infimes différences dans les conditions initiales. On peut supposer que les sciences humaines, où les variables en jeu sont si nombreuses et si étroitement interdépendantes, sont un domaine privilégié de l'auto-organisation. Les études dans ce sens ne font que commencer.

Un problème fondamental des sciences humaines, et qui est au coeur de la géographie, est d'expliquer comment un phénomène change de nature en changeant d'échelle⁸. Le ménage, le quartier, la ville, la région sont tous des ensembles d'individus, mais ils semblent avoir leur vie propre. Une ville et les individus qui la composent n'obéissent pas aux mêmes intérêts. Les sociologues savent bien que la conduite de tel médecin est expliquée par des raisons personnelles, son enfance, ses tendances affectives, mais que le comportement des médecins en général suit une logique toute différente qui obéit aux intérêts d'une classe sociale, aux exigences d'une catégorie professionnelle.

Les géographes savent depuis longtemps qu'une ville ou qu'une région sont plus que la somme des éléments qui les composent, qu'elles sont capables de s'adapter, de se transformer sans qu'il soit possible, en général, d'identifier la personne ou le groupe qui serait entièrement responsable de cette évolution.

La capacité des groupes sociaux, des quartiers, des villes ou des régions à répondre aux perturbations extérieures et à se ré-organiser spontanément est si grande que beaucoup ont imaginé que seule une conscience claire, une volonté explicite pouvaient expliquer ces adaptations. Certains jadis invoquaient la Providence ; d'autres, aujourd'hui, semblent croire à des complots des "classes dominantes", explication tout aussi religieuse. On explique que "les patrons ont voulu telle chose", que "les propriétaires ont suivi telle politique", comme si tous ces hommes, qui certes cherchent leur intérêt, étaient parfaitement et immédiatement informés, n'avaient que des intérêts communs et une pensée unique. Dans les deux cas, « Providence » ou « complot », il s'agit d'expliquer avec la simplicité du bon sens, la régularité de comportements que l'on observe sans bien les comprendre.

La théorie des systèmes auto-organiseurs permet de faire l'économie de ces explications de forme théologique qui n'expliquent rien et qui oublient que l'information circule fort mal, que les hommes ne sont guère capables de prévoir, que les groupes même les plus fermés ne sont jamais monolithiques. Les régularités observées, que ce soit dans la politique du logement, dans celle des transports urbains, ou dans les tendances récentes de l'investissement industriel, peuvent difficilement être attribuées à l'habileté machiavélique d'un homme ou d'un groupe qui sauraient prévoir exactement et agirait au mieux.

Il est plus sage de supposer que l'on est en face de systèmes capables de se réorganiser d'eux-mêmes, sans rien de surnaturel ni de machiavélique. C'est dans ce sens, indiqué déjà par Henri Atlan et Ilya Prigogine, que les géographes peuvent essayer d'avancer. Certains ont déjà bien progressé, non sans audace (Pumain *et al.*, 1989). C'est sans doute l'une des voies de recherche la plus nouvelle et la plus prometteuse ouverte aujourd'hui aux sciences humaines.

⁸ Cf Hegel, G W F (1874) *The Logic, Encyclopaedia of the Philosophical Sciences*. 2nd Edition. London: Oxford University Press. §§107-111, Section III, Theory of Measure,

4- LA SOUS-DETERMINATION DES MODELES

Mais une difficulté demeure : les Sciences Humaines utilisent des variables bien plus nombreuses et moins clairement définies que les Sciences dites « dures », Un ampère, un degré centigrade, un pH sont bien connus. Une mesure de la pauvreté, la composition d'un groupe social, l'état d'un immeuble sont beaucoup plus ambigus. En outre, leur très grand nombre implique des relations extrêmement nombreuses, ce qui fait apparaître un ultime obstacle à la recherche : *la sous-détermination des modèles explicatifs*.

En termes simples, le problème est du au fait que des enchaînements de causes très différentes peuvent produire le même effet observé. Même si le modèle mis au point donne d'excellents résultats, il n'est pas sur qu'il soit celui qui a vraiment produit la situation considérée, auquel cas une politique fondé sur ce modèle risque, au bout d'un certain temps, de diverger en produisant des résultats non-voulus.

Henri Atlan a souvent insisté sur cet obstacle rencontré en biologie, mais aussi en Sciences Sociales (Atlan, 2010) :

« Pour un nombre N d'unités interconnectées, le nombre d'états observables sur l'ensemble du système augmente comme une puissance N du nombre d'états observables sur chaque unité tandis que le nombre de structures de modèles possibles augmente comme une puissance N² du nombre de valeurs possibles ... » (p 17)

Ainsi, le nombre d'états observables EO est une fonction de N mais le nombre de structures possibles SP est une fonction de N² : SP excède très vite EO. En outre, la mesure de l'intensité des liens par le coefficient de corrélation produit une variable continue (-1...1) et non, comme dans les cas des automates traité par Atlan, des variables discrètes (0, 1, ...). Ainsi, le nombre de structures capables d'expliquer une certaine situation observée est infini. Même en arrondissant les mesures, en ne considérant que des groupes de résultats, ce nombre est d'ordinaire très élevé. Comment savoir si l'explication donnée par le chercheur correspond bien aux causes du phénomène ?

S'il veut être rigoureux, un chercheur ne devrait pas seulement accumuler le plus grand nombre possible d'observations mesurées avec la plus grande précision possible (c'est à dire quantitatives), il ne devrait pas seulement construire un modèle vraisemblable et le tester sur ses observations, mais il devrait aussi suggérer d'autres modèles possibles et justifier son choix d'un modèle plutôt que d'un autre. En outre, lorsque, en tant qu'urbaniste, il est chargé d'intervenir et de modifier une situation observée, il lui faut s'assurer que son action, toute vraisemblable qu'elle est, n'aboutira pas à un résultat opposé, ce qui est fort possible dans le cas d'un système. On est loin des solutions immédiates proposées par le "bon sens". Descartes le savait bien qui recommandait de briser un raisonnement en éléments aussi petits que possibles avant de les soumettre à l'intuition, ce qui revenait à construire un modèle logique.

La croyance au "bon sens" ne relève pas seulement de la commodité ou de l'ignorance, mais participe à un mouvement d'idées important que l'on peut faire remonter au début du XX^e siècle. Alors que les deux siècles précédents avaient fondé la science moderne, des courants de pensées ont essayé de revenir sur les progrès de la science et de répandre un esprit "anti-scientifique" dont nous pouvons observer la force aujourd'hui. En Europe, après la Grande Guerre⁹, il s'est agi d'un mouvement conservateur et ruraliste opposant la connaissance profonde de la nature qu'aurait

⁹ Le plus important théoricien de ce mouvement a été Oswald Spengler, dont l'ouvrage *Le déclin de l'Occident* (1923) a influencé les mouvements anti-urbains depuis un demi siècle. (<http://www-ohp.univ-paris1.fr>)

accumulée, par son bon sens et sans même s'en rendre compte, le paysan, "homme de la terre", par opposition à l'"homme artificiel", l'habitant des grandes villes¹⁰ :

"Les hommes possédaient jadis de profonds instincts biologiques et collectifs qui les faisaient servir à leur insu le bien de l'espèce et le bien de la cité ; ils voyaient loin sans en avoir conscience, et leur humble effort personnel, capté par une finalité supérieure à laquelle ils s'adaptaient spontanément, contribuait à l'édification harmonieuse de la société et de l'avenir. ... Or la décadence des mœurs a isolé, atomisé les individus." (Thibon, 1940, pp 160-161)

En outre, des groupes religieux, en particulier des évangélistes américains, ont apporté, avec la puissance de leurs ressources, leurs convictions anti-scientifiques en Europe : croyance dans un "Dessein intelligent" (*Intelligent Design*), donc en l'existence d'un Dieu, luttes passionnées contre le Darwinisme en faveur du Créationisme, affirmation que l'Univers n'a pas plus de 8 000 ans (Creationism), et même l'affirmation que la terre est plate (*Flat Earth Theory*) comme le voudrait la Bible et le "bon sens" :

"...the Spherical Earth model is extraordinary and runs contrary to all of our senses". Daniel Shenton , Flat Earth Society, theflatearthsociety.org.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN P, SANGLIER M. (1981) « Urban evolution, self-organization and decision making », *Environment & Planning, A* 13, 167-183

ATLAN H (1972) *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, Paris

ATLAN H (1979) *Entre le cristal et la fumée*, Le Seuil, Paris

ATLAN H (2010) *L'avenir de la prédiction*, Conférence du 12 octobre 2010, Institut Diderot, Paris.

BERGSON H. (1941) *L'évolution créatrice*, Quadrige, PUF, Paris.

BOREL E, ed. (1914) *Le hasard*, Librairie Félix Alcan.

CICERI M-F (1974) *Méthodes d'analys multi-variée dans la géographie anglo-saxonne*, Thèse de doctorat, Paris-1, à charger sur <http://www-ohp.univ-paris1.fr>.

CICERI M-F, MARCHAND B, RIMBERT S. (1977) *Introduction à l'analyse de l'espace*, Masson, Paris. (ré-édition chez Armand Colin en 2012).

CURRY L. (1964) « The random spatial economy : an exploration in settlement theory », *Annals, American Association of Geographers*, vol 54, 138-146.

FORRESTER J. (1961) - *Urban Dyamics*, MIT Press, Cambridge, Mass.

GEORGESCU-ROEGEN N (1977) - *Economics and the entropy law*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

¹⁰ Cf analyse dans Marchand B (2009) *Les ennemis de Paris, la haine de la grande ville des Lumières à nos jours*, Presses de l'Université de Rennes ; discussion détaillée dans <http://www-ohp.univ-paris1.fr>

- LEVY-STRAUSS C (1958) *Anthropologie structurale*, Paris, Plon.
- MARCHAND B. (1984) - « Urban growth models revisited : cities as self-organizing systems», *Environment & Planning, A*, 16, 949-964
- MONOD J. (1970) - *Le hasard et la nécessité*, Le Seuil, Paris.
- OLLSON G. (1965) - « Distance and human interaction, a migration study », *Geografiska Annaler*, 47, 3-43.
- PUMAIN D, SANDERS L & SAINT-JULIEN Th (1989) *Villes et auto-organisation*, Economica, 191 p.
- SAVAGE L J. (1972) - *The foundations of statistics*, Dover, New-York.
- SPENGLER O (1917-1923) - *Der Untergang des Abendlandes*, DTV München ; traduction : *Le déclin de l'Occident*, 2 vol, Gallimard, NRF.
- THIBON G (1940) *Diagnostics, essai de psychologie sociale*, Librairie de Médicis
- Von FOERSTER H. (1960) - « On self-organizing systems and their environments », in *Self-organizing systems*, Eds M.C. Yovits & S. Cameron, Pergamon Press, New-York.
- WIENER N. (1967) - *The human use of human beings : Cybernetics and society*, Avon Books, New- York..
-