

La forme peut-elle libérer la prisonnière du carrefour ?

Vers une théorie de la forme en géographie

Martin P.

Université d'Avignon
UFR Lettres et Sciences humaines
UMR ESPACE 6012 du CNRS
case n°17 - 74 rue L. Pasteur - 84029 Avignon cedex 1
philippe.martin@univ-avignon.fr

I. Du carrefour à la forme : un cheminement espéré

La géographie est traditionnellement présentée comme une science au carrefour de plusieurs disciplines (géologie, écologie, sociologie, économie, etc.) et de plusieurs mondes (naturel et anthropique) (Dortier J.F., 2004). Certains s'en défendent certes et l'imaginent sociale. D'autres n'adhèrent pas non plus à cette idée et situent leurs réflexions, plutôt, dans le monde des sciences de la nature en surfant de fait sur une angoisse sourde et en jouant parfois avec brio sur les notions d'aléa et de vulnérabilité dans une société qui, nous le savons depuis les travaux d'U. Beck, est « la société du risque » (2001).

Or il se trouve que toutes ces réflexions sont classées, regroupées, au moins académiquement, mais non moins de façon évidente par un large public, sous la bannière de la Géographie ce qui renforce l'idée d'une science floue au carrefour de beaucoup de choses. Que dit par exemple à ce propos le « *Dictionnaire de la géographie et des espaces des sociétés* » de J. Levy et M. Lussault (2003) dans son introduction ? « [...] trois courants apparemment antithétiques se présentent, au sein du *Dictionnaire* comme des contributions compatibles et complémentaires : celui de « l'analyse spatiale », celui de la « géographie culturelle » et celui (non encore complètement identifié) de la « nouvelle géographie de l'environnement » » (p. 14).

Osons un trait d'humour pour montrer la difficulté de la tâche des géographes car l'expression : « non encore complètement identifié » renvoie, selon les auteurs, « [à la réintégration des] apports de la géomorphologie, de l'hydrologie, de la climatologie, de la biogéographie et, plus généralement, des sciences de la nature, dans une géographie reconnue comme une science sociale ». Cette réintégration est certainement souhaitable afin de revenir sur une séparation préjudiciable à nos yeux, mais toute la

question est de savoir comment y parvenir. Plusieurs voies, au moins, semblent possibles. Dans ce texte nous allons proposer de le faire à partir de la notion de forme. L'objectif lointain restant de développer une théorie de la forme en géographie (Martin P. 2000a et b, 2003a et b, 2004).

A. Du risque à l'hétérogénéité spatiale : une base possible

L'une de ces voies est celle du risque, des risques que fait courir, à la société, l'environnement entendu dans toutes ses dimensions. Nous nous limiterons ci-dessous à l'un des trois sens possibles de cette relation, celui que l'on pourrait appeler le sens habituel et que l'on peut résumer ainsi : l'humanité est soumise à des risques liés au fonctionnement propre de la nature. Toutefois il nous faut rappeler qu'il faudrait aussi envisager la question sous l'angle inverse : l'humanité produit des changements environnementaux qui la menacent (sorte d'effet boomerang) et enfin sous un angle global, celui de la catastrophe systémique telle qu'elle est définie par J.P. Dupuy (2005, p. 100-101). Celle-ci est certes une « discontinuité radicale qui se produit sur un fond de dynamique continue » (p. 63) mais qui met aussi en jeu des interactions entre des domaines très variés de la nature et de la société ce qui génère des conséquences radicalement extraordinaires pour l'humanité. La pire pouvant être sa disparition. Il pourrait en être ainsi avec le réchauffement climatique qui associe un effet boomerang et une dimension systémique et qui, au fond, ne découle d'aucune mauvaise intention individuelle, - ce qui est en soit paradoxal - et que l'on évite de penser en supposant que la science et la technique qui l'ont produit en permettant l'utilisation massive des énergies fossiles, vraisemblablement, résoudra ou limitera le problème, par exemple en « séquestrant » le carbone. Saluons certes cet optimisme mais soulignons toutefois que même les accords de Kyoto ne sont pas à la mesure du problème, ce dont chacun convient maintenant.

1. Catastrophe systémique et catastrophisme éclairé

Partant de telles considérations J.P. Dupuy propose ce qu'il appelle la « méthode du catastrophisme éclairé [qui] consiste [...] à traiter la catastrophe future sur le mode du destin, d'une fatalité, ne résultant d'aucune intention humaine, mais un destin ou une fatalité que nous restons libre d'écarter » (2005, p. 28). Or poursuit-il (p. 29) « l'obstacle majeur qui s'oppose à l'attitude que constitue le catastrophisme éclairé [...] tient à ce que j'appelais en commençant [ce livre] l'orgueil métaphysique de l'humanité moderne. Tout ce qui fait la finitude de l'homme est rabattu au rang de problème que la science, la technique, l'ingéniosité humaine permettront tôt ou tard de résoudre. »

Et la conséquence de cette posture est la suivante (p. 103) : « Celui qui croit que l'humanité saura toujours

trouver dans la science et la technique la solution aux problèmes engendrés par la science et la technique, comme elle l'a toujours fait dans le passé, celui-là ne croit pas à la réalité de l'avenir. L'avenir, dans cette conception, nous le faisons : il est donc aussi indéterminé que notre libre arbitre. [...] [...] l'avenir réalisé sera celui que nous aurons choisi. Le catastrophisme éclairé tient cette déréalisation de l'avenir pour l'obstacle métaphysique majeur. Car, si l'avenir n'est pas réel, la catastrophe future ne l'est pas davantage. Croyant que nous pouvons l'éviter, nous ne croyons pas qu'elle nous menace ».

Pour sortir de là que faut-il ? Il faut rendre l'avenir réel, c'est-à-dire le rendre pensable donc le faire dépendre de quelque chose. Ceci implique qu'il soit porté par quelque chose comme une extrapolation peut l'être par le « prolongement analytique » (Thom R. 1983, p. 91). Ces éléments constituant à la fois des contraintes et des potentiels. Cela conduit à reconnaître peut-être plus fortement que notre liberté est dépendante des lois de la nature du moins à un certain niveau.

D'une certaine façon, parler de durabilité, d'état durable, de dynamique durable (le développement par exemple) c'est déjà penser ce futur ; c'est le faire exister et l'on sait l'importance de ce questionnement aujourd'hui que l'on ne peut tout de même pas considérer comme étant seulement une mode, mais comme étant aussi le révélateur d'une angoisse et/ou le moyen de faire survivre le système économique planétaire actuel affronté à la finitude du monde (Latouche S. 2004).

Pour faire advenir un futur acceptable il faut ainsi d'une part l'envisager en termes de résilience et/ou de tendance, donc de structures et d'ordre transcendant dont l'intelligibilité du monde est une face, mais aussi, d'autre part, modifier notre posture et rendre les hommes, les hommes modernes en quelque sorte, plus modestes, plus humbles, moins soumis à un « orgueil métaphysique ». Il s'agit donc de relativiser la toute puissance postulée de l'humanité, c'est-à-dire largement du système socio-scientifique occidental.

Or tel n'est pas le cas. Le réchauffement climatique et bien d'autres choses (baisse de la biodiversité, etc.) le montrent. En conséquence il convient de développer des exemples, des recherches qui permettent d'éclairer la clôture et la finitude de notre monde tout autant que sa cohérence et son étrangeté. Certes il est intelligible pour le moins en partie mais cela ne nous autorise en rien à penser qu'il l'est totalement et qu'en conséquence il pourra être entièrement piloté, du moins dans un avenir prochain.

Pour parvenir à cette posture basée sur une vision moins à court terme du monde, l'une des possibilités est d'avoir un ouvrage à mettre et à remettre sur le métier, une question à traiter qui permette de penser, de discuter, d'accepter *in fine* cette limitation intrinsèque.

Dans cette perspective la forme apparaît comme un moyen de souligner notre finitude car elle échappe

doublement à notre entendement d'hommes modernes (pas à notre perception). Elle y échappe d'une part parce qu'elle fut écartée de la science (obstruction galiléenne) - en cela elle reste une frontière de notre connaissance scientifique - mais elle y échappe aussi parce qu'elle ne peut exister que si elle est close, finie et cohérente, que parce qu'elle est par définition limitée, ceinturée d'une discontinuité. Ces éléments en faisant un objet géographique évident. En outre elle est l'un des constituants de cette hétérogénéité spatiale perçue et à modéliser, déployée sur l'interface terrestre qui est au cœur de la discipline. En conséquence elle peut être envisagée comme un modèle géographique nécessaire à discuter l'idée de finitude. La forme, dans cette perspective, est un outil au service d'un changement majeur de paradigme et la géographie une discipline au cœur d'un mouvement nécessaire à éviter la catastrophe systémique. Le positionnement de la géographie par construction à la charnière homme-nature devant en toute logique conduire certains de ses membres à reprendre le concept de catastrophisme éclairé.

En d'autres termes la voie du risque prise dans sa globalité (catastrophe systémique) transcende de façon évidente les limites entre géographie physique et géographie humaine et conduit à soulever comme problème emblématique celui de la forme qui par ailleurs peut être plus directement un point d'appui commun.

Cela étant, tout risque a une dimension spatiale et la géographie a plus particulièrement en charge, pour nous, de rendre compte de la dimension spatiale du monde.

2. Dimensions spatiales du risque

Ainsi donc dans une perspective heuristique il ne faut point s'arrêter aux glissements de terrains, aux inondations et autres tempêtes. Il faut aussi envisager d'autres risques comme les risques physico-chimiques, biologiques, etc. avec leurs implications sociétales.

Toutefois, même si la culture humaniste et naturaliste des membres de la communauté des géographes est évidemment riche, elle peut très bien s'avérer largement insuffisante pour traiter les problèmes en jeu et prendre en compte les développements réalisés dans des sciences connexes. La spécificité de notre discipline ne s'en trouve guère précisée.

Ainsi le risque climatique relève-t-il plus de la physique de l'atmosphère et d'une statistique parétienne que de l'état moyen observé au dessus d'une zone particulière de la surface terrestre. Il est en rapport avec des phénomènes extrêmes, pas avec les moyennes et les récurrences fortes qui définissent les climats. De même les grands glissements de terrains ont plus à voir avec la rhéologie, avec la mécanique des roches qu'avec l'érosion, fut-elle anthropique. La remarque pourrait aussi bien s'appliquer aux tremblements de terre qui relèvent de la tectonique des plaques et guère de la géomorphologie. Que dire dans ces conditions des risques biologiques (pandémie ou

autres) ? Il est clair que leurs traitements échappent au géographe sollicité au mieux pour spatialiser le phénomène. Là est reconnu une spécialité, une spécificité de la discipline qui n'est évidemment pas sans rapport avec ce qu'elle peut avoir de plus original et que nous pourrions définir comme la prise en compte de la dimension spatiale, à toutes les échelles, du monde, de l'interface terrestre que nous peuplons et transformons.

Ainsi donc comme l'aléa et la modélisation du risque échappent largement à la démarche du géographe celle-ci ne peut qu'être centrée sur la vulnérabilité. Il est évident qu'à ce niveau la dimension spatiale est essentielle et qu'elle recouvre deux modalités. La première est celle de la densité ; c'est-à-dire celle de la quantité d'hommes, de capital, de connaissances, etc. qui est amassée en un lieu et qui donc peut être détruite par un événement nécessairement localisé et localisable. La seconde est celle de la dispersion, de la propagation des forces, des polluants, etc. libérés au moment de la crise, voire de l'onde de choc qui dans certains cas peut être visible même sur les marchés boursiers comme après l'attaque des Twin towers.

Dans ce cadre l'espace tangible joue à deux niveaux. Le premier est celui de la variation des concentrations (des polluants par exemple) et des forces. Le second est celui de la propagation du phénomène dont il est peu fréquent, pour de nombreuses raisons, qu'elle soit isotrope. Il en fut ainsi pour les nuages de Bhopâl et de Tchernobyl. Ces deux niveaux se combinant. La propagation est généralement associée à l'amortissement du phénomène. Parfois, comme avec certains tremblements de terre, apparaît un effet de site (à Kôbe par exemple). Dans certains cas, peut-être assez rares, la propagation est relativement isotrope mais des effets de sites vont soit accroître l'amortissement soit amplifier le phénomène. Ce fut le cas avec le tsunami de décembre 2004 dans l'océan Indien. Il faut donc considérer avec attention ces processus spatiaux d'amortissement et d'amplification, eux-mêmes en rapport avec des éléments morphologiques (effet Venturi par exemple avec le vent).

Ce qui leur est sous-jacent, commun, c'est la notion d'hétérogénéité spatiale. Ceci a des conséquences importantes en termes de vulnérabilité. Le vrai risque, le risque majeur - celui qui conduit à des destructions massives - c'est celui qui résulte de la rencontre de différentes hétérogénéités. Un ouragan sur les Caraïbes est important non point en raison de sa puissance mais parce que sa trajectoire pourra ou non affecter tel ou tel établissement humain qui aura un rang faible dans une structure hiérarchique (« loi » de Zipf). En quelque sorte la vulnérabilité potentielle est l'articulation d'au moins deux phénomènes dont l'un est a-spatial (la puissance délivrée par exemple pour un ouragan ou un tremblement de terre dont la statistique suit aussi une loi puissance ; loi Gutenberg - Richter en géologie (Dubois J. 1995, p. 111-117), loi de Pareto (Zajdenweber D. 2000, p. 52-63)

mais avec un phénomène de plafonnement vers environ 300 km/h et lié à des considérations physiques) et l'autre spatial dans la mesure où les établissements humains ont tendance à se concentrer en certains points et à s'organiser selon des réseaux et des structures fractales hiérarchiques (fractales paraboliques le plus souvent (Laherrere J. 1996, Martin P. 2004, p. 134 et suivantes)).

Apparaît ici clairement le rôle que la géographie a à jouer dans de telles problématiques dans la mesure où elle articule, où elle fonde sa démarche sur l'hétérogénéité spatiale, sur les différences de densités, de densités humaines, de densités en capital, etc.

Or cette hétérogénéité est générale. C'est une sorte de constante que l'on retrouve quelles que soient les disciplines que l'on questionne. C'est une constante car elle est consubstantielle au processus de constitution des entités qui s'établissent en fonction -1- d'une cohérence à la fois spécifique, propre et partagée (stabilité structurelle), -2- d'une fermeture sur elles-mêmes (clôture, morphologie) et -3- d'une morphogenèse, d'un processus spatial de cristallisation de formes, cela avant de pouvoir s'associer et échanger avec d'autres entités. Dans certains cas (le vivant par exemple) ces associations font émerger des organisations radicalement nouvelles dont les propriétés ne sont pas moins radicalement nouvelles. En d'autres termes l'idée même d'hétérogénéité spatiale renvoie à une constitution en entités particulières du monde généralement dotées d'une forme spécifique et qui sont en interaction. C'est-à-dire à l'émergence et à la cristallisation d'un ordre spatial dont la stabilité est liée autant à son caractère ordonné qu'à sa matérialité comme le souligne R. Thom : « L'évolution vers un état plus stable d'un système pourrait, en revanche, être liée à l'apparition d'un ordre » (1983, p. 41). Cet ordre se développant et étant développé à plusieurs échelles (Martin P., *In* Volvey A. (sous la direction de), à paraître).

Le problème de l'hétérogénéité spatiale est donc un problème largement trans ou interdisciplinaire. S'il peut être une question importante pour notre discipline, il peut difficilement en constituer seul la problématique centrale.

B. De l'hétérogénéité spatiale à la complexité : une évolution subséquente

Or tout ceci relève de ce qu'il est convenu aujourd'hui d'appeler la complexité dont rendent compte les théories du même nom. Ces constructions mettent au fond en évidence des évolutions possibles qui peuvent être radicalement nouvelles (bifurcation) - c'est l'aspect dynamique - et les modalités de constitution de l'apparaître morphologique, des formes et des cohérences spatiales, c'est-à-dire de la morphogenèse. C'est l'aspect le plus spatial du problème. Historiquement ces théories ont été développées par des mathématiciens (théorie des catastrophes (Thom R., 1977), du chaos (Berge P. & al. 1988, 1998), géométrie fractale (Mandelbrot B. 1975) ou des physiciens (approche de la turbulence (Ruelle D. &

Takens F. 1971 ; Ruelle D. 1991), par des chimistes (auto-organisation loin de l'équilibre (Nicolis G. & Prigogine I. 1992 ; Vidal C. & al. 1994) ou des biologistes (autopoïèse (Maturana H & Varela F. 1980), par des informaticiens (automates cellulaires (Heudin J.C. 1994, 1998) ou des économistes (persistance des chocs Abraham-Frois G. & Berrebi E. 1995, Guegan D. 2003), etc. et donc sur des exemples qui ne relevaient pas principalement de la sphère anthropique au sens strict.

Les choses ont commencé à changer en particulier avec l'introduction de la complexité en économie et surtout dans le domaine de la finance (Levy Vehel J. & Walter C. 2002). Ceci ne fut possible que parce qu'un certain nombre de fonctionnements ou de caractéristiques reconnus pour des objets naturels l'ont été aussi pour des objets anthropiques. Rappelons que beaucoup de fonctionnements naturels sont de nature fractale ou chaotique (chaos déterministe) tout comme de nombreux phénomènes anthropiques. Ceci est un point important dans une perspective de naturalisation ou de re-naturalisation de certaines approches en sciences humaines. Cela explique l'utilisation de méthodes, de procédés, de programmes développés initialement en physique ou dans les sciences de la terre, en économie et en finance. C'est par exemple le cas de la statistique de Hurst (hydrologue anglais ayant travaillé sur le Nil) pour rendre compte en économie de certains cycles et des effets de persistance et d'antipersistance (Hurst H.E. 1954, Hurst H.E. & al. 1965, Lardic S & Mignon V. 1996, Mignon V. 1998). Ces éléments permettent au moins de conforter une intuition et de reprendre une hypothèse déjà ancienne puisqu'elle remonte aux Présocratiques et que l'on peut résumer de la façon suivante en reprenant une citation de R. Thom (1977, p. 327) : « les situations dynamiques régissant l'évolution des phénomènes naturels sont fondamentalement les mêmes que celles qui régissent l'évolution de l'homme et des sociétés. » Nous évoquerons cette idée en parlant de naturalisation (Martin P. 2004, t.1, p. 149 et suivantes pour une approche plus complète sur ce thème).

R. Thom est à la base des sciences dites de la complexité. Ces « catastrophes » au sens strict pouvant être considérées comme des attracteurs. Or s'inscrire dans le cadre de la complexité pour des activités relevant du social revient à considérer, au moins implicitement, que les principes qui gouvernent cette complexité dans la nature sont aussi ceux qui la déterminent dans la société. Les fluctuations du CAC 40 sont fractales non point parce qu'elles sont économique-sociales mais parce qu'elles relèvent des mêmes principes que l'évolution chaotique d'une population d'insectes. Certes le hasard peut être bénin ou sauvage, les fluctuations peuvent être limitées mais nombreuses ou amples et rares, pour reprendre la classification proposée par B. Mandelbrot (1997) mais il n'en reste pas moins que les principes sous jacents sont de même nature et qu'ils relèvent des sciences naturelles et

pas de la société. Celle-ci n'a pas actuellement les moyens, par exemple, de contrôler le chaos ou le hasard.

En d'autres termes nous avons là une base possible d'une unification, à un niveau abstrait, conceptuel, des champs de la géographie physique et de la géographie humaine. Reste à trouver l'objet d'étude, l'exemple, le problème pratique à aborder dans ce cadre.

Sur une telle base, en reconsidérant l'idée de naturalisation à partir, en particulier, des sciences de la complexité et son prolongement informatique (intelligence artificielle, automates, etc.), en développant l'idée de cause formelle et donc en réintroduisant un certain aristotélisme, il est possible, nous semble-t-il, de redonner une unité à la géographie en la fondant sur ce socle conceptuel et non plus exclusivement sur l'idée de cooccurrence dans des aires voire sur celle du déterminisme newtonien, problème sur lequel s'est divisée la discipline. Dans une telle perspective la place de l'environnement change du tout au tout. Il n'est plus l'enveloppe, l'ailleurs d'où seraient issus les risques naturels mais une expression de règles communes régissant la marche du monde. Partant, le schéma dichotomique classique de la modernité (homme-nature ; etc.) s'en trouve fortement altéré ; ce qui est par ailleurs tout à fait en accord avec d'autres évolutions sociétales comme l'affaiblissement de l'opposition entre privé et public, etc.

Dans une telle perspective l'idée de forme, de morphologie, de morphogenèse acquiert une place centrale, ce qu'elle n'a jamais eu jusqu'à aujourd'hui ce qui pour nous - et nous verrons pourquoi ci-dessous - a été fort préjudiciable à la discipline. Ceci découle de ce que nous avons pu nommer : aporie de la géographie (Martin P. 2003b, p.161, 2004, T1, p.74) et que nous pouvons résumer de la façon suivante.

La question de l'objectivation des formes étant donc posée, comment la géographie peut-elle se dire la science de l'espace différencié, c'est-à-dire d'un espace qui a une morphologie, et de ce fait se trouver obligée d'utiliser le concept de formes - puisque celles-ci, naturelles ou anthropiques, pavent l'ensemble de l'interface terrestre - alors même que les tenants d'une approche scientifique classique (galiléenne) dénie toute scientificité à ce concept de formes (obstruction galiléenne selon le mot de J. Petitot (1978, p.43)) ? Comment fonder une science comme la géomorphologie sur un concept reconnu comme non scientifique ?

C'est, nous semble-t-il, la question fondamentale dont la réponse conditionne la recherche géomorphologique en particulier et la recherche géographique en général. Si la forme est un concept relevant de l'esthétique ou de l'artistique, du psychologique ou du perceptif quelle utilité, quel sens peut-il y avoir à en mesurer les manifestations selon une métrique et un protocole rigoureux ?

Ainsi si la géographie se donne pour projet d'étudier un espace différencié (l'interface terrestre) et qu'elle ne

dispose pas, pour ce faire, d'un concept objectif pour la limite - concept qui détermine celui de forme - sur lequel fonder son discours, alors elle se trouve dans une difficulté logique (aporie) qu'elle ne peut résoudre que d'une seule façon si elle ne souhaite (ou ne peut) pas rompre l'obstruction galiléenne. Cette solution consiste à invoquer la seule action (au demeurant bien réelle) d'agents ou d'acteurs. Soulignons qu'en géomorphologie cette démarche aboutit, au mieux, à des bilans de masse ($m^3/km^2/an$ par exemple) mais jamais à l'explicitation des morphogenèses. En clair l'intégration des flux ne permet pas d'aboutir aux formes. Mais il y a plus.

Si les limites et les formes ne sont que le résultat de processus physiques ou historiques, alors l'explication causale n'est pas géographique au sens où elle n'est pas liée à la dimension spatiale du monde ; cela dans la mesure où le projet géographique choisi est lui spatial. Pour faire court, nous pourrions dire que c'est l'étude de la mobilité sur et de l'interface terrestre, de toute l'interface terrestre (physique et humaine). Dans une telle configuration l'explication causale est renvoyée à un méta niveau dans lequel nous trouvons des disciplines connexes à la géographie (physique de l'atmosphère, hydraulique, chimie, etc.) mais aussi la géologie plus spécifiquement pour la géomorphologie et en particulier pour la géomorphologie structurale. Dans une telle option quel champ académique, quelle voie de connaissance reste-t-il à la géographie physique ? Manifestement seulement celle de l'approche naturaliste (reconnaissance, description, typologie) et celle de la reconstitution chronologique (évolution, étude de l'évolution de variables).

En conséquence si tel est le cas la géomorphologie mais aussi la géographie se voient largement interdites de développer une réflexion scientifique originale sauf à effectuer soit un glissement de sens et à ne plus parler de formes mais de structures, de champs, de gradients, etc. donc d'objets largement déconnectés de l'apparaître morphologique, soit à n'envisager la forme que comme le résultat d'actions efficaces, mais dans ce cas l'explication de la géomorphologie réside dans l'approche géologique (Peulvast J.P. & Vanney J.R. 2001) et l'explication des formes et des structures spatiales en géographie humaine dans l'économie ou la sociologie. Seule une approche chronologique est alors aisée car le cadre conceptuel est celui d'une objectivité faible liée à la structure à la fois linéaire et ordonnée (avant - après) du temps. C'est ce qui a été très largement pratiqué par la géomorphologie comme en rend compte J.L. Ballais (2000). La géographie humaine restituant, elle aussi, souvent des évolutions.

C. De la complexité à la forme : une évolution indispensable

Il apparaît donc très nettement que d'une part il faut éclairer autant que faire se peut le glissement de sens

entre forme et structure, peut-être par le truchement de la notion de figure, voire de figure self-similaire, et essayer d'autre part, de fonder, ou plus exactement de reprendre les éléments essentiels des développements philosophiques et mathématiques qui permettent de fonder l'objectivité de la forme. C'est ce que nous avons essayé de faire dans un autre texte (Martin P. 2004).

Or il se trouve qu'une telle recherche d'unité est implicitement envisagée par les auteurs du *Dictionnaire de la géographie* dans la mesure où « La raison de cette commensalité retrouvée est, selon nous, à rechercher dans l'existence d'une synthèse plus ou moins latente dans l'ensemble de la collectivité des géographes [...]. Un seul mot peut la résumer : la complexité [...]. » (p. 14).

Ainsi les auteurs du *Dictionnaire* proposent-ils une définition de notre discipline que nous partageons en partie : « La géographie est une science sociale, qui travaille, à travers la dimension spatiale, la tension entre acteurs et systèmes, qui considère avec une égale légitimité explicative la détermination causale et la compréhension, l'analytique et le synthétique, la partie et le tout, le qualitatif et le quantitatif, les formalisations langagières et mathématiques, le texte et la carte, le singulier et l'universel, et qui intègre la nature comme réalité significative au sein du social. Le dépassement de ces antinomies ne se fait pas sur la base d'un compromis mais par une intégration répondant aux objectifs d'un « programme fort » : celui de progresser dans l'intelligence de l'espace des hommes et d'apporter ainsi une double contribution à la maîtrise de cet espace par ses acteurs, petits ou grands, et d'enrichir la connaissance transdisciplinaire du monde social. » (p. 14).

Il est certes toujours très difficile de donner une définition dans la mesure où celle-ci devrait intervenir comme une conclusion d'une réflexion ce qui est impossible dans une matière en construction. Soyons donc reconnaissants aux auteurs de s'être adonnés à l'exercice. Il nous permet de mieux poser les problèmes. Mais à la lecture, le sentiment qui prédomine est quand même celui d'une géographie plus que largement soumise à des influences multiples. L'idée de carrefour n'en est pas totalement exclue.

Soyons reconnaissant aussi aux auteurs d'avoir tenté de préciser le projet géographique. Nous ne pouvons que souscrire à ce programme fort de faire progresser « l'intelligence de l'espace des hommes ». La formule est riche. Elle peut s'entendre comme la connaissance de l'organisation spatiale d'un milieu. Cela sous entend que celui-ci n'est pas homogène et isotrope sans quoi il n'y a rien à connaître sauf quelques grandeurs moyennes comme par exemple la température pour un ensemble de molécules plus ou moins agitées. Dans un tel cas il n'y a pas de géographie. Si le milieu quel qu'il soit est

anisotrope cela signifie qu'il est peuplé de limites, de discontinuités dont certaines peuvent souligner la cohérence de formes. L'intelligence de l'espace c'est donc aussi une connaissance des morphologies développées sur ou dans cet espace. Mais c'est donc inévitablement aussi celle des dynamiques, des mobilités sur, et des transformations de, l'apparaître morphologique. Se dessine donc un autre niveau du problème : expliquer la morphogenèse, la stabilité structurelle des configurations spatiales naturelles ou anthropiques qui peuplent en particulier l'interface terrestre.

L'explication réside de toute évidence dans l'action des agents, des acteurs qui se déploient sur cette surface. Mais est-ce suffisant ? Certains soutiendront que oui, d'autres que non. Dans cette seconde hypothèse cela implique que l'espace que nous appréhendons à travers des constructions abstraites (topologie, géométrie, etc.) est un acteur de l'apparaître morphologique. En d'autres termes, l'espace doit-il être l'outil particulier du géographe (comme le temps est celui des historiens) au moyen duquel il fait advenir une connaissance et une compréhension spécifique du monde tangible (à son échelle) dans lequel il vit ; ce que nous avons l'habitude de nommer : l'interface terrestre ? Si la réponse peut être positive gageons que cela lui conférerait un accroissement d'utilité sociale.

Toutefois, si toute science s'édifie dans la réalisation d'un projet elle ne peut guère le faire sans construire des objets scientifiques, sans ciseler des concepts explicites qui seraient les uns comme les autres, dans le meilleur des cas, propres à la discipline. Pour cela elle œuvre sur un champ de manœuvres où elle choisit des objets d'études qui sont autant d'hypothèses et de paris.

En conséquence il nous semble que l'introuvable synthèse actuelle, à laquelle aspirent très légitimement les auteurs, ne pourra exister que dans la mesure où elle sera l'expression d'un socle conceptuel. Et si une critique au fond peut être portée à ces réflexions ce serait celle-là. Autrement dit la recherche d'une définition de la géographie contenant tout ce que les auteurs ont bien voulu rappeler (et peut-être d'autres) ne peut être qu'une marche vers l'abstraction, vers la définition de concepts efficaces c'est-à-dire de concepts dont on peut déterminer le contenu par un moyen sans ambiguïté (Delahaye J.P. 1999, p. 65).

Cependant, à nos yeux une telle liste, largement justifiée quand à ses termes, traduit une difficulté à exprimer le projet de la géographie et pourrait conforter l'idée (ou la pratique) d'une accumulation en tant que telle de connaissances d'autant plus nombreuses que la géographie se situe, par construction, aux confins de différentes disciplines. En cela elle devient la prisonnière d'un carrefour où se croisent moult flux d'informations. Et comme toujours R. Thom (1983, p. 55) avait pointé le problème : « Je continue à croire que c'est uniquement par le biais du perfectionnement des « entités théoriques », comme disent les positivistes, qu'une discipline quelconque

peut espérer faire des progrès vraiment significatifs ». Et il ajoute plus loin (p. 58) : « Se limiter au « fait » ne peut qu'amener à l'accumulation d'une connaissance dépourvue de toute organisation interne, une connaissance chaotique et anarchique. En revanche, si l'on veut véritablement organiser les données de l'expérience, il faut nécessairement procéder d'une manière plus théorique, il convient de disposer de cadres *a priori*. [...]. Les faits doivent plutôt être vus en relation avec une certaine problématique, ce sont des *réponses* à un certain type de *questions* [souligné dans le texte original]. En conclusion, je localise l'effort théorique de la science dans sa capacité d'organiser les données de l'expérience selon des schémas imposés par des structures théoriques. »

En conséquence, pour libérer la prisonnière du carrefour il nous semble qu'il faut la doter d'un projet, d'objets d'études spécifiques et d'une démarche qui puisse produire des connaissances théoriques par ailleurs inaccessibles aux autres champs disciplinaires. Cela implique que son domaine et sa posture soient spécifiques. Nous pensons que l'approche spatiale entendue comme à la fois l'étude et la modélisation de la distribution dans l'espace (à la surface de la terre) des attributs des lieux et comme l'étude et la modélisation des structures (structures mathématiques et abstraites) de l'espace peut être cette voie. Pratiquement cela revient à placer la forme au centre du projet géographique et à se donner comme but la construction d'une théorie de la forme susceptible de rendre compte de l'organisation spatiale de l'interface terrestre. La géographie devrait donc devenir une géographie formelle au deux sens du mot (forme et formalisme).

Pour que cela soit possible il faut voir d'une part dans quelle mesure un programme de recherche sur les formes est possible, et là nous emprunterons beaucoup aux autres sciences, et il faut d'autre part savoir pourquoi cette thématique de la forme n'a pu émerger jusqu'à des temps très récents. Or il se trouve que le développement des sciences de la complexité dans des disciplines connexes à la géographie (mathématique, physique, chimie, biologie, intelligence artificielle, sciences cognitives, etc.) offre les moyens techniques et la possibilité paradigmatique de tenter cette aventure. Toutefois il apparaît aussi qu'il faut nous pencher sur des obstructions c'est-à-dire des postures intellectuelles pour l'essentiel qui ont conduit à une marginalisation, depuis quelques siècles, de cette question.

C'est à une telle introduction en partant d'une des questions qui est au centre de ces interrogations, à savoir celle des formes et de la morphogenèse, que nous invitons ici le lecteur. Ceci est un premier pas vers un dépassement de l'aporie de la géographie.

Le but n'est pas ici de reprendre l'ensemble des problèmes mais de montrer que la géographie peut refonder une unité tout en dépassant le niveau qu'on lui attribue de science carrefour si elle prend conscience que

l'aporie dont elle est victime laquelle prend sa source dans deux obstructions : l'une que J. Petitot (1978) a nommé galiléenne et l'autre que Tocqueville avait déjà identifiée et que nous appellerons « démocratique ».

Ces considérations se placent évidemment en amont de celles dont nous avons déjà traitées et auxquelles nous renvoyons le lecteur (Martin P. 2000a et b, 2003, 2004, 2005). Celui-ci trouvera en particulier dans les tomes 1 et 3 de la publication de 2004 des bibliographies étendues sur la question de la forme en elle-même et dans le cadre d'une société perçue comme étant en crise profonde.

II. De l'ubiquité des formes à la théorie de la forme en géographie

L'ubiquité des formes est une évidence. Peut-il exister quelque chose qui puisse être sans avoir été mis en forme ? Il semble que non sauf le chaos au sens que donnent les grecs anciens à ce mot. Posons donc que toute chose, matérielle ou immatérielle, ne peut être sans avoir été mise en forme et, plus accessoirement pour notre propos, que « Toute chose qui a une forme connaît nécessairement une fin » (Lie Zi 1999, p. 31), ce qui inscrit la forme dans le temps, c'est-à-dire en fait la lie à un principe dynamique (Bois E. 2002).

Pourquoi en est-il ainsi ? Une partie de la réponse réside peut-être dans la question de la dynamique du monde et de l'univers (Bois E. 2002). Celle-ci est un fait d'observation. Or d'un point de vue thermodynamique la nécessaire dégradation de l'énergie si elle doit se faire à un niveau important se réalisera par, ou grâce à, une mise en forme des conditions de cette dégradation ; c'est-à-dire en fonction de morphologies et donc d'une morphogénèse. C'est bien ce que montrent les trop fameuses cellules de Benard. Lorsque la différence de température entre la plaque chaude inférieure et la plaque froide supérieure est faible, le transport de l'énergie se fait par conduction (agitation brownienne des constituants du liquide contenu dans le dispositif expérimental, un volume clos). Lorsque cet écart s'accroît et dépasse un certain seuil, le système bascule et des cellules coordonnées deux à deux envahissent le champ disponible. On parle alors de brisure de symétrie. Le milieu est devenu moins symétrique. Il s'organise. Cela correspond au processus d'auto organisation étudié par I. Prigogine (Nicolis G. & Prigogine I. 1992). Si la différence de température croît encore, au-delà d'un autre seuil, les cellules de taille unitaire se désagrègent en de multiples cellules déployées à toutes les échelles. Le système entre alors dans un état turbulent. La morphologie devient fractale. Cette organisation spatiale permet un transfert maximal d'énergie de la source chaude au puits froid (production forte d'entropie).

A. Forme, limite et cohérence

La morphologie est donc, dans ce cas, la contrepartie de la dynamique elle-même qui découle de la dégradation de l'énergie (Huyghe R. 1971). Cette petite expérience montre le rapport entre l'échelle des phénomènes et l'intensité des flux d'énergie tout en soulignant les deux états (cellule unitaire et cellules à de multiples échelles) mais aussi les deux déploiements spatiaux possibles ; l'un est celui du front qui établit une organisation à une seule échelle en balayant l'espace disponible ; l'autre est un déploiement dans l'ordre des échelles qui établit une morphologie fractale. Nous avons là l'illustration d'une possible conception dynamique de l'échelle (Martin P., *In* Volvey A. à paraître).

Ce qui est essentiel aussi dans cette expérience c'est que la forme est indissolublement liée à l'idée de cohérence et que la forme pour être cohérente, pour faire tenir ensemble (des molécules par exemple dans une cellule) doit nécessairement être limitée. Inversement la seule « organisation » spatiale en particulier qui puisse être illimitée c'est celle où aucun ordre, aucune cohérence n'existe, c'est-à-dire, dans notre cas, une agitation brownienne puisque la dynamique n'apparaît qu'à l'échelle du constituant élémentaire mais qui a, tout de même, une échelle. Ceci pose la question de ce qu'est l'ordre ou l'organisation elle-même et laisse entrevoir l'idée d'une interpénétration de l'ordre et du désordre un peu à la manière du résultat d'une transformation du boulanger (Berge P. & al. 1988, p. 251). En deux dimensions un espace sans cohérence pourrait correspondre à une surface brownienne, à une morphologie aléatoire dont une photographie prise loin des côtes de la surface d'une mer littéralement démontée - c'est-à-dire sans cohérence apparente - pourrait être une image.

Que dire dans de tels cas ? Quel discours scientifique relatif à une telle surface reste possible ? Pratiquement aucun, sauf à vérifier le caractère aléatoire, chaotique *ss* (*stricto sensu*) de la chose. Si un tel milieu était déployé sur terre il apparaîtrait rapidement qu'aucune géographie n'est possible simplement parce qu'un milieu sans morphologie est un milieu sans structure d'ordre et qu'il ne peut être décrit scientifiquement.

La forme pour faire tenir ensemble doit être limitée avons-nous dit plus haut. Pour être limitée et donc localisée dans le temps ou l'espace elle doit être délimitée c'est-à-dire posséder une frontière qu'elle ne pourra que « produire » au travers de relations ago-antagonistes avec son environnement, avec ce qui est autre, avec un extérieur. Il faut donc aussi considérer que chaque limite est produite par l'entité qu'elle clôt en fonction de la propre cohérence de cette entité (Martin P. 2003, 2004, t. 1, p. 64 et suivantes) et que dans cette clôture interviennent nécessairement des couplages spatiaux.

Ainsi la limite contraint-elle la forme tout en lui conférant, dans un même mouvement, son « identité ».

En conséquence la forme apparaît non seulement comme indispensable physiquement mais aussi comme une médiation obligée entre ce qui serait « fondamental », la matière par exemple, et l'intelligence qui en prend conscience. La question classique étant de savoir si la forme se constitue dans le cerveau de l'individu et dans ce cas elle n'est pas objectivable car elle est dépendante du processus individuel de perception ou si elle est un élément de l'organisation physique du monde que perçoit le cerveau en fonction de processus ou de procédés particuliers.

Un premier élément, outre celui que nous avons développé au sujet des cellules de Benard, est de considérer que la forme en tant que telle est capable d'une action sur des flux. Cela revient à dire que la forme est capable d'agir sur la substance ; la forme du bassin versant sur l'écoulement, la forme de la ville sur le fonctionnement urbain, sur le développement urbain, etc.

Par ailleurs, en agissant sur les dynamiques, en les localisant (il n'y a pas de dynamique sans géométrie), en les « filtrant », la limite de la forme contribue fortement au maintien de l'intégrité de l'entité.

B. Comment la forme intègre-t-elle le fonctionnement sous-jacent ?

La question est donc de savoir si d'une part la forme, au-delà de sa fonction de médiation, est significative, si elle est porteuse de sens et de connaissance et si d'autre part, la première condition étant remplie, elle permet d'atteindre des fragments de connaissance impossibles ou très difficiles à obtenir autrement. Dans cette dernière éventualité son étude ne correspondrait qu'à une économie de moyens, certes, mais cela pourrait déjà être considéré comme un résultat non négligeable.

Or la science tente de bâtir des explications à des questions en partant de considérations dites « fondamentales » c'est-à-dire à partir de la grande, voire de la très grande échelle, de constituants « ultimes » selon une approche réductionniste. Cette démarche, ce régime d'acquisition des connaissances s'il a pu être (et restera certainement) une voie particulièrement utile n'en rencontre pas moins ses limites lorsque l'on se pose des questions comme celle de l'explication des formes. Il est particulièrement clair en géomorphologie que les études fondées sur des flux de matières (charge dissoute et charge solide) n'arrivent jamais à rendre compte de la nouvelle mise en forme produite par ces départs. Elles aboutissent à des bilans de masse très précis certes mais pas à l'explication de la morphogenèse, du renforcement, ou au contraire, de l'amoindrissement, de l'hétérogénéité spatiale dont la dimension fractale peut être une mesure.

Cela étant il est indéniable que les processus en jeu à l'échelle la plus fine sont d'une extrême complexité physico-chimique et que les motifs déployés à une échelle plus petite sont d'une relative simplicité. Du fait

qu'il est fractal le relief par exemple est statistiquement similaire à différentes échelles ce qui simplifie grandement sa modélisation. C'est pourquoi celle-ci est largement devenue possible au travers d'images véristes ou de paysages virtuels que mettent en scène aujourd'hui beaucoup de films.

Le problème est donc de savoir comment nous passons d'une dynamique à grande échelle complexe à une morphologie à plus petite échelle relativement plus simple. Quelle « intégration » réalise l'émergence d'une morphologie par rapport au fonctionnement sous-jacent ? Que représente la forme dans ce changement d'échelle ? Pourrait-elle nous mettre sur la voie de ce qui est essentiel et ainsi nous éviter d'avoir à collecter, à trier, à manipuler des monceaux de mesures, de faits d'observation dont nous ne savons largement que faire. Dans quelle mesure nous permettrait-elle de poser « les bonnes questions » ; celles qui introduisent des changements de paradigmes autant que des simplifications ? Tel est au fond l'enjeu et il est, nous semble-t-il, essentiel, en particulier pour la géographie.

La morphologie est au fond l'expression d'une sorte de simplicité à un certain niveau, à une certaine échelle, à un haut niveau d'abstraction mais qui ne peut être pratiquement déduite d'une modélisation réductionniste du tout sous-jacent. Elle émerge dit-on de ce tout sous-jacent. Tel est au fond ce qui en fait son intérêt. Le plus bel exemple de cela est peut-être la fourmi de Langton sur l'analyse de laquelle s'appuie I. Stewart pour écrire en conclusion : « Je maintiens que le haut [la petite échelle pour le géographe] et le bas [la grande] ne se rencontrent pas, et que c'est la raison pour laquelle les phénomènes émergents semblent transcender les systèmes qui leur donnent naissance. Cohen et moi appelons ce « no man's land » entre le haut et le bas *le pays de la fourmi* [souligné dans le texte original] » (1998, p. 567).

Se logent ainsi dans « le pays de la fourmi » des états particuliers et fugaces, des fonctionnements non linéaires, des interactions peu prévisibles, des bifurcations peu attendues qui *in fine* aboutissent à des morphologies remarquablement structurellement stables ! Qu'est-ce qui ressemble plus à une côte rocheuse qu'une autre côte rocheuse choisie aux antipodes, à une montagne qu'une autre montagne, à une planète qu'une autre planète, à une ville qu'une autre ville ? Cela est tellement vrai que seuls quelques types d'organisation se retrouvent dans l'infinie variété des formes cristallisées (Stevens P.S. 1978, Schwenk T. 1992 et Martin P. 2004, t. 1, p. 28 pour une synthèse).

Ceci recoupe la question de la stabilité structurelle. Sur un plan dynamique un système structurellement stable est un système qu'une petite modification de ses paramètres ne fera pas changer. Autrement dit il a une certaine résilience. Toutefois celle-ci est surtout l'apanage des grands systèmes compliqués. Or beaucoup de systèmes

sont non linéaires et parmi eux très peu sont strictement structurellement stables en particulier dès que la dimension du système atteint ou dépasse 3. Cela étant cette instabilité structurelle est marquante à l'échelle la plus fine, celle qui correspond par exemple aux différentes pistes d'un attracteur fractal. Si on considère les choses d'un peu plus loin, à une échelle plus petite - celle de l'attracteur dans sa globalité par exemple - il apparaît des caractéristiques globales stables. Ce que note R. Thom (1993, p. 51) : « En réalité, il faut bien se rendre compte que l'instabilité que déploient ces systèmes est peu visible. L'attracteur a une structure extrêmement filamenteuse, une structure fractale comme on dit maintenant, et il change alors tout le temps la configuration de ses filaments. Si vous regardez les choses de loin, vous n'y voyez aucune différence. »

Cela étant le problème qui se pose à nous est aussi celui du comportement asymptotique des systèmes producteurs de morphologies lesquels, quelles que soient les entrées, ou presque, dont ils disposent réalisent des morphologies tellement semblables qu'elles sont la base même de la reconnaissance et de la classification, selon des types, de ces objets. C'est bien ce que note R. Thom (1983, p. 61) lorsqu'il écrit : « On rencontre souvent une situation de ce type : quelles que soient les données initiales, et l'histoire des entrées successives introduites antérieurement dans la boîte noire, le nuage de points tend vers une situation asymptotique, indépendante de la stratégie suivie dans le choix des entrées. » Ainsi par exemple l'histoire respective de chacune des villes européennes est-elle relativement spécifique alors que les morphologies, elles, sont assez proches, ce qui d'ailleurs permet de les reconnaître comme des villes. Par ailleurs il est fréquent en géographie physique de remarquer que des processus différents donnent des morphologies semblables. C'est le cas par exemple des coups de gouge retrouvés déployés sur des calcaires des marbres ou des calcaires dolomitiques (Karst), sur des affleurements de sel gemme (mine de Turda, Roumanie) et sur les surfaces de volume de glace (Mer de glace, Chamonix).

En fonction de tout cela les conséquences sont claires : d'une part remonter du niveau sous jacent au niveau supérieur ne sera guère possible ; d'autre part la seule possibilité pour la géographie de rendre compte de l'hétérogénéité spatiale de l'interface terrestre est de chercher, au niveau même des formes, les éléments d'explication. Pour cela comme le dit très bien I. Stewart : « Il nous faut une nouvelle sorte de théorie, une théorie plus globale dans laquelle on peut comprendre les schémas de haut niveau sans faire appel aux règles de base. Je lui ai trouvé un nom : la morphomatique. Mais je n'ai rien à accrocher à ce nom pour l'instant » (1998, p. 569).

Il est peut-être possible aujourd'hui d'avancer quelques éléments relatifs à cette théorie ou à cet effort nécessaire de théorisation des formes en raison de la distance qui

nous sépare de la première édition en langue anglaise du texte de I. Stewart (1989).

Il est possible d'une part d'envisager quelques dimensions générales du problème et d'autre part de reprendre un programme d'étude largement défini par J. Petitot au travers de l'ensemble de ses productions et en particulier sa dernière livraison : *Morphologie et esthétique* (2004) qui ne nous paraît pas comme étant la moins importante. On y lit par exemple au sujet de la morphologie goethéenne : « Le cœur du problème est de comprendre le principe de connexion spatiale des parties dans un tout organique, principe introduit par Geoffroy Saint-Hilaire et repris par Goethe ». Et plus loin : « Goethe n'a pas tant cherché à comprendre les processus physico-chimiques et mécaniques sous-jacents à la formation des organismes que le principe « physiologique » par lequel un organisme est *ce qu'il apparaît* [souligné dans le texte]. Très vite il aboutit à la conclusion que [...] dans un organisme l'apparaître phénoménal est dominé par *un principe dynamique interne producteur de la connexion spatiale externe des parties* [souligné dans le texte] » (p. 15).

En d'autres termes l'idée de connexion renverrait à un « schème susceptible de variations concrètes infinies se transformant les unes dans les autres (p. 15). » Un tel schème pouvant être considéré comme un « *type générique* [souligné dans le texte, p. 16] » perçu en tant que type par notre intuition au travers de ses différentes expressions, de ses variations. Et ajoute J. Petitot : « si un type peut avoir une diversité ouverte de variante, c'est que ces variantes sont reliées entre elles par des *transformations* [souligné dans le texte, p. 17]. »

Là se place le rapport au structuralisme qui apparaît à la lecture des textes et des interviews donnés par C. Levy-Strauss comme découlant très largement des travaux de D'Arcy Thompson (1992, 1994) qui a montré comment le dessin - et donc la forme - de différentes entités (crustacés, poissons, crânes, os, etc.) pouvait dériver l'un de l'autre sous l'effet de la seule transformation du système spatial de référence dans lequel ils s'inscrivent (p. 267-317 de la version française de : *On growth and form* et le chapitre XVII de l'édition anglaise de 1942 : p. 1026-1090). En d'autres termes la structure est le niveau qui porte la dynamique de développement de la forme. Ceci a pour conséquence qu'apparaissent des relations remarquables entre les différentes transformations d'une forme. Cette idée est parfaitement essentielle et elle est sous-jacente par exemple à la théorie davisienne en géomorphologie dans la mesure où la morphologie qui se déploie en fonction d'une orogénèse (aspect tectonique et énergétique) et d'une surface d'aplanissement (aspect morphologique et spatial) se fait par transformation - plus que par déformation d'ailleurs - de la forme initiale (topographiquement une plaine) en une montagne. Il y a transformation d'une surface plane en deux dimensions en une surface irrégulière dont la dimension est comprise entre 2 et 3, ce que montrent les déterminations fractales.

En d'autres termes ce qui est un cycle au sens davisien du terme d'environ 200 Ma correspond à une forme dynamique qui se déploie, ce qui est une structure au sens lévistraussien du terme.

Si on résume, le problème central de la géomorphologie est de modéliser cette transformation, les modalités de passage d'une morphologie à une autre et donc, par exemple, de savoir comment s'introduit la fractalisation du relief. On voit bien dès lors en quoi la prise en compte du caractère fractal des formes est fondamentale. En d'autres termes négliger cette dimension reviendrait à se condamner à ne faire que l'histoire des morphologies, ce qui peut être un choix mais il ne permettra d'accéder qu'à une objectivation faible ; celle autorisée par la nature même et donc par la structure topologique du temps (linéarité, ordonnancement : avant-après, concomitance).

« Les hommes, note E. Klein (1995, p. 7), ont toujours tenté, sans grand succès d'ailleurs, d'élaborer un discours cohérent sur le temps ». Nous n'y coupons pas mais il est utile de rappeler succinctement que ce temps est, dans le cadre de la relativité : « élastique » (p. 48) et « sans étalon » (p. 49) ; que « sa topologie est très pauvre » (p. 20), et qu'il demeure pour les physiciens « un objet introuvable » (p. 10). Les remarques d'A. Le Mehaute & al. n'en sont pas moins édifiantes : « [...] la création par l'homme du concept de temps a été la marque, la démonstration de la « liberté humaine », car il n'existe pas « d'étalon temporel » » (1998, p. 13).

Le temps est donc en science un problème car personne ne sait réellement ce qu'il est. Le plus sage est donc de l'exclure dans la mesure du possible et quand ce n'est pas possible de l'envisager de telle façon qu'il ne pose pas trop de problèmes. Ainsi note H. Poincaré (*In* Barreau H. 1998, p. 78) : « Le temps doit être défini de telle façon que les équations de la mécanique soient aussi simples que possibles. En d'autres termes, il n'y a pas une manière de mesurer le temps qui soit plus vraie qu'une autre ; celle qui est généralement adoptée est seulement plus commode ». Il faut entendre ici commode comme étant une commodité théorique c'est-à-dire celle qui conduit à une simplicité formelle des lois.

En conséquence le refus d'un certain constructivisme au sujet de l'espace porteur des morphologies conduit donc l'approche géographique à être généralement fondée sur une approche sensible du monde dont une des dimensions est l'écoulement de ce fameux temps. Les éléments de quantifications statistiques ou autres ne changeant rien à cette constatation alors même qu'ils apportent une indéniable précision.

Chacun - chaque discipline - à l'instar de ce que font les historiens ou les géologues, cherche à « construire » le temps ou plutôt son temps. Ne parle-t-on pas ainsi, abusivement certes, en géomorphologie, de datations absolues à partir de probabilités ? Cela est dû au fait que la chronologie est généralement conçue comme le fil

directeur de la réflexion car le temps est le paradigme central de bien des travaux en géographie physique. Or cela n'est possible que parce que le temps, cet « objet » scientifiquement introuvable, est ramené à une géométrie, parce que l'on choisit un instant repère (les fameux BP : Before Present ou BC : Before Christ qui suivent toutes les datations en sont la preuve) et parce que l'on construit le temps comme une suite infinie d'instantanés (le tic tac des pendules) en relation stricte avec un mouvement comme par exemple un déplacement d'aiguilles sur un cadran d'horloge ou l'émission d'une particule, d'un rayonnement.

La géométrie est d'ailleurs présente en bien d'autres lieux de l'horloge. Il suffit pour s'en convaincre de penser aux mécanismes d'échappement (c'est-à-dire au système par lequel l'énergie stockée dans l'élévation des poids s'« échappe » (est transformée) vers le mécanisme de l'horloge) dont la forme reprend une courbe particulière (arc de cycloïde) sans laquelle la précision du mouvement ne pourrait être, ce qui entraînerait bien une mauvaise mesure du temps. Ainsi comme l'écrit D. Boorstin (1986, p. 42) : « Le tic-tac de l'échappement allait devenir la voix du temps. »

Certes, mais le temps n'est perceptible que parce que l'énergie se dégrade, que parce que les poids, initialement remontés de l'horloge familiale, redescendent. Nous retrouvons donc bien ici dans cette réflexion sur le temps les deux éléments essentiels que sont l'énergie et la mise en forme. Le temps apparaît clairement comme une conséquence de cela. C'est tout à fait clair avec le carbone 14 et les datations qui en découlent. La proportion d'atomes de carbone 14, 13 et 12, donc de masse, de formes différentes, est constante tant que l'organisme à dater échange avec le milieu. Dès que celui-ci meurt cet équilibre se rompt. L'émission de rayonnements γ , donc d'énergie, par les atomes de carbone 14 conduit ceux-ci à diminuer exponentiellement. Le rapport aux autres atomes de carbone change donc, ce qui permet de retrouver la durée écoulée depuis la mort de l'organisme.

Cela étant sur une base strictement spatiale il est possible de proposer une interprétation de la morphogénèse comme nous avons essayé de le faire dans différents travaux de karstologie (Martin P. 2000a et b, 2004 t. 1, en particulier les pages 96-98 et 111-127) en particulier en réfléchissant sur le problème de l'immunité karstique qui est une sorte de « blocage apparent » de cette transformation. Ce « blocage » permettant de penser les situations plus habituelles c'est-à-dire celles réalisées sur roches non karstifiables (principe d'altérité).

En conclusion nous ne pouvons que souscrire à cette remarque de J. Petitot (2004, p. 71) qui souligne la place du concept de transformation dans l'œuvre de C. Levy-Strauss : « Il s'agit donc bien pour lui de reprendre la thèse centrale de Goethe « Gestaltungslehre ist Verwandlungslehre » : la théorie des formes est la théorie des transformations. »

Il est tout à fait évident que bien des aspects spatiaux de la géographie sont passibles d'un tel traitement mais qu'en retour il apparaît que les agents, les acteurs, pour indispensables qu'ils soient, n'en sont pas la partie essentielle. Il faut « un plan », un schème, une structure, et si tel est le cas alors la question des processus sans sujets devient lumineuse.

Rappelons que les processus sans sujets sont des processus dont les acteurs dûment identifiés ne peuvent avoir réalisé consciemment ce qui est. L'exemple le plus simple est celui de la ville dont de très nombreux travaux ont montré qu'elle présentait de nombreuses caractéristiques fractales. Comment peut-il en être ainsi puisque la géométrie initiée par B. Mandelbrot ne l'a été qu'au milieu des années soixante ; c'est-à-dire bien après qu'une ville comme Paris ou comme Berlin ait été réalisée.

S'il existe un principe de transformation de l'amas urbain c'est-à-dire une structure, alors le problème devient solvable mais son corollaire est une relative modestie des acteurs de la ville dans la mesure où ceux-ci se révèlent agir par... ou agissant inconsciemment conformément à... En cela cette conception est non moderne, relativement transcendante et présuppose une possible naturalisation dans l'approche, au moins, de la morphologie.

C. Vers une théorie de la forme en géographie

Il est clair que le mot forme renvoie à plusieurs sens. Nous nous limiterons ici aux formes tangibles et exclurons, dans un premier temps, celles qui relèvent plus particulièrement de la mise en forme de l'information. Dans ce premier sens elles font intervenir principalement de la matière. Elles correspondent en géographie à toutes les formes cristallisées à la surface de la terre qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Nous trouvons dans cette catégorie aussi bien le cristal d'aragonite constitutif de la fistuleuse que les faces d'une montagne, les taches du pelage de certains félins qui inspirent les géographes spécialistes de la Palestine, ou les formes d'occupation humaine d'un territoire (bocage, un jardin à la française, mitage périurbain, etc.).

Ces dispositions spatiales s'appuient sur une géométrie, parfois euclidienne comme avec les cristaux, mais qui est généralement fractale comme dans le cas des reliefs, du bocage ou de la limite d'une ville. L'intelligibilité de ces formes plus ou moins irrégulières doit mettre en œuvre un programme très largement défini par J. Petitot (1989). Celui-ci conduit à développer une théorie de la forme articulée principalement autour de quatre approches.

La première est axée sur des considérations topologiques et géométriques. Il s'agit autant de mesurer que de simuler. Dans cette perspective les solutions fractales sont essentielles tant pour caractériser certains aspects des formes (irrégularité, lacunarité, etc.) que pour produire des images véristes, des images issues de calculs mais dont l'aspect

se rapproche beaucoup de photographies (Ning Lu 1997).

Dans cette approche nous allons donc retrouver toutes les considérations liées à la dimension fractionnaire (fractale) des objets ou de certaines parties des objets (coupe de relief par exemple). De même nous pouvons classer ici toutes les routines récurrentes qui conduisent au déploiement de structures spatiales semblables à ce qu'il peut être observé dans la nature. Il en est ainsi par exemple des fonctions IFS (Peitgen H.O. & Saupe D. 1988 ; Peitgen H.O. & al. 1992) qui donnent en particulier de belles structures arborescentes.

Cette première approche est fondamentale. Elle est largement pratiquée tant en géographie physique (Rodriguez-Iturbe I. & Rinaldo A. 1997, Martin P. 2000a et b) qu'en géographie humaine (Batty M., Longley P. 1994, Frankhauser P. 1994). Elle a le très gros avantage de permettre de poser les problèmes à partir d'un point de vue morphologique, spatial. Les réponses, les résultats obtenus permettent alors de déployer des constructions théoriques fondées sur ces dimensions.

Nous avons pu ainsi proposer une explication théorique pour le karst qui rend compte de ce que les spécialistes nomment « l'immunité karstique » dont l'une des manifestations est la conservation de lambeaux de surfaces d'aplanissement alors même que ces reliefs sont en érosion rapide à l'échelle géologique (Martin P. 2003b, p. 236 et suivantes). De même certaines simulations à partir de modèles de type DLA ont pu rendre compte de structures ou de formes urbaines. Cela étant dans un sens (mesure) comme dans l'autre (simulation) nous n'atteignons pas réellement l'explication causale du phénomène.

La seconde approche est celle qui prend en compte des mécanismes apparents qui produisent des formes. La courbe dite : caustique est un exemple célèbre de cela. Produite par des rayons lumineux réfléchis sur une paroi concave elle apparaît comme formée à partir des parties tangentes de ces rayons réfléchis. Ces parties tangentes dessinant ce que les spécialistes appellent l'enveloppe des rayons où la lumière est particulièrement, et donc localement, concentrée ce qui rend la forme visible. Cette courbe correspond à un passage à la limite en cela qu'elle est issue d'un nombre infini de rayons. Ces morphologies sont analytiquement parfaitement décrites et comprises. Elles en deviennent paradigmatiques (Petitot J. 1989) d'autant que la théorie des catastrophes en rend aussi bien compte (Poston T. & Stewart I. 1978) mais en partant d'un tout autre point de vue, de théorèmes et de constructions mathématiques. Ceci conduit à remarquer qu'un tel système est organisé en deux niveaux exprimant chacun une partie de la réalité. L'un dit micro est classiquement celui de la physique ; l'autre dit macro est celui de la morphologie et de sa perception. La théorie des catastrophes intervenant comme une modélisation qualitative du niveau macro. En conséquence note J. Petitot (1989) : « Le niveau morphologique

« macro » est organisé autour des singularités de la physique sous-jacente. Ces singularités supportent l'information. Elles sont phénoménologiquement dominantes. C'est « l'infrastructure catastrophique » qu'elles constituent qui est prise en charge par la perception. »

La troisième approche se fonde sur l'idée que des modèles théoriques abstraits correspondant à un niveau interne sont susceptibles de rendre compte de manifestations phénoménologiques qui sont donc externes. Il s'agit là d'une situation où des manifestations phénoménologiques constituent le résultat de mécanismes non apparents. Il y a donc deux plans : l'un est interne c'est le mécanisme ; l'autre est externe c'est la forme ou la structure spatiale. Entrent dans cette catégorie les différents types de morphologies zébrées ou tachetées comme par exemple les pelages des animaux mais aussi les brousses tigrées ou encore certaines réactions chimiques particulières (réaction de Biélowsov-Zabotinski par exemple). Ainsi les solutions basées sur des équations de réaction - diffusion sont de ce type. On y rencontre une compétition entre un phénomène général de diffusion dans l'espace disponible et des phénomènes locaux non linéaires qui font intervenir des processus auto catalytiques eux-mêmes localement contraints par des processus inhibiteurs. La diffusion permet d'emplir le champ disponible. Les relations entre phénomènes auto catalytiques et inhibiteurs définissant les lieux des discontinuités et donc les morphologies. En conséquence, avec de tels modèles, chaque point de l'espace est soumis à un régime local. Il s'ensuit que les rapports de position correspondent à des couplages matériels entre des régimes locaux différents. Ces couplages peuvent produire des instabilités qui se traduisent par des discontinuités.

Par ailleurs des changements dans les vitesses des réactions conduisent à des modifications dans la morphologie perçue. Celle-ci peut en outre être contrainte par des défauts qui introduisent des ruptures dans la continuité du dessin s'ils sont localisés à une seule échelle. Si les défauts sont répartis à toutes les échelles on retrouve la situation étudiée par A. Bejan (2000). Une situation intermédiaire serait celle où les défauts seraient répartis sur quelques échelles. Ceci sous entend donc, en théorie, la possibilité de décrire mathématiquement ces émergences, c'est-à-dire en fait de théoriser les rapports entre les échelles. Il est clair que nous sommes là au cœur de la problématique géographique.

La quatrième approche, elle, a trait aux questions de perceptions et aux capacités du cerveau à trier dans le flux lumineux qu'il reçoit et à identifier les discontinuités, les limites qui permettent de définir une ou des formes. Il est clair que toute limite de morphologie naturelle est propre à la nature (Petitot J. 1992) mais il n'est pas moins évident que la prise en compte de l'immense masse des limites produites par la nature est impossible (Petitot J. & al. 2002). En conséquence, et même si ces limites sont naturelles, intervient un niveau de conscience

qui fera un tri, en fonction d'un problème qu'il souhaite se poser. Le projet est donc premier. La limite est reconnue par rapport à un projet, à une conception. Ainsi un géographe cherchera-t-il à instrumentaliser l'espace en instrumentant les limites qu'il reconnaît. La géographie classiquement use et peut-être abuse de la perception, dans un cadre phénoménologique qui est parfois non avoué, pour des objets, des configurations, des structures qui sont spatiales (formes, discontinuités, etc.) et qui donc pourraient être objectivées. À partir de là en mettant en rapport les échelles, la grande et la petite, donc le local et le global, le géographe élabore son discours, sa proposition, son interprétation. En cela cette discipline oscille toujours entre topologie et géométrie, entre rapport de positions et distances.

Cela étant l'oscillation, l'hésitation est peut-être bien plus profonde qu'il n'y paraît. Elle renvoie à la conception de l'espace lui-même. Il s'avère à l'expérience que les géographes ont vraisemblablement dans l'ensemble une conception de l'espace proche de celle que E. Mach a pu développer au XIX^e siècle et qui s'appuie sur l'idée que l'espace (comme le temps d'ailleurs) est un ensemble de données empiriques produites ou accessibles par le truchement de perceptions sensorielles. Partant des sens E. Mach (1998) définit essentiellement trois espaces : l'espace auditif, l'espace visuel et l'espace tactile. Pour le géographe la compréhension passe donc en grande partie par le filtre de la vue, de la vue à partir d'un point de vue mais aussi de la vue d'une carte ou d'une représentation dont il fait la lecture. Cette approche sensitive n'est pas sans rappeler les écrits d'E. Dardel (1990) dont nous nous sommes largement inspirés en montrant que ces espaces liés à la perception peuvent être extrêmement différents lorsque l'on se trouve dans une caverne (Martin P. 2004, t. 1, p. 12). La vue y est largement inopérante. Par contre l'ouïe et le toucher sont déterminants.

Le point nodal ne peut être que l'individu dans la mesure où le problème renvoie à la conscience. Nous sommes donc dans une psychologie et les moyens d'investiguer cette question doivent être, d'un point de vue général, ceux de l'art ; c'est-à-dire ceux de la littérature, de la peinture, de la sculpture, etc. La question est au fond celle du beau, de la proportionnalité, de la complexité suffisante (Martin P. 2004, t. 1, p. 105), etc.

Il est clair que selon cette acception nous sommes assez loin de la géographie sauf peut-être à traiter ces thèmes qui dans la géographie ont à voir avec le beau, avec la perception et au premier rang desquels nous placerons le paysage ; cette scène génératrice d'émotions. Qu'est-ce donc qu'un paysage si ce n'est, par le truchement d'une perception, la cause de l'arrivée à la conscience, pendant un temps qui dure sans durer ou qui ne dure pas tout en durant, de sentiments, d'impressions d'émotions qui s'originent dans cette perception d'une organisation spatiale en plans successifs, en échelles et qui, dans les

cas les plus intenses, se traduit par des variations physiologiques à tel point qu'il restera gravé dans la mémoire de cet observateur qui s'est laissé envahir par ce qui est en fait, pour un autre, trivialement, son environnement.

Ces espaces sont donc définis par des caractéristiques et des possibilités physiologiques. Celles-ci étant propres à chaque être, ces espaces seront donc spécifiques à chaque personne. Autant que possible il faudra les rendre communs aux différentes personnes en les insérant dans une culture partagée. Tel par exemple est le cas du plateau ou de la plaine. Les exercices de première année de géographie ayant aussi comme but de faire acquérir cette vision commune.

On voit très clairement que la géographie utilise beaucoup cette voie, cette quatrième approche. Toutefois il apparaît non moins clairement que la seconde et la troisième sont à peu près totalement ignorées. Cela explique le maintien de ce que nous avons pu nommer en 2003 l'aporie de la géographie car ces travaux, mathématiques entre autres, ne sont pas très récents. Certes celle-ci s'enracine dans ce que J. Petitot (1978) nomme l'obstruction galiléenne, mais on voit clairement que si elle n'est pas totalement levée elle est en bonne voie de l'être. Si la géographie dans son ensemble a porté peu d'attention à la forme et à la modélisation de la morphologie ou de la morphogenèse ce n'est peut-être pas tant en raison des difficultés techniques, au demeurant bien réelles, présentées par les travaux des mathématiciens et autres physiciens que parce que cette obstruction est double. Elle a aussi un volet « sociétal ». En effet nous allons voir qu'elle s'origine aussi dans une conception de la modernité et de la démocratie qui est largement partagée par la communauté et qui la contraint peut-être plus fortement que l'abstraction de la langue mathématique.

III. De l'obstruction à la géographie formelle

Rappelons qu'il existe un autre type de formes que celles que nous nommons tangibles. Ce sont celles qui mettent en œuvre plus d'information que de matière. Ce sont celles qui nous permettent de saisir, de comprendre, d'intérioriser le monde. Ce sont des éléments essentiels de notre rapport au monde. Plus précisément elles renvoient aux idées d'ordre, d'organisation, d'intelligibilité qui sont au cœur de cette compréhension et dont nous avons dit que les formes sont à la fois l'expression, la condition et le médiateur. Ce sont des règles, des références, des formulations, des formules et donc du sens, du symbole, etc. En conséquence ces formes de nature informationnelle peuvent avoir une dimension sociétale car elles contribuent fortement à l'organisation de la société, à sa régulation, à faire que les éléments qui la constituent tiennent ensemble.

On les retrouve dans de nombreuses parties de la société. A. de Tocqueville (1835, 1840) dont nous aurons

à considérer les propos ci-dessous les identifie par exemple dans les cérémonies religieuses, bien évidemment dans différentes règles (« les formes judiciaires » (1835-I-II, p. 69) dont celles de gouvernement (I-II, p. 137)) mais aussi dans celles de la politesse (« les formes extérieures du respect » (1840, p. 68)), dans « les formes de la pensée » (1840-I-II, p. 68) et presque automatiquement dans les styles (« les formes de son langage » (1835-III-IV, p. 85)).

Trivialement, c'est cet aspect qui est en œuvre quand on réécrit un texte, quand on le corrige, quand on le met en forme. Rédiger un poème et énoncer une maxime sont aussi de cet ordre là. De même arriver à une formule comme $e = mc^2$ est un travail de raffinement de ce type. Dans un travail sur les formes, il y a, à la fois, une recherche de simplicité et d'esthétisme, de cohérence et d'élévation qui correspond à l'énonciation de limites et de contraintes. En d'autres termes travailler sur ce type de formes c'est en fait envisager des limites et des contraintes. Toutefois, le problème n'est pas dans ce cas présent d'y arriver ou non. Le problème n'est pas ce que nous dit cette formule sur l'équivalence entre l'énergie et la matière. Le point essentiel est dans ce que cela suppose de chercher cette formule (ou d'autres), dans ce que cela touche à une certaine perfection et correspond à une médiation avec le monde, et une méditation sur le monde. Cela est essentiel. C'est de toute évidence une constante humaine et peut-être que cette démarche est ce qui définit le mieux l'humanité.

La question est ensuite de savoir quel peut être le mètre étalon auquel comparer ces mises en forme anthropiques ? Le rapport à l'art nous fournit un début de réponse. À une remarque de D. Eribon (1990, p. 241) : « La peinture contemporaine est le point d'aboutissement d'un courant qui a enfermé l'homme dans un tête-à-tête avec lui-même. » C. Levy-Strauss répond : « Oui, [c'est] l'idée que les hommes peuvent tirer d'eux-mêmes des créations qui valent autant et même plus que celles de la nature. [...]. Or, à mon sens, l'homme doit se persuader qu'il occupe une place infime dans la création, que la richesse de celle-ci le déborde, et qu'aucune de ses inventions esthétiques ne rivalisera jamais avec celles qu'offrent un minéral, un insecte ou une fleur. »

Retrouver une référence à la nature est ici essentiel. Cela conduit d'une part à souligner la finitude de l'homme et à, d'autre part, ajouter une dimension à la naturalisation de l'approche. En quoi la nature fait-elle mieux ? Simplement peut-être parce qu'elle fait plus en faisant moins comme le montre le principe de moindre action (ou d'économie) de P.L. Moreau de Maupertuis ou d'autres (Fermat, etc.) (Ekeland I. 2000) ou, comme le laisse supposer la beauté reconnue des fractales en se tenant à mi-distance du simple et du chaos (Martin P. 2004, t. 1, p. 105). Cela nous a conduits à nous poser le problème de la beauté perçue et reconnue des formes fractales que l'on peut peut-être relier à l'idée de complexité suffisante (ni trop faible, ni trop forte). La « beauté » perçue pouvant être analysée, interprétée, comprise comme une mesure intuitive, inconsciente

d'une complexité limitée. Or c'est un monde tangible largement fractal qui correspond à cela. Il faut donc que l'humain puisse prendre la mesure de cette fractalité. Celle-ci n'étant en rien explicitée jusqu'à une date récente, il est possible de penser que la perception de la beauté a joué ce rôle dans le mécanisme de survie et d'adaptation ; c'est-à-dire de perception d'une complexité suffisante favorable à la survie ou au développement de l'individu ou de la société. Ceci expliquerait aussi que des villes soient fractales sans que les différents intervenants n'en aient jamais pris conscience. Si tel n'était pas le cas pourquoi la musique en général et celle de Bach en particulier serait-elle fractale (Hofstadter D. 2000) ?

En d'autres termes, beauté et forme sont liées et nous sommes donc dans la situation d'une recherche de formes aussi parfaites que possible en fonction d'un référent, nous dit C. Levy-Strauss, inégalable. De même y a-t-il un lien entre forme et organisation sur lequel il faudrait se pencher avec attention dans la mesure où l'accent mis sur la forme conduit à porter une attention particulière à l'organisation, et celui mis sur la morphogenèse aux conditions de transformation des organisations, anthropiques en particulier mais pas seulement. Dans cette perspective les schémas utilisés par la nature, particulièrement ceux développés par le vivant, nous sont précieux à connaître même si, bien sûr, certains ne peuvent être repris car ils ne s'accordent pas avec telle ou telle valeur humaine fondamentale. Dans une telle perspective une théorie de la forme serait donc le complément d'une pensée systémique ; les deux reposant sur l'idée d'organisation nécessaire et intelligible.

A. Il aurait pourtant été moderne en un certain sens de se poser la question de la forme !

Posons que la modernité c'est aussi la recherche de l'explication et que l'un de ses buts essentiels c'est d'expliquer sur une base rationnelle. En cela nous ne pouvons qu'être modernes sans limite. Cela implique aussi d'essayer d'aller au fond des choses et/ou au-delà de ce qui est connu. Aller au-delà de ce qui est connu consiste d'abord à formuler un projet, à bâtir des hypothèses, à choisir des objets ou des conditions d'études, d'expérimentation, des possibilités théoriques de réfutation. Or il est clair, en géographie, que la forme n'a pas été ce projet, que les formes n'ont pas été des objets d'étude pour elles-mêmes, en elles-mêmes. Il aurait pourtant été parfaitement moderne en un certain sens de se poser de telles questions ! Dans cette optique, pour que la recherche que nous avons entreprise ait un sens, il nous faut d'abord nous poser la question de savoir pourquoi les formes, pourquoi la problématique de la forme n'ont pas été, et c'est particulièrement net dans les cinquante dernières années, considérées comme un problème scientifique central dans les différentes disciplines et en particulier en géographie ?

À cela nous voyons deux raisons, deux obstructions qui ont particulièrement bien fonctionné dans une phase historique, laquelle, pour faire court, est celle où l'on a découvert qu'il existait une relation entre l'énergie et la matière ; les deux étant proprement informes mais à la base de capacités, de forces tellement stupéfiantes qu'elles ont pu laisser penser que l'homme avait dominé la nature. Nous retrouvons ici la croyance en la toute puissance de l'homme armé de la science et de la technique que vilipende J.P. Dupuy (2005). De ce fait il ne se reconnaît pas de limites. Il ne considère pas par exemple la finitude du monde comme une limite à son action. Il ne voit pas la difficulté à tenir un développement matériel durable dans un monde fini. C'est une posture qui est à l'opposé de ce que nous enseignent les formes.

La première de ces obstructions c'est celle qu'a pointée J. Petitot qui l'a qualifiée d'obstruction galiléenne. La seconde, elle, se trouve déjà dans des travaux d'A. de Tocqueville et puisqu'il faut la nommer nous l'avons appelée : obstruction « démocratique » faute de mieux.

Le problème de la géographie est qu'elle est enchâssée dans ce mouvement historique de la modernité et qu'en raison de son objet d'étude propre (l'interface multidimensionnelle terrestre) elle se heurte à cette double obstruction qui l'oblige continuellement à ne traiter de son projet (la dynamique de et sur cette interface) qu'en ne le pensant que comme dépendant de méta niveaux. Cela conduit à des géographies ici physiques, là sociales, avec ici des explications qui sont celles des sciences de la terre et là des logiques qui sont celles de la sociologie ou de l'anthropologie, de l'économie ou de la psychologie.

Or il est bien clair qu'aucune de ces voies quel que puisse être par ailleurs leur intérêt, et il est pour chacune grand, n'arrive à expliciter l'organisation spatiale de l'interface terrestre. Dans certains cas il en est fait l'histoire, ce qui est tout à fait remarquable, certes, mais cela n'explique en rien les morphologies elles-mêmes.

Cela étant, il n'est pas question ici de nier ni l'utilité d'une approche scientifique classique (analytique et réductionniste), ni le caractère indispensable de la démocratie mais de souligner que dans une phase de construction de ce qu'il est convenu d'appeler une société moderne, occidentale pour l'essentiel, la dimension formelle a été mise au second plan car reléguée comme peu pertinente voire pensée comme embarrassante. Ce mouvement tant scientifique que sociétal a placé la géographie dans une posture délicate, ce qu'ont pu traduire différentes étapes ou crises que notre discipline a pu traverser. Son champ disciplinaire le plus évident lui était quasiment interdit.

Cela a conduit aussi à des travaux basés sur la notion théorique d'espace (et donc à développer une analyse spatiale particulièrement importante) lequel, par définition, est informe. Lorsque certains collègues disent que la géographie n'est pas la science de l'espace n'est-ce pas

qu'ils souhaitent, consciemment ou non, pointer du doigt cet énorme problème qui est de vouloir fonder l'explication de l'organisation spatiale, donc morphologique de l'interface terrestre, sur une entité vue comme informe sans avoir les outils techniques et conceptuels (mathématique pour l'essentiel) qui permettent de concevoir le passage du continu au discontinu, de l'homogène à l'hétérogène ? En d'autres termes, avec ce refus, pour partie justifié et compréhensible, nous touchons au cœur du problème.

Ainsi comment penser des morphologies émergentes en sachant que les concepts, dont nous disposons classiquement pour les aborder, ne sont généralement pas dotés de qualités propres directement utiles à une prise en compte de la morphologie et de la morphogenèse ? Il en est ainsi de l'échelle dont la géométrie fractale, au travers du concept de self similarité, a bien montré qu'elle était déconnectée d'une quelconque réalité morphologique spécifique. Il est clair qu'il serait utile de changer un certain nombre d'outils et cela est devenu possible.

Il est évident, à la suite de travaux de mathématiciens, de biologistes, etc., que l'objectivation de la forme est en cours au travers d'un programme ou d'un projet dont nous avons essayé de donner ici, et ailleurs (Martin P. 2004), les grandes lignes. En d'autres termes, l'obstruction galiléenne qu'avait pointée J. Petitot est en train d'être levée sur un plan strictement scientifique. Nous avons suffisamment argumenté sur cette question pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir ici en détail.

La géographie peut-elle à nouveau ne pas s'interroger sur une telle question alors même que le problème posé est central pour elle et que les outils sont disponibles pour le faire ? Nous espérons que non. L'enjeu est trop important car derrière l'obstruction galiléenne se profile cette autre obstruction que nous avons nommée, faute de mieux, « démocratique » et qui touche à la nature même de l'organisation de la société qui a pu être mise en place depuis l'abolition de l'Ancien Régime. Or cette seconde obstruction a quelque chose à voir avec une définition actuelle plutôt sociale de la géographie. Par ailleurs, il nous paraît probable que cette seconde obstruction, apparemment de nature bien différente, explique largement le maintien de ce que nous avons nommé l'aporie de la géographie.

B. Épaulement mutuel des obstructions

Ces obstructions, historiquement, en particulier pour la seconde moitié du XX^e siècle mais pas seulement, sont en résonance avec la culture mondiale dominante qui est celle des États-Unis d'Amérique. Celle-ci est largement portée par l'idée que pour atteindre à l'essentiel il faut écarter tout ce qui peut être une forme (tangibile ou abstraite), tout ce qui peut s'apparenter à une médiation, tout ce qui pourrait être « un voile » qui masquerait la réalité ; celle-ci devant être connue dans sa dimension la plus crue, la plus vraie.

Ainsi que nous dit A. de Tocqueville : « ils [les Américains] aiment à voir très clairement l'objet dont ils s'occupent ; [...]. Cette disposition de leur esprit les conduit bientôt à mépriser les formes, qu'ils considèrent comme des voiles inutiles et incommodes placés entre eux et la vérité » (1840-I-II, p. 12).

En d'autres termes nous avons là l'affirmation d'une posture, d'un régime de connaissance, d'un paradigme qui est très proche d'une pensée scientifique considérée comme classique qui cherche à atteindre une conscience du réel en déchirant le voile qui nous sépare de lui et pas - et c'est là tout le problème des formes - en essayant d'instrumentaliser le « voile », si voile il y a. Nous pouvons y voir comme le refus d'éléments de médiation. Cette posture nie donc largement, de fait, à la fois que toute connaissance puisse être atteinte en étudiant la morphologie - qui n'est donc pas porteuse d'informations spécifiques - et nie aussi l'idée que tout travail sur la forme puisse apporter une meilleure compréhension du fond. Par exemple en caricaturant un peu, cela reviendrait à dire qu'il n'y aurait pas de meilleure compréhension du fond à la suite d'un travail réalisé sur la forme, que la mise en forme d'idées ne permettrait pas des avancées sur le fond.

À cela A. de Tocqueville ajoute : « [...] rien ne révolte plus l'esprit humain dans ces temps d'égalité que l'idée de se soumettre à des formes » (1840-I-II, p. 30). Ici c'est l'idée de contrainte qui est rejetée. C'est l'idée que certaines contraintes sont inacceptables ce qui peut parfaitement être justifié mais qui conduit à poser le problème de la limite de ce refus. La question qui vient immédiatement après, et A. de Tocqueville la pose, nous y reviendrons ci-dessous, est celle de savoir si ce processus de rejet des formes, des médiations, et d'une certaine façon des règles peut être poussé aussi loin que l'on veut sans qu'il finisse par mettre en péril l'organisation démocratique elle-même ?

L'une des difficultés avec nos sociétés démocratiques, libérales et post modernes c'est que nous n'avons plus guère de rituels précis, ce qui renvoie l'individu à ses capacités propres pour affronter les différentes étapes de la vie. Il y a dans cette attitude un danger (la diminution des liens sociaux) comme il y a dans l'attitude inverse (la soumission à des règles intangibles) le risque d'une sclérose totale. Prenant la mesure de ces risques symétriques, on verra que A. de Tocqueville se prononce pour un « culte éclairé et réfléchi pour elles [pour les formes] » (1840-III-IV, p. 152).

C. Retrouver les formes

Cela étant la question qui est peut-être la plus importante aujourd'hui n'est vraisemblablement pas celle de la sclérose. En d'autres termes n'est-il pas temps de considérer positivement les formes, les médiations et d'énoncer de nouveaux cadres, de nouvelles règles en particulier sur un plan environnemental où il est clair que

la recherche du seul respect de l'égo et du désir individuel conduit tout droit à la catastrophe ? Par exemple, il y a actuellement environ 775 automobiles pour 1000 habitants aux USA et 14 pour 1000 en Chine (Bonneau F. 2005). Conformément à l'idée classique de développement et de progrès les dirigeants chinois disent vouloir arriver dans 20 ans environ à un ratio semblable à celui des États-Unis. En cela ils expriment un désir légitime de chaque chinois. Le problème est donc le suivant : est-il possible dans un avenir proche, et donc vraisemblablement à technologie constante, que la Chine, mais aussi l'Inde et bien d'autres pays atteignent un taux de 700 pour 1000, et si tel est le cas cela ne portera-t-il pas atteinte à la planète elle-même, à son état thermique, etc. et donc à l'humanité ?

Ainsi R. Passet note que tout système en « transition de phase » voit modifier son monde de fonctionnement en fonction de limites dont la « limite des rythmes d'auto-épuration des milieux à partir de laquelle l'internalisation des coûts révèle son impuissance à appréhender les dérèglements mécaniques naturels dont cependant le bon fonctionnement conditionne la reproduction des systèmes humains » (1996, p. XII). N'en sommes nous pas là ?

C'est tout le problème de l'universalisation de modes de vie discutables qui est posé ici ; c'est-à-dire en fait celui de l'articulation des multiples entités en un tout cohérent. Autrement dit c'est une question qui renvoie à celle de l'essence même de la forme et qui se trouve résolue en toute forme puisque celle-ci, par définition, correspond à une organisation stable qui fait tenir ensemble les parties matérielles ou immatérielles qui la composent. En cela toute forme est un modèle d'articulation du local et du global dont l'explicitation peut, par exemple, reprendre le schéma de l'autopoïèse proposé par H. Maturana et F. Varela (1980).

Il est clair que ce problème à un niveau sociétal est en rapport avec les modes de fonctionnement personnels qu'autorise la démocratie en centrant son schéma sur l'individu et ses droits. Ainsi A. de Tocqueville écrit : « Les formes excitent leur mépris et souvent leur haine. Comme ils [les Américains] n'aspirent d'ordinaire qu'à des jouissances faciles et présentes, ils s'élancent impétueusement vers l'objet de chacun de leurs désirs ; les moindres délais les désespèrent. Ce tempérament, qu'ils transportent dans la vie politique, les indispose contre les formes qui les retardent ou les arrêtent chaque jour dans quelques-uns de leurs desseins » (1840-III-IV, p. 152). Dans la mesure où la jouissance devient le moteur et dans la mesure où ce désir serait partagé par la multitude dans un monde fini, il apparaît clairement que cette dynamique ne peut être que conflictuelle, que déboucher au mieux sur une concurrence « rude » et au pire sur un état de guerre qui semble nécessaire à la satisfaction globale de désirs individuels. Ce niveau global (étatique par exemple mais aussi entrepreneurial, cf. le problème

des retours sur investissement des multinationales) étant poussé en ce sens par la demande de satisfaction individuelle et immédiate des désirs. Pour réguler cela ce sont donc bien des formes articulant l'individu et l'humanité, le local et le global qu'il nous faut développer.

Il est clair que nous retrouvons aussi dans les propos d'A. de Tocqueville la question de l'immédiateté, la structure de pensée « courtémiste », à court terme dont J.P. Dupuy (2005) ne cesse de dire que c'est très vraisemblablement la raison profonde qui fait que nous ne prenons pas au sérieux la catastrophe systémique qui nous menace. Quelle forme donner au futur pour qu'il ne soit pas déréalisé ? Quelle forme donner à la catastrophe systémique à venir pour qu'elle soit, dès maintenant, envisagée avec réalisme ? Telles sont au fond les questions essentielles, ce que résume H. Jonas par ces mots : « La représentation du destin des hommes à venir, à plus forte raison celle du destin de la planète qui ne concerne ni moi ni quelconque encore lié à moi par les liens de l'amour ou du partage immédiat de la vie, n'a pas de soi cette influence sur notre âme ; et pourtant elle « doit » l'avoir, c'est-à-dire que nous devons lui concéder cette influence » (In Dupuy J.P. 2005, p. 105). La question essentielle c'est comment ?

Nous avons vu que même une problématique centrée sur le risque immédiat ramène le propos géographique vers une prise en compte de la dimension morphologique et spatiale du monde à l'interface homme-nature que l'espace soit l'étendue tangible que nous peuplons ou qu'il soit cette construction abstraite qui nous permet de penser et donc d'être. Cela a constitué un premier lien entre géographie et forme mais tout de même assez ténu. Par la suite la réflexion sur ces nécessaires médiations, sur ces non moins nécessaires délais apparaît comme un préalable plus que sérieux à une bonne prise en compte du risque systémique que nous courons. Il apparaît donc ici un lien fort entre la question des formes, la question des délais, celle des médiations et l'éventualité d'une disparition de l'humanité. En d'autres termes il paraît peu judicieux de vouloir aborder la question des risques sans envisager aussi celle des formes. Ce peut être une première voie.

Si nous ne considérons que ces aspects qui décrivent quand même très largement le fonctionnement de nos sociétés occidentales, alors il apparaît très nettement pourquoi, la forme, en tant que médiation, que contrainte, que filtre temporel, est quelque chose de non seulement marginal mais qui devait être, autant que possible, marginalisé. Aucune valorisation n'y fut attachée. Il est donc tout à fait logique de penser que cette vision particulièrement négative des formes a pour le moins limité une dynamique de recherche à leur endroit. Cela est venu conforter, épauler l'obstruction galiléenne et d'une certaine façon la justifier *a posteriori*. C'est cela que nous avons nommé : obstruction « démocratique » dans la mesure où le rejet des médiations, des contraintes

et la recherche de la satisfaction immédiate des désirs en constituent si ce n'est l'essence du moins la pratique. Développer la conscience de cela constitue peut être une seconde voie.

D. La forme n'est pas l'ennemie de la démocratie, au contraire !

L'une des questions qui est en arrière plan des écrits d'A. de Tocqueville peut se résumer comme suit : Les formes sont-elles indispensables à la démocratie ? Autrement dit les haïr conduit-il à sa disparition ? Sa réponse est claire. Ainsi trouve-t-on sous sa plume (1840-I-II, p. 30), au sujet de la religion il est vrai, la formule suivante : « Je crois fermement à la nécessité des formes ; je sais qu'elles fixent l'esprit humain dans la contemplation des vérités abstraites ».

Cela étant il leur voit aussi une utilité certaine en science et parce qu'elles permettent de mettre de la distance, d'introduire du temps, de la régulation voire de la contemplation ; ainsi elles autorisent autant de situations qui concourent à limiter l'action et surtout à limiter l'immédiateté de celle-ci. Soulignons qu'en juriste c'est en particulier autour de questions de droit qu'A. de Tocqueville construit ce discours sur l'utilité sociale et politique des formes.

Ainsi écrit-il : « Les hommes qui vivent dans les siècles démocratiques ne comprennent pas aisément l'utilité des formes ; ils ressentent un dédain instinctif pour elles. J'en ai dit ailleurs les raisons » (1840-III-IV, p. 152).

« Cet inconvénient que les hommes des démocraties trouvent aux formes est pourtant ce qui rend ces dernières si utiles à la liberté, leur principal mérite étant de servir de barrière entre le fort et le faible, le gouvernant et le gouverné, de retarder l'un et de donner à l'autre le temps de se reconnaître, Les formes sont plus nécessaires à mesure que le souverain est plus actif et plus puissant et que les particuliers deviennent plus indolents et plus débiles. Ainsi les peuples démocratiques ont naturellement plus besoin de formes que les autres peuples, et naturellement ils les respectent moins. Cela mérite une attention très sérieuse » (1840-III-IV, p. 152).

Et il ajoute : « Il n'y a rien de plus misérable que le dédain superbe de la plupart de nos contemporains pour les questions de formes ; car les plus petites questions de formes ont acquis de nos jours une importance qu'elles n'avaient point eue jusque-là. Plusieurs des plus grands intérêts de l'humanité s'y rattachent. Je pense que, si les hommes d'État qui vivaient dans les siècles aristocratiques pouvaient quelquefois mépriser impunément les formes et s'élever souvent au-dessus d'elles, ceux qui conduisent les peuples d'aujourd'hui doivent considérer avec respect la moindre d'entre elles et ne la négliger que quand une impérieuse nécessité [les] y oblige. Dans les aristocraties, on avait la superstition des formes ; il faut que nous ayons un culte éclairé et réfléchi pour elles » (1840-III-IV, p. 152).

En d'autres termes la forme est une forme de garantie contre l'abus, contre l'abus de tout pouvoir vis-à-vis du citoyen mais aussi du peuple vis-à-vis des institutions et plus largement vis-à-vis de ce qui est autre. Dans cette double limite se déploie la liberté. Or la question de l'abus est aujourd'hui centrale non point peut-être sur un plan politique au sens classique du terme mais vis-à-vis des générations à venir et vis-à-vis de la nature. La modernité conduit certes à déplacer les limites mais dans la mesure où ces déplacements n'engagent pas négativement l'avenir. En conséquence le développement durable passera certainement plus par un développement formel (qualitatif) que par une croissance matérielle.

Ainsi « À la soumission passive [trouver un équilibre ; conception mécaniste] et au combat défensif en retraite [limiter la croissance de l'entropie ; conception thermodynamique] doit alors se substituer la *recherche positive d'une harmonisation* [souligné dans le texte original] entre deux processus de destruction créatrice qui animent respectivement l'évolution naturelle et le développement économique » (Passet R. 1996, p. XIX).

IV. En conclusion : de nouveaux champs pour la géographie

S'il est plus que probable que l'émergence de la science galiléenne puis son renforcement continu en fonction de ses succès expliquent grandement l'obstruction scientifique dont ont été victimes les formes, il n'en est pas moins pensable que la mise à bas de l'Ancien Régime puis l'avènement hautement souhaitable de la démocratie ont conforté cette obstruction, tendant même à la perpétuer dans une partie, en recul certes, semble-t-il, des sciences dures et surtout dans les sciences de l'homme et de la société au premier rang desquelles nous trouvons la géographie. Celle-ci est fondamentalement une discipline de la forme plus que de la substance dans la mesure où elle est plurielle et tire arguments de la complexité qui gise dans les détails ou les variantes qu'elle a à saisir. Nous retrouvons ici l'idée de transformation si importante dans les œuvres de D'Arcy Thompson et de C. Levy-Strauss évoquées ci-dessus.

Il est donc clair que la forme en géographie a eu à affronter deux obstructions : l'une de nature scientifique (obstruction galiléenne) l'autre de nature sociétale (obstruction « démocratique ») qui s'enracinent toutes deux dans ce qu'il est convenu d'appeler la Modernité, elle-même portée par les Lumières. Or le retour de la forme, au moins sur un plan scientifique qui semble en décalage avec le plan sociétal, mais qui est certainement précurseur avant d'être moteur, pourrait indiquer que la modernité connaît de profonds changements, ce qui est attesté dans bien d'autres champs.

Le dépassement voir même la simple prise en compte de ces deux obstructions offre à la géographie un champ

absolument extraordinaire dans la mesure où cela lui donne pour la première fois la possibilité d'envisager scientifiquement ce qui a toujours été son objet d'étude propre à savoir : les raisons de l'organisation spatiale de l'interface terrestre qui nous porte et sur laquelle nous agissons. Pour nous, comprendre ces raisons profondes qui commandent la structuration de cette double interface (terre-atmosphère et monde naturel-monde anthropique) ne peut raisonnablement se faire sans une étude des formes mais cela nécessite au préalable de dépasser la double obstruction sous laquelle nous vivons et donc d'aménager quelque peu le paradigme central de la modernité.

D'une certaine façon on pourrait dire que cela est en train de se faire plus ou moins spontanément et que ces changements signent en fait la fin d'une certaine modernité qui avait d'ailleurs bien d'autres caractéristiques comme d'être industrielle (fordiste) et masculine.

Il nous semble donc que la géographie de fait, par construction, et de par son objet d'étude ne peut s'abstraire de ce questionnement tant parce qu'elle a les formes tangibles de l'interface terrestre à décrire et modéliser que parce que ces 50 dernières années elle a évolué vers une science plus sociale. Comment ne pourrait-elle pas s'interroger dès lors sur la question des formes et développer une géographie formelle, ce qui la conduira, dans le même mouvement, à refonder son unité ? Peut-être alors la prisonnière du carrefour sera libérée ! Cela nous paraît non seulement tout à fait souhaitable, mais aussi tout à fait possible dans la mesure où il semble bien que les temps soient à un retour progressif des formes ce qu'avait déjà souhaité à son époque A. de Tocqueville, et cela simplement parce que les formes sont nécessaires à préserver la liberté.

Ceci n'est qu'une première approche qui ne prétend nullement avoir fait le tour de la question. Elle avait pour but de rappeler -1- que la forme a une réalité scientifique, -2- que la géographie, en fonction de son projet, doit la considérer comme un objet scientifique *ss* à construire et pas seulement comme des objets à décrire et à enchâsser dans un récit -3- que l'obstruction dont est victime la forme ressort certes de blocages scientifiques au sens strict mais aussi, et peut être surtout, de problèmes liés à l'évolution du mode d'organisation démocratique des sociétés occidentales, -4- que la question de la forme se trouve de fait au cœur du nécessaire dépassement de la crise que traversent ces sociétés. À partir de là il nous apparaît comme évident -1- que la forme peut être cet objet, ce concept à partir duquel une unité de la discipline peut être réarticulée, et -2- que l'utilité sociale de la discipline passera en particulier par la « plus value » que pourrait apporter l'étude, pour elles-mêmes, des formes qui sont dès lors vues comme porteuses d'informations propres, inaccessibles par d'autres voies.

V. Références Bibliographiques

- Abraham-Frois G. & Benebi E.** 1995 - *Instabilité cycles chaos*. Éditions Économica, Paris. 392 p.
- Ballais J.L.** 2000 - Les rythmes de la morphogenèse : leurs conceptions à travers l'histoire de la géomorphologie. *Espace géographique*, n°2. p. 97-104.
- Barreau H.** 1998 - *Le temps*. Presses universitaires de France, coll. Que sais-je, n°3180. 125 p.
- Batty M. & Longley P.** 1994 - *Fractal cities. A geometry of form and function*. Academic Press editor, London. 394 p.
- Beck U.** 2001 - *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Aubier éditeur, Coll. Alto, Paris. 521 p.
- Bejan A.** 2000 - *Shape and structure, from engineering to nature*. Cambridge university press, Cambridge. 324 p.
- Berge P., Pomeau Y. & Vidal C.** 1988 - *L'ordre dans le chaos*. Hermann éditeur, Paris, coll. Enseignement des sciences. 352 p.
- Berge P., Pomeau Y. & Vidal C.** 1998 - *L'espace chaotique*. Hermann éditeur, Paris, coll. Enseignement des sciences. 162 p.
- Bois E.** 2002 - *L'univers sans repos ou l'essence première du mouvement*. Peter Lang éditeur, Berne, coll. Philosophia Naturalis et Geometricalis. 237 p.
- Bonneau F.** 2005 - La croissance du parc automobile est-elle soutenable ? Crédit Agricole éditeur, CA *Perspectives* n°91. p. 5.
- Boorstin D.** 1988 - *Les découvreurs*. Coll. Bouquins, R. Laffont éditeur, Paris. 754 p.
- D'Arcy Thompson** 1992 - *On growth and form*. The complete revised edition, réimpression Dover, publications Inc, New York. 1^{ère} édition 1917. 2^e édition en 1942. 1116 p.
- D'Arcy Thompson** 1994 - *Forme et croissance*. Édition du Seuil, édition du CNRS, Paris. 335 p.
- Dardel E.** 1990 - *L'homme et la terre. Nature de la réalité géographique*. Éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris. 133 p.
- Delahaye J.P.** 1999 - *Information, complexité et hasard*, 2^e édition, Hermes éditeur, Paris. 275 p.
- Dortier J.F.** (sous la direction de) 2004 - *Le dictionnaire des sciences humaines*. Éditions Sciences humaines, Auxerre, diffusion Presses universitaires de France. 875 p.
- Dubois J.** 1995 - *La dynamique non linéaire en physique du globe*. Masson éditeur, Paris. 265 p.
- Dupuy J.P.** 2005 - *Petite métaphysique des tsunamis*. Éditions du seuil, Paris. 107 p.
- Ekeland I.** 2000 - *Le meilleur des mondes possibles*. Éditions du Seuil, Paris. 300 p.

- Frankhauser P.** 1994 - *La fractalité des structures urbaines*. Anthropos Économica édition, Paris. 291 p.
- Guegan D.** 2003 - *Le chaos en finance. Approche statistique*. Économica éditeur, Paris. 465 p.
- Heudin J.C.** 1994 - *La vie artificielle*. Hermès éditeur, Paris. 267 p.
- Heudin J.C.** 1998 - *L'évolution au bord du chaos*. Hermès éditeur, Paris. 181 p.
- Hofstadter D.** 2000 - *Gödel, Escher, Bach. Les brins d'une guirlande éternelle*. Dunod éditeur, Paris. 883 p.
- Hurst H.E.** 1954 - *Le Nil. Description générale du fleuve; utilisation de ses eaux*, Payot éditeur, Paris. 302 p.
- Hurst H.E., Black R.P. & Simaika Y.M.** 1965 - *Long-term storage. An experimental study*. Constable, Co. Ltd, London, 145 p.
- Huighe R.** 1971 - *Formes et forces. De l'atome à Rembrandt*. Éd. Flammarion, Paris. 443 p.
- Klein E.** 1995 - *Le temps*. Éd. Flammarion, Paris, coll. Dominos. 124 p.
- Laherrère J.** 1996 - Distributions de type « fractal parabolique » dans la nature. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 322, série IIa. p. 535-541.
- Lardic S, Mignon V.** 1996 - Les tests de mémoire longue appartiennent-ils au « camp du démon » ? *Revue économique*, n°3. p. 531-540.
- Latouche L.** 2004 - *Survivre au développement : De la décolonisation de l'imaginaire économique à la construction d'une société alternative*. Éditeur Mille et une nuits, Paris. 126 p.
- Le Mehaute A., Nigmatullin R.R. & Nivanen L.** 1998 - *Flèches du temps et géométrie fractale*. 2^e édition, Hermès, Paris. 348 p.
- Levy J. & Lussault M.** 2003 - *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin éditeur, Paris. 1034 p.
- Levy Vehel J. & Walter C.** 2002 - *Les marchés fractals*. Presses universitaires de France, Paris. 194 p.
- Lie Zi** 1999 - *Du vide parfait*. Extraits traduits du chinois et présentés par L. Bresner. Coll. Rivages poche/Petite Bibliothèque, Éditions Payot & Rivages, Paris. 127 p.
- Levy-Strauss C. & Eribon D.** 1990 - *De près et de loin ; Suivi de : Deux ans après*. Odile Jacob éditeur, Paris. 269 p.
- Mach E.** 1998 - *L'analyse des sensations*. Coll. Rayon philo. Jacqueline Chambon éditeur, Nîmes. 320 p.
- Mandelbrot B.** 1975 - *Les objets fractals*, 1^{ère} édition, Flammarion éditeur, Paris, 1984 2^e éd., Flammarion 203 p. et 1995, 4^e éd., Flammarion, coll. Champ n°301, 208 p.
- Mandelbrot B.** 1997 - *Fractales, hasard et finance*. Coll. Champ, Flammarion éditeur, Paris, 246 p.
- Martin P.** 2000a - Quelle est la dimension du massif karstique de la Sainte Baume ? Éléments pour une théorie spatiale et fractale du karst. *Karstologia*, n°35, p. 13-26.
- Martin P.** 2000b - Forme et rugosité des surfaces karstiques. Conséquences pour une théorie spatiale et fractale de l'interface terrestre. *Karstologia*, n°36, p. 1-16.
- Martin P.** 2003a - Construire un objet géographique. Recherche d'une méthodologie. In : *Objets et indicateurs géographiques*, sous la direction de J. Maby, Collection Actes Avignon n°5, Université d'Avignon et UMR ESPACE 6012 du CNRS éditeurs, p. 42-88, 13 fig., 1 graphe. Texte en ligne sur les sites : <http://www.umrespace.org> et <http://www.geo.univ-avignon.fr>.
- Martin P.** 2003b - Objectivation des formes en géographie et calculs d'indicateurs fractals. Exemples karstiques. In : *Objets et indicateurs géographiques*, sous la direction de J. Maby, Collection Actes Avignon n°5, Université d'Avignon et UMR ESPACE 6012 du CNRS éditeurs, p. 153-268, 13 fig., 1 graphe. Texte en ligne sur les sites : <http://www.umrespace.org> et <http://www.geo.univ-avignon.fr>.
- Martin P.** 2004 - *Modélisation fractale et structurelle des formes en géographie. Réflexion développée à partir d'exemples karstiques*. Habilitation à diriger les recherches. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, tome 1, 173 p., tome 2, 314 p., tome 3, 176 p., 1 carte coul. ht.
- Martin P. & al.** (à paraître) - sous la direction de Volvey A., *Échelles et temporalités*, Coll. Clefs concours, Géographie des territoires, Atlande éditions, Paris.
- Maturana H. & Varela F.** 1980 - *Autopoiesis and cognition : The realization of the living*. D. Reidel éditeur, Kluwer Academic publishers group, Dordrecht, Hollande, distributeur. 141 p.
- Mignon V.** 1998 - *Marchés financiers et modélisation des rentabilités boursières*. Éditions Économica, Paris. 292 p.
- Nicolis G. & Prigogine I.** 1992 - *À la rencontre du complexe*. Presses Universitaires de France, Paris. 382 p.
- Ning Lu** 1997 - *Fractal imaging*. Academic Press, San Diego, USA. 410 p.
- Passet R.** 1996 - *L'économie et le vivant*. 2^e éditions, Économica éditeur, Paris. 291 p.
- Peitgen H.O. & Saupe D.** 1988 - *The science of fractal images*. Springer-Verlag editor, Berlin. 312 p.
- Peitgen H.O., Jurgens H. & Saupe D.** 1992 - *Chaos and fractals ; new frontiers of science*. Springer-Verlag editor, Berlin. 984 p.
- Petitot J.** 1978 - Théorie des catastrophes II. Sur le modèle historique de Thom-Pomian. *Mathématique et sciences humaines* n°64, Numéro spécial. p. 43-70.
- Petitot J.** 1989 - Forme. *Encyclopaedia Universalis*, XI, p. 712-728 et édition électronique.

Petitot J. 1992 - *Physique du sens*. Éditions du CNRS. 449 p.

Petitot J. 2004 - *Morphologie et esthétique*. Maisonneuve & Larose éditeur, Paris, 374 p.

Petitot J., Varela F.J., Pachoud B. & Roy J.M. 2002 - *Naturaliser la phénoménologie*. Essais sur la phénoménologie contemporaine et les sciences cognitives. Éditions du CNRS, Paris. 796 p.

Peulvast J.P. & Vanney J. 2001 - *Géomorphologie structurale. Terre, corps planétaires solides*. Tome 1 : relief et structure. Gordon and Breach science publishers, Paris. 505 p.

Poston T. & Stewart I. 1978 - *Catastrophe theory and its applications*. Réimpression par Dover publications, Inc, New York, en 1996, 491 p.

Rodriguez-Iturbe I, Rinaldo A. 1997 - *Fractal river basins. Chance and self-organisation*. Cambridge University Press editor. 547 p.

Ruelle D. 1991 - *Hasard et chaos*, Éditions O. Jacob science, Paris. 247 p.

Ruelle D. & Takens F. 1971 - On the nature of turbulence. *Communication in mathematical physics*, 20. p. 167-192.

Schwenk T. 1992 - *Le chaos sensible*. Éditions Triades, Paris, 144 p., cahier photos nb, 88 p. ; 1^{ère} édition allemande : 1962, 1^{ère} édition française : 1963.

Stevens P.S. 1978 - *Les formes dans la nature*. Éd. Seuil, Paris. 232 p.

Stewart I. 1998 - *Dieu joue-t-il aux dès ? Les mathématiques du chaos*. Flammarion éditeur, Paris, coll. Champs n°411, 602 p. Édition anglaise, 1989.

Tocqueville A. (de) 1835 - *De la démocratie en Amérique I*, 1^{ère} partie,

http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/classiques/De_tocqueville_alexis/democratie_1/democratie_t1_1.pdf

Tocqueville A. (de) 1835 - *De la démocratie en Amérique I*, 2^e partie,

http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/classiques/De_tocqueville_alexis/democratie_1/democratie_t1_2.pdf

Tocqueville A. (de) 1840 - *De la démocratie en Amérique II*, 1^{ère} et 2^e partie,

http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/classiques/De_tocqueville_alexis/democratie_2/democratie_t2_1.pdf

Tocqueville A. (de) 1840 - *De la démocratie en Amérique II*, 3^e et 4^e partie,

http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/classiques/De_tocqueville_alexis/democratie_2/democratie_t2_2.pdf

Thom R. 1977 - *Stabilité structure et morphogénèse*. 2^e édition, Inter-Éditions, Paris, 351 p. ; 1^{ère} édition anglaise : 1972.

Thom R. 1983 - *Paraboles et catastrophes*. Coll. Champs, n°186, éd. Flammarion, Paris. 190 p.

Thom R. 1993 - *Prédire n'est pas expliquer*, 2^e édition, Coll. Champs, n°288, éd. Flammarion, Paris. 173 p.

Vidal C., Dewel G. & Borckmans P. 1994 - *Au-delà de l'équilibre*. Coll. Enseignement des sciences, Hermann éd., Paris. 372 p.

Zajdenweber D. 2000 - *Économie des extrêmes*. Nouvelle bibliothèque scientifique, Flammarion, Paris. 218 p.