HAL open science

Ordre de grandeur et système

François Durand-Dastès

▶ To cite this version:

François Durand-Dastès. Ordre de grandeur et système. Géopoint, 2012, Les échelles pour les géographes et les autres. hal-02504923

HAL Id: hal-02504923
https://hal.science/hal-02504923

Submitted on 11 Mar 2020

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

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

Ordres de grandeur et systèmes.

Référence : François, Durand-Dastès 2012. L'ordre de grandeur des systèmes. IN « Les échelles pour les géographes et les autres. » *Géopoint 2010* DVD. Volume numérique. Université d'Avignon.

MOTS CLEFS : Géographie - Epistémologie Systèmes – Echelles - Graphiques sagittaux - Modèles - Spatialités et temporalités - Bifurcations

Je crains qu'il n'y ait un contraste très marqué entre l'exposé que vous venez d'entendre et celui que je vais présenter. Mes perspectives seront nettement moins synthétiques, théoriques et abstraites. Elles feront sans doute, par contraste, l'effet d'une exploration empirique, voire d'un vagabondage. Je m'appuierai constamment sur des expériences de travail sur des problèmes variés, sur des recherches d'explications. Je ferai référence à une seule notion théorique, celle d'interaction, et à des outils intellectuels qui permettent de la mettre en œuvre, et qui se fondent autour de la notion de système, de la logique systémique. C'est sur le rôle des ordres de grandeur dans l'étude de systèmes utilisés en géographie que porte cet exposé.

J'utiliserai à peu près uniquement la formalisation des systèmes par les diagrammes sagittaux. Ils sont particulièrement commodes pour un exposé fait dans le cadre qi est le nôtre aujourd'hui. Il existe bien entendu d'autres formalismes, sur lesquels je me suis souvent exprimé, mais que je n'utiliserai pas ici.

1/ Ordres de grandeur : l'espace et le temps.

En dépit de l'intitulé de ce « géopoint », et contrairement à une habitude bien enracinée, je choisis pour figurer dans le titre de ce paragraphe « ordre de grandeur », plutôt qu' « échelle », et je continuerai à faire ce choix tout le long de cette intervention. Je sais bien que le terme d'échelle, pour désigner les effets de taille dans le classement des faits et la quantification des filtres nécessaires pour leur étude, et d'un usage consacré, et qu'il présente des avantages dont le principal est sans doute précisément d'être consacré. Mais employer le même terme pour désigner une dimension et un rapport entre cette dimension et l'artefact qui la décrit, crée des ambigüités un peu pénibles. Confronter l'usage courant (regretté, parce que regrettable en toute rigueur) qui assimile grande échelle et vastes réalités, et celui des experts qui étudient à grande échelle ce qui est le plus petit, et vice versa, permet à « ceux qui savent le bon usage », de se distinguer. On pourrait presque dire que l'acquisition de cet usage sert de rite d'initiation, par exemple auprès des étudiants de première année de nos cursus de géographie. Tout cela est bel et bon, mais j'ai tendance à trouver que c'est là source de perte de temps et d'énergie. Plutôt que de s'acharner à sanctionner les emplois erronés ou de tenter des compromis fondés sur la distinction entre une échelle « courante « et une « échelle cartographique », il me semble plus simple de parler d'ordre de grandeur pour désigner les dimensions des réalités dont on traite, et, particulièrement pour nous, de l'espace pris en compte. On peut ainsi restreindre l'usage de « l'échelle » à celui qui correspond à sa définition précise, et éviter de désigner du même terme une dimension et un rapport, la mesure d'une grandeur et son inverse.

Puisque j'en suis aux proclamations un tantinet provocatrices, je dirai aussi que je suis quelque peu choqué de lire bien souvent, à propos de telle ou telle de nos interrogations, qu'elle pose « un grave problème d' échelle », alors qu'en fait la prise en considération de l''échelle - de l'ordre de grandeur - ouvre la voie à une solution satisfaisante des difficultés rencontrées.

Quoi qu'il en soit, les questions d'échelle et d'ordre de grandeur s'appliquent bien sûr aussi bien au temps qu'à l'espace, et les deux domaines intéressent la géographie. C'est assez évident d'un point de vue général, puisque, comme le temps et l'espace sont les deux seuls modes d'existence du réel (ou, si l'on préfère, les deux seules catégories de la pensée du monde), on voit mal comment une discipline quelconque pourrait négliger l'un ou l'autre. Il y a certes des combinaisons différentes, on pourrait dire des dosages. On a souvent dit que la géographie a longtemps insisté sur le diachronique, que l'accent a plus tard été mis sur la synchronie. Mais la combinaison des deux points de vue est inévitable ; il n'est peut-être pas tout à fait inutile de reproduire ici un schéma qui offre une vision de ces combinaisons dans le cas de la géographie.

Emplacement de la figure 1

La prise en considération des ordres de grandeur montre des structures communes pour le temps et pour l'espace, et ces structures peuvent être spécifique des différents champs du savoir.

En premier lieu, pour l'une comme pour l'autre des catégories, se pose la question de savoir entre quelles bornes se situe la dimension des phénomènes pris en compte habituellement (ou, peut-on dire, « légitimement ») par la discipline. Ces bornes ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit de ce que l'on cherche à expliquer – « l'explanandum » des epistémologues - ou de ce qui intervient comme élément d'explication, « l'explanans ».

On peut avancer que, pour la géographie, dans le temps, l'explanandum se situe entre des bornes assez étroites, celles qui définissent le « présent », une tranche de durée plus « épaisse » bien sûr que le moment évanescent où l'avenir devient passé, mais tout de même limitée. Par contre, pour l'explanans, c'est toute la gamme des temps des hommes et celle, nettement plus étendue, des temps de la nature, qu'il est légitime de faire intervenir. (J'ai présenté un tableau de quelques exemples de cette gamme dans le tome 1 de la Géographie Universelle Reclus, page 313 (1990)

Pour ce qui est de l'espace, on peut trouver des limites assez précises à l'explanandum , le monde d'une part, l'individu humain d'autre part. Cette limite inférieure est d'ailleurs l'objet de discussions ; ce n'est pas sans difficultés et réticences qu'ont été admis dans le champ de la géographie les individus hors des groupes élémentaires auxquels ils appartiennent ; les dimensions de l'habitation humaine ont largement servi de "calage" inférieur. Mais les études de la maison, notamment de la maison rurale, objet d'une abondante littérature vers le milieu du XX è siècle, ont été l'objet d'un certain discrédit, jusqu'à la réhabilitation des ordres de grandeur faibles par suite de l'intérêt récent porté à l'espace domestique. Comme pour le temps, la gamme de l'explanans serait plus étendue, l'espace extra-terrestre pouvant être pris en compte, spécialement pour des questions de géographie physique, de même que, à l'autre extrême, des processus cellulaires. Mais ces extensions maximales gardent un rôle relativement limité dans la littérature.

En second lieu, dans le temps comme dans l'espace se posent les problèmes du continu et du discontinu. La prégnance de ce dernier est forte, bien que souvent regrettée ; elle se traduit par un usage très général de discrétisations du temps et de l'espace. Le nombre de classes distinguées, leurs contenus et leur bornes sont très variables d'un auteur à un autre, et selon le champ d'étude, mais rares sont les travaux où l'on se passe complètement de les faire intervenir à un moment ou un autre. Il n'est pas possible de décrire ici les nombreuses discrétisations proposées ; on se contentera de mentionner par exemple les trois temps braudéliens pour l'histoire, ou les essais de classification de CP Péguy et Roger Brunet évoquées notamment dans le »Géopoint 82 », p 184.

L'analyse systémique est donc confrontée aux effets d'ordre de grandeur, mais aussi à tout ce qui concerne les questions de continuité, de discontinuité et de discrétisation, du point de vue temporel comme du point de vue spatial, puisqu'il y a des structures et donc des problématiques communes aux deux catégories d'espace et de temps. Dans ce qui suit, nous essaierons de voir comment cette analyse reflète et construit l'hétérogénéité des temps pour élaborer des systèmes ; et comment ceux-ci permettent de répondre à des interrogations sur les espaces de taille très différente qui se situent dans le domaine exploré par la géographie.

2/ Systèmes et temporalités : ordre de grandeur et nature des temps.

La mise en œuvre de la logique des systèmes dans l'explication géographique implique le recours à des ordres de grandeur de durées différents, parfois très fortement différents, et au cours desquels se déroulent des processus de types variés : si bien qu'on peut dire que les temporalités en cause peuvent être caractérisées du point de vue quantitatif, (ordre de grandeur des durées), mais aussi qualitatif (nature des processus qui se déroulent).

2.1 **Les systèmes et l'hétérogénéité du temps. Temporalités intrasystémiques et inter systémiques.**

Les systèmes ont une histoire, s'insèrent dans des séquences temporelles, donc dans des temporalités différentes ; ce qui a des conséquences sur les outils utilisés pour leur formalisation. On peut reconnaître à cet égard une division majeure entre les temporalités que l'on peut dire « intra systémiques » d'une part et « inter systémiques » d'autre part. Un traitement détaillé et assez long d'un modèle classique de la démographie et de la géographie, celui de la transition démographique va nous permettre de préciser cette distinction. Le modèle de la transition démographique, (qui est, incidemment, l'objet de critiques qui semblent assez peu justifiées pour l'essentiel) peut en effet être traduit en termes de systèmes, comme cela a été fait dans la figure 2, qui se fonde sur un essai de formalisation didactique du modèle.

Insérer ici le figure 2. Elle comporte 4 graphiques.

Le modèle de système a été élaboré à partir d'informations classiques ; il est destiné à montrer le caractère complexe et multicausal d'un phénomène comme la croissance démographique, et la diversité des types de relations qui interviennent.

Cette présentation repose sur la distinction d'un schéma sagittal qui cherche à mettre en place les relations de base du modèle, en insistant sur les boucles d'interaction qui composent un système de relations, puis trois schémas correspondant à des états du système de base, dont la succession constitue précisément la « transition démographique » (Transition, rappelons le, d'une situation de faible croissance avec mortalité et natalité également élevées, à une situation de faible croissance, avec des mortalités et natalités faibles. Entre les deux, s'insère une situation de forte croissance).

Le système de base est fondé sur des types de relations de nature variée :

- relations quasi-mathématiques ou franchement mathématiques (par ex : le taux de croissance est donné par la différence entre natalité et mortalité) ;
- relations plus floues, qui mettent en cause des comportements. Par exemple, il est d'observation courante que l'humanité a cherché à persister, si bien que les sociétés ont toujours réagi aux fortes mortalités, infantiles notamment, par une multiplication des conceptions, en situant d'ailleurs ce comportement en

fonction de prescription justifiées ou expliquées par des références à des croyances ou des dogmes religieux, souvent, mais pas seulement.

- relations d'ordre économique (par ex : dans un contexte de production donné, le niveau de vie comporte, parmi bien d'autres facteurs, le volume de la population).
- relations qui passent par des intermédiaires nombreux et complexes, si bien qu'on n'a pas pu les représenter sur le schéma, et qu'il a fallu se contenter d'indiquer la place en figurant une "boîte noire " - un ensemble de processus et de facteurs qui sont ou non connaissables, mais dont on s'abstient de donner une description détaillée, au moins à un stade donné de la construction.

Toutes ces relations forment des boucles de rétroaction ; parfois simples comme celles qui relient les taux de natalité et de mortalité et la composition par âges, parfois plus complexes, comme celles qui relient la croissance, les niveaux de vie, la fécondité, la natalité et, de nouveau, la croissance.

Ce schéma général peut ensuite être modulé pour expliquer chacune des « situations » décrites par le modèle D'un schéma à l'autre, le maintien des emplacements relatifs des cases et des flèches montre le maintien de la structure logique du système, mais la nature des relations change profondément.

On peut considérer que cette schématisation met en cause au moins trois types de temporalité, qui s'ordonnent grossièrement en trois niveaux.

Les temporalités intrasystémiques concernent le fonctionnement des boucles. Elles sont caractérisées essentiellement par le poids de la logique de l'interaction. La dimension temporelle y est bien présente : par exemple, dans le cas de la boucle qui relie la natalité et la composition par âges d'une population, c'est en fait un état de la natalité qui produit un état ultérieur de la population qui produira à son tour des effectifs relatifs de naissance, et ainsi de suite. Une assez bonne image de ce processus serait fournie par une spirale s'enroulant autour de la « flèche du temps ». Mais comme d'une part les modifications d'un des éléments de la boucle par l'autre sont très rapides, et que d'autre part c'est entre les mêmes éléments que se font les échanges, les processus récurrents des bouclent produisent des apparences de simultanéité. En d'autres termes, le temps est bien présent, mais il peut en quelque sorte être « mis entre parenthèses » dans la construction du modèle graphique. Ceci pèse fortement sur toutes les formalisations du type de celles de la figure 2, où les interactions sont représentées par des boucles « plates », l'existence d'une diachronie étant absente du schéma. Plus exactement, la dimension diachronique n'y apparaît pas de façon explicite. Il en en va de même dans les formalisations mathématiques, où, dans la formalisations des boucles, apparaissent des équations réversibles, ou par des ensembles d'équation où les solutions des unes sont déterminées par celles des autres. La figure 3 tente de montrer deux visualisations de boucles d'interaction.

Incorporer ici la figure 3

L'une, montre une spirale s'enroulant autour de la flèche du temps ; la seconde fait disparaître cette flèche, le temps devient un implicite. La première figuration peut être considérée comme plus « réaliste » que le seconde, mais elle est pratiquement impossible à incorporer dans des schémas complexes. Ce qui explique qu'on ne la encontre pratiquement jamais – ce qui n'est pas une raison pour l'oublier.

La rapidité des échanges à l'intérieur de la boucle fait que nous avons souvent à tenir compte d'ordres de grandeur de durée faibles, du moins relativement plus faibles que ceux qui interviennent dans l'ensemble des phénomènes considérés.

Les temporalités inter systémiques mettent en cause la durée de fonctionnement des systèmes pris globalement, la succession des systèmes différents ou d'états successifs d'un même système, ou encore la formation d'un système à partir d'une situation moins nettement organisée. Dans le cas de la transition démographique, on peut considérer que notre schéma présente trois états successifs du système, correspondant aux deux phases de croissance lente séparées par celle de l'explosion démographique. Ici les formalisations ne peuvent négliger la « flèche du temps », elle ordonne les schémas et les équations réversibles sont bannies des expressions mathématiques. L'intérêt de la réflexion se porte sur les raisons qui expliquent la passage, voire le basculement d'un état du systèmes à un autre, d'un systèmes à un autre.

L'utilité des schémas de systèmes est qu'ils permettent d'envisager des facteurs multiples pour rendre compte de ces basculements, ou en tout cas pour poser des hypothèses en termes clairs. Par exemple, dans le cas du passage de la forte croissance à la phase finale, on peut insister sur le rôle d'une augmentation rapide de la production, donc du niveau de vie, qui se répercute ensuite sur tout le système, par les cheminements multiples que décrit le schéma. On peut aussi montrer le rôle possible d'une action directe sur la fécondité, et/ou sur les valeurs et les déterminants éducatifs et culturels qui pèsent sur elle. En d'autres termes, le commentaire des schémas permet d'exposer deux stratégies possibles pour provoquer ou accélérer la phase finale de la transition ; de les situer l'une par rapport à l'autre ; peut être aussi de montrer qu'elles sont complémentaires, alors qu'on les présente souvent comme des alternatives qui s'excluent mutuellement, comme le montrent les débats qui s'installent périodiquement dans la presse à l'occasion de l'ouverture des conférences des Nations Unies sur la population : dans quelle mesure faut-il insister sur la croissance économique, et attendre quelle fasse ses effets, ou que peut-on attendre d'actions directes sur la fécondité, par la propagande, les pressions économiques voire la coercition.

Un troisième niveau de temporalité doit être pris en compte, bien qu'il soit moins évident et souvent laissé dans le domaine de l'implicite. C'est celui d'une durée d'ordre de grandeur supérieur, celle de la permanence des mécanismes généraux qui sont résumés dans le schéma général de la figure 2. Ils supposent une certaine permanence de réalités humaines, physiologiques, psychologiques, sociales, , qui conditionnent le fonctionnement du système. Son temps caractéristique est celui des temps long des mentalités, des institutions, on pourrait dire, des civilisations humaines, voire des « universaux »..

2. 2 Les systèmes et l'hétérogénéité du temps. Systémogénèses, événements, bifurcations.

Pour compléter le tableau de l'histoire des systèmes, il faut ajouter à la distinction entre temps intrasystémiques et temps inter systémiques la prise en considération de très nettes différences de rythme et de nature dans les processus. Ils sont en effet caractérisés par l'existence de périodes relativement courtes, d'innovations, de recombinaisons, caractérisées par la naissance d'une entité systémique nouvelle, d'où l'emploi pour les qualifier, du terme de « systémogénèse », commode malgré sa lourdeur. Il peut s'agir de la substitution d'un système à un autre, mais aussi, de façon plus spectaculaire, de la formation d'un système, c'est-à-dire de l'apparition d'organisations fortes dans une situation où il n'y avait pas eu jusque là d'interactions en boucles entre les éléments présents. Ces périodes de mutation et d'innovation contrastent avec des périodes au cours desquelles les processus fonctionnent dans une logique de reproduction, on pourrait dire « régulièrement » - le terme devant être pris au sens fort, puisqu' on peut souvent identifier le jeu de règles. Les périodes de ce deuxième type tendent à se situer dans des ordres de grandeur de durée plus grands que les premières.

Pour préciser le cas de la systémogénèse, on s'appuiera sur l'exemple du Punjab, objet de la modélisation de la figure 4

Insérer ici la figure 4 (Deux schémas)

Cette région du Nord-Ouest du monde Indien est connue, depuis plusieurs décennies, par le niveau relativement bon des principaux indicateurs économiques. On peut considérer que cette situation peut s'expliquer par le fonctionnement d'un système économique et social, dont on a essayé de donner un schéma dans la figure 2A. Il est fondé sur l'existence de plusieurs boucles d'interaction positive, qui interfèrent d'ailleurs les unes avec les autres.

Les surplus dégagés par une agriculture efficace assurent une capacité d'investir et de consommer, favorable à une industrialisation, notamment à une petite métallurgie qui a aidé à l'équipement des agriculteurs, et a donc contribué à leur efficacité. Cette industrialisation a été favorisée par la production d'énergie hydroélectrique en bordure de l'Himalaya - mais l'investissement réalisé pour l'obtenir a été rentabilisé et/ou justifié par la proximité d'un Punjab actif et peuplé. L'existence d'une paysannerie de moyens propriétaires exploitants (pour beaucoup d'entre eux adeptes de la religion sikh), capables d'investir et de progresser, qui tiennent une plus large part de la terre que dans les autres régions de l'Inde a été facteur de l'activité économique d'ensemble, mais celle-ci lui a permis de se maintenir et de se développer. Les surplus agricoles ont permis des investissements importants dans une irrigation, source à son tour de forte productivité agricole, et facilitée par la proximité de l'Himalaya et par les investissements dans les équipements hydroélectriques, d'ailleurs d'autant plus rentables qu'ils étaient aussi destinés l'irrigation. Les villes, qui forment un réseau dense dans la région, avec notamment l'agglomération de Delhi, toute proche du Punjab, ont offert à la fois des sources de financement et des marchés aux productions agricoles et industrielles des campagnes, tandis que la prospérité de celles-ci contribuait à entretenir l'activité urbaine.

On peut donc faire une lecture synchronique (plus exactement : une lecture située dans un temps « intrasystémique ») d'un système Punjabi, Elle offre l'avantage de fournir une hypothèse cohérente, multicausale et complexe pour l'explication d'un trait important de la différenciation de l'espace indien. Aucun raisonnement fondé sur une logique monocausale et linéaire ne semble fournir une explication du même niveau d'efficacité.

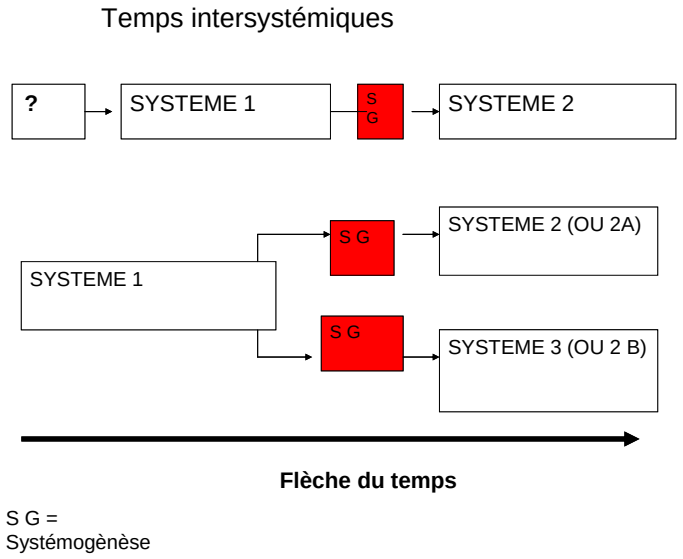
Mais cette explication par le fonctionnement d'un « système du Punjab (contemporain) » a besoin d'être complétée par l'étude des conditions et des circonstances de la mise en place de ce système dans une certaine localisation, bien définissable. Les éléments du système ont été mis en place au cours d'évolutions se situant dans le cadre de temporalités dont les ordres de grandeur sont très variés. L'existence d'un seuil qui sépare les montagnes himalayennes et les reliefs moyens de la péninsule, et unit deux grandes plaines alluviales, relève des temps géologiques longs. La persistance d'un climat relativement sec, plus sec en tout cas que celui de la plaine du Gange moyen et inférieur situés plus à l'est, relève aussi de temps très longs, s'ils le sont déjà bien moins que ceux de la géologie. C'est au cours d'une histoire multiséculaire que la position de seuil a été valorisée par l'implantation de villes aux fortes fonctions militaires et politiques (Delhi se glorifie d'avoir été le site de 7 capitales successives..). Une phase plus récente de l'histoire du peuplement a été liée à des caractères du seuil : son climat plus sec lui a valu l'absence d'une accumulation de peuplement paysan massif comme celle qu'a connue les terres alluviales plus à l'est. Si bien qu'elle a pu fonctionner à partir de la fin du XIXè siècle comme un front pionnier, désormais de plus en plus sillonné par des canaux issus de l'Himalaya. C'est du peuplement organisé de ce front pionnier qu'a été héritée une paysannerie de moyens exploitants dont nous avons mentionné

le rôle. Finalement, les interventions nouvelles dans l'économie de l'Inde indépendante ont favorisé la « cristallisation » de ces éléments, leur mise en interaction, en d'autres termes, une **systémogénèse.**

La mise en place des éléments du système dans le cadre de temporalités d'ordre de grandeur très variés a été schématisée, (sans respect de la véritable échelle du temps) sur le figure 4B. Elle souligne la brièveté relative de la systémogénèse – de l'ordre de la décennie, alors qu'on prend en compte par ailleurs des durées multiséculaires pour la mise en place des différents éléments du système.

La brièveté relative des temps de la systémogénèse par rapport à ceux du fonctionnement des systèmes et à ceux de la mise en place des leurs éléments est un phénomène majeur. On a tenté de le donner à voir dans le schéma de la figure 5, une représentation de l'hétérogénéité des temps intersystémiques.

Figure 5 Hétérogénéité du temps.



Cette systémogénèse, de par sa brièveté relative, peut être considérée comme un *événement.* On peut ajouter que cet événement est également un *avènement* dans la mesure où il introduit une nouveauté. Cet événement se produit dans un espace relativement limité, il est donc localisé, et le fait qu'il se soit produit "là et pas ailleurs" a ensuite des effets sur la répartition spatiale de l'innovation. On dira donc finalement que la systémogénèse nous fournit un exemple *d'événement/avènement localisé/localisant*. La formulation n'est pas élégante, mais elle est précise et souligne l'intérêt de la notion.

Elle peut être généralisée. Bien des distributions géographiques actuelles s'expliquent par la succession d'un événement qui fait apparaître une innovation dans un lieu donné. Ces caractères ou ces structures nouvelles peuvent ensuite se maintenir et évoluer par le jeu de toute une série de processus, comme ceux que l'on observe dans le fonctionnement des systèmes. La localisation des caractères nouveaux peut aussi changer, par le jeu de mécanismes de *diffusion*, (notion très classique en géographie), qui s'effectue selon un jeu de règles qui bien décrites. Un événement localisé suivi d'une diffusion est un processus très habituel pour l'explication des différenciations spatiales.

2.3 Règles et aléas.

Les temporalités de la systémogénèse, de l'événement, sont généralement, on l' a vu, d'un ordre de grandeur plus faible que celles du fonctionnement des systèmes formés, ou de la mise en place de leurs éléments. Mais aussi les logiques en cause sont assez différentes. Pour l'étude des mises en place de leurs éléments et du fonctionnement des boucles, il est en général possible de formuler au moins des constantes, souvent des règles, parfois de lois au sens précis du terme. Les périodes de systémogénèse font intervenir des durées plus brèves, au cours desquelles il est plus difficile de reconnaître des constantes (plus précisément des antécédents constants) et, en somme, des règles. Aussi peut-on être tenté de dire qu'il y a ici une intervention de la contingence, que l'on touche au domaine de l'aléatoire. Que celui-ci relève d'une ignorance provisoire dans le cadre d'un déterminisme de base, ou qu'il appartienne à la nature des choses est une question fort importante, mais qui n'a pas à être discutée ici. Il est plus pertinent pour notre propos de souligner l'importance que jouent les ***coïncidences*** dans le temps et dans l'espace pour expliquer la naissance de systèmes, donc dans l'ensemble du raisonnement géographique. Dans des travaux curieusement assez peu cités, un auteur comme Cournot envisageait dès la fin du XIXè siècle, l'introduction dans des perspectives déterministes d'une contingence qui semble particulièrement adaptée à l'interprétation des systèmogénèses.

Ce mathématicien et logicien écrivait en effet *"(Il y a des événements qui sont amenés) par la combinaison ou la rencontre de phénomènes qui appartiennent à des séries indépendantes dans l'ordre de la causalité"*. Ce qui introduit une notion de contingence, puisque *"le fait naturel ainsi établi ou constaté consiste dans l'indépendance mutuelle de plusieurs séries de causes et d'effets qui concourent accidentellement à produire tel phénomène, à amener telle rencontre déterminée tel événement, lequel pour cette raison est qualifié de fortuit"* (Cournot. 1872.). La conception qu'il se fait des éléments indépendants est résumée dans les termes suivants par un commentateur de notre auteur: *"pour Cournot, il y a dans la nature des "petits mondes" qu'on peut isoler les uns des autres… C'est l'existence d'îlots ou de système séparés qui rend à la fois possible l'application de l'idée de relation causale à l'intérieur de chaque monde-île; et l'application de l'idée de hasard d'un monde-île à un autre. (Ainsi) l'idée de causalité et l'idée de hasard possèdent une égale objectivité: la première jouant à l'intérieur de systèmes qui font corps; la seconde, au premier chef, entre des systèmes jusque là indépendants"* (Saint Sernin. B. 1998).

L'association de causalité et de contingence telle que l'envisage Cournot permet d'interpréter bien des structures géographiques. Ainsi, l'apparition d'un quartier marqué par une forte population chinoise dans le XIIIème arrondissement de Paris, c'est à dire avec une localisation différente de celle des autres groupes d'origine étrangère récente dans l'espace parisien, peut être considérée comme le résultat d'une *coïncidence*, au sens fort du terme, entre des phases de processus indépendants l'un de l'autre. Phase de l'évolution de la guerre américaine au Viet Nam, qui entraîne dans les années 1970 l'exode de populations chinoises implantées dans la région de Saïgon, qui, pour des raisons enracinées dans les temps longs de l'histoire, viennent en grande partie vers la France. Phase de l'évolution du marché immobilier dans une partie de Paris où des programmes de rénovation sont arrivés à leur terme juste au moment où un retournement de conjoncture rend assez difficile la vente des logements à des Français. L'installation des Chinois s'amorce donc dans ce quartier, et se poursuit par suite du fonctionnement d'une boucle de rétroaction positive. On a bien affaire à deux séries d'événements, obéissant chacune à sa logique propre de nature largement déterministe, indépendantes l'une de l'autre, et dont l'interférence relève seule de l'aléatoire. Bel exemple du mécanisme décrit par Cournot et qui relève de la "causalité contingente". Celle-ci a déclenché un processus qui a fait apparaître un "objet spatial", qui s'est ensuite pérennisé par le jeu d'une

série de mécanismes bien identifiés, mais sans connaître de diffusion au delà des limites assez étroites d'un quartier parisien.

A une toute autre échelle et dans un autre domaine, la géographie des "grandes" religions résulte le plus souvent d'une apparition dans un lieu limité, dans des conditions qui peuvent être considérées comme relevant de la contingence, suivie ensuite par une diffusion selon des mécanismes connus.

3 / Espace et temps, croisements des ordres de grandeur. « L'effet diagonal » et ses limites

Il est assez raisonnable d'imaginer a priori que les structures, les organisations spatiales, de grande taille puissent être aussi des structures durables ; qu'aux espaces relativement vastes correspondent des durées relativement longues. *Relativement,* en effet : tout est affaire de comparaisons à l'intérieur d'ensemble de phénomènes situés entre des bornes qui peuvent être très variées.(Sur la figure 6, les bornes choisies sont la journée et l'année pour le temps, la petite région et l'hémisphère entier pour l'espace.

Figure 6 Systèmes de circulation : Tailles et durées

Durées

Espaces.	Année entière	Saison. Quelques mois	Quelques jours	Quelques heures
Hémisphère		Alternance système estival/système hivernal		
10 à 100 millions Km2	Cellules de Hadley océaniques Système océanique des latitudes moyennes	Cellule de mousson		
1 à 10 millions Km2		Anticyclones continentaux hivernaux des latitudes moyennes		
100 000 à 1 million Km2			"Systèmes norvégiens" Dépressions tropicales d'est.	
10 000 à 100 000 Km2				Talwegs mobiles Lignes de cisaillement Lignes de grain.
Moins de 10 000 km2				Cellules convectives. Tornades.

On peut trouver à cet effet de bonnes raisons. La capacité de durer d'une organisation peut dépendre de sa richesse, du nombre d'éléments qui entrent en interaction, et leur mise en place peut prendre du temps. De même qu'une certaine durée est nécessaire pour qu'un espace s'homogénéise par diffusion à partir d'un événement localisé. Si l'on croise l'espace et le temps en utilisant des catégories discrètes, comme on l'a fait pour un échantillon de configurations de circulation atmosphérique sur la figure 6, les cases où se situent les combinaisons réalisées tendent à s'aligner le long de la diagonale du tableau si bien qu'on a pu appeler « effet diagonal » cette tendance à l'association « grand/long »et « petit/court ».

Cependant, cet « effet diagonal » est loin d'avoir une portée universelle. On voit par exemple sur la figure 6 qu'aucune configuration atmosphérique à l'échelle de l'hémisphère entier ne peut fonctionner toute l'année (pas de coïncidence du temps le plus long et de l'espace le plus étendu pris en compte). De même, la cellule de mousson, qui est saisonnière, a des ordres de grandeur équivalents à ceux de cellules annuelles, comme celle de Hadley) :

toutes les cases de la diagonale ne sont pas remplies, et il y a des cases pleines en dehors d'elle.

Dans un domaine tout à fait différent, on peut suivre Michel Bruneau quand il discute de la durée des entités politiques de l'Asie du Sud-Est. Il écrit (Bruneau, 1990) : « Je crois que la relation temps courts/petits espaces n'a pas de sens. Ainsi, en Thaïlande, de très petits espaces, comme ceux des communautés villageoises, relèvent de temps très longs. A l'échelle nationale, le modèle concentrique du pouvoir fonctionne aussi dans des temps longs, mais il y a des temps très courts pour l'évolution de la configuration des Etats ».

Pour la péninsule voisine, l'Inde, on a fait remarquer que l'histoire de la géographie politique précoloniale (une géographie qui pèse lourd dans l'héritage actuel), était largement interprétable en fonction de l'existence « d'espaces noyaux », de dimensions relativement restreinte, qui se trouvent de façon récurrente au centre de constructions étatiques successives, bien plus éphémères et aux limites fluctuantes.

L'existence d'un lien, que l'on serait tenté de dire de « solidaire » entre dimensions spatiales et temporelles du point de vue des logiques explicatives est également un fait assez général. Assez banal même, mais il vaut la peine de s'y attarder un moment, car il peut troubler certaines démarches interprétatives ou prédictives. Le cas d'événements météorologiques importants pour la région qui s'étend de la Baie du Bengale à la Mer d'Arabie (ou Mer d'Oman) à travers la Péninsule Indienne. Elle est affectée par des cyclones tropicaux qui sont l'objet d'une attention vigilante et ancienne, pour des raisons évidentes.

A des ordres de grandeur spatiaux et temporels élevés, celui de la saison pour la durée et d'entités spatiales étendues, comme les deux espaces maritimes et les trois franges côtières (celles de la péninsule, et celle de la Birmanie) on peut définir à la fois des rythmes, des répartitions et des causalités.

Les cyclones sont plus nombreux dans la Baie du Bengale que dans la Mer d'Arabie ; ils apparaissent aux saisons intermédiaires et davantage à l'automne qu'au printemps. Ils sont rares en plein été (« au cœur de la mousson », suivant l'expression consacrée) et absents pendant l'hiver de l'hémisphère nord.

Il peut être rendu compte de cette répartition par les propriétés des cyclones tropicaux et les caractères d'ensemble de la circulation atmosphérique dans la zone – incidemment, on a affaire à des emboitements de systèmes de circulation, un point que nous ne pouvons pas développer ici.

Les cyclones tropicaux ne peuvent apparaître et s'entretenir que, si et seulement si, les 5 conditions suivantes sont réalisées :

- A/ Une déviation de Coriolis suffisamment faible, avec des valeurs telles qu'elles sont atteintes à des latitudes inférieures à 6°.
- B/ Une température de surface de la mer supérieure à 26°C
- C / Une rotation cyclonique dans les basses couches de l'atmosphère.
- D/ Une divergence dans les hautes couches de l'atmosphère.
- E/ Une absence de « cisaillement » dans les hautes couches de l'atmosphère.

(NB : Divergence est cisaillement sont des propriétés des champs de vent. La divergence tend à créer un appel d'air ; elle est liée aux changements de vitesse du vent et/ou à certains types de rotation. Le cisaillement est un contraste marqué de vitesse et/ou de direction dans le champ de vent. Un type fréquent est la superposition de deux courants de sens opposé).

Or ces conditions sont très différemment présentes aux différentes saisons et dans les différents domaines.

Les conditions A et B sont réalisées dans l'ensemble de la grande région toute l'année, elles n'ont pas de rôle discriminant entre ses parties.

Il n'en va pas de même pour les autres, (C D et E), et leur réalisation ou non réalisation explique les répartitions décrites Ainsi :

- Les conditions C D E sont réalisées sur les mers aux saisons intermédiaires. En particulier, il apparaît de grandes rotations cycloniques qui affectent l''ensemble du champ de vent, mais bien plus dans la Baie du Bengale que dans la Mer d'Arabie, où la mousson arrive en général sous forme d'un courant de sud-ouest rectiligne. Et aussi davantage à l'automne qu'au printemps.
- Il y a de fortes rotations cycloniques de surface et des divergences d'altitude dans la Baie du Bengale, notamment au nord, « au cœur de la mousson », mais aussi de puissants cisaillements d'altitude : la condition E n'est pas réalisée, et les nombreuses dépressions mobiles caractéristiques de la saison n'atteignent généralement pas la force cyclone.
- Enfin les rotations cycloniques de surface sont absentes de la région pendant tout l'hiver.

Un jeu de règles parfaitement indentifiables permet donc de rendre compte de la situation spatiotemporelle de la région du point de vue des cyclones. Mais il y a une rupture logique quand on passe aux ordres de grandeur inférieur, celui des cyclones individuels (qui sont, rappelons le, des systèmes emboîtés dans des systèmes plus vastes) avec chacun leur date d'apparition, leur trajectoire, leurs rythmes d'évolution. Les conditions relevées plus haut jouent ici encore, mais il ne s'agit plus seulement de raisonner en termes de simultanéités possibles, mais de coprésence effective. Pour celle-ci, au jeu de la règle vient s'ajouter celui de l'aléa ; à propos de chaque événement, c'est une certaine conjonction, qui se produit, et pas une autre, (« cette conjonction là », et pas une autre).

Comme il a déjà été suggéré plus haut, le poids plus important de d'aléa pour les raisonnements sur les ordres de grandeur faibles, un jeu plus simple des règles, du déterminisme en fait, au niveau d'ordre de grandeur des globalités peut-être considéré comme d'une grande banalité. J''ai voulu le rappeler ici en faisant appel à un exemple, parce qu'il arrive que ces changements de logique soit négligés, que l'on se fonde sur des constations faites au niveau des ordres de grandeur faibles pour en inférer des conclusions sur les ordres de grandeur élevés. Cela revient souvent à tirer des conclusions sur les règles, alors que les aléas surtout sont en cause. Il existe une tendance à attribuer à des changements des règles et conditions des climats tropicaux des caractères de **certains** cyclones, (ce, ou ces « cyclones là ») Or l'étude de cas précis montre que les phénomènes d'aggravation relèvent non, comme on le suggère du niveau de la règle, mais de celui de l'aléa. Ainsi, dans le cas du cyclone Nargis (Durand-Dastès, 2007) c'est sa trajectoire - orientation et rythme -, produit de conditions aléatoires, qui ont été à l'origine de son caractère particulièrement destructif : passage au sud de la côte est-ouest du delta de l'Irrawaddi au moment de la marée haute, arrêt du déplacement stabilisant pour quelques heures un champ de vent particulièrement destructif. L'attitude des autorités a fait le reste pour produire une catastrophe particulièrement tragique, plus grave que les précédentes. Il existe dans les commentaires de presse mais aussi dans des publications en principe mieux informées, une tendance à attribuer de telles aggravations à des changements au niveau des ordres de grandeur élevés, celui de la logique des règles. Dans le cas précis, on évoquera le rôle d'une augmentation d'ensemble de la température de surface de l'océan.

L'erreur qui consiste à appliquer à un ordre de grandeur une logique valable à un autre peut fonctionner dans les deux sens : du niveau micro au niveau macro, comme dans

l'exemple cité, mais aussi dans l'autre sens. Dans le cas du passage macro-micro, on connaît bien, pour l'interprétation des statistiques, le danger de la fameuse « erreur écologique ».

4/ Les modèles de systèmes et les dimensions de l'espace.

Ce n'est certes pas dans l'introduction d'un géopoint qu'il serait nécessaire de justifier le recours à la notion de système et à l'utilisation des modèles de systèmes pour traiter des problèmes d'explication de l'espace géographique, tant la cause semble entendue. Mais il est légitime ici de voir comment s'établissent les relations des différents systèmes et modèles de système avec les ordres de grandeur des espaces qu'ils cherchent à expliquer. Il est possible et utile de distinguer quatre types de rapports aux dimensions de l'espace : dans deux d'entre eux les modèles de systèmes portent sur des cas multiples, dans deux autres, ils sont efficaces pour des cas uniques. (Certains puristes souhaiteront de refuser alors le terme de modèle –puisqu'il n'y aurait pas de modèle de l'unique - ; si on veut les suivre, on peut proposer le recours à l'expression de « schéma systémique », mais cette nuance n'est peut-être pas indispensable).

4.1 Les modèles de systèmes ubiquistes et multiscalaires

Ils sont applicables à différentes réalités, dans des lieux et contextes différents, à des ordres de grandeur différents. Nous avons déjà rencontré le modèle du système relatif à la croissance démographique, dont la formalisation en termes généraux a été présentée comme premier schéma de la figure 1. En dépit de ce que l'on écrit parfois, il a largement prouvé son intérêt général. L'application a des cas variés, dans le temps et/ou dans l'espace, est possible avec des modifications, mais la structure du modèle est conservée ; donc on reste dans la même logique explicative, et l'on conserve l'essentiel, le jeu des interactions et la causalité complexe.

Dans un domaine très différent, on peut décrire, à titre d'exemple d'une démarche comparable, un modèle de l'utilisation de l'eau Il présente une organisation assez complexe.(Figure 7) On a en effet distingué un système central, où les interactions sont définies en termes de limitations réciproques ou de synergies entre différents types d'utilisation, qualifié de « système d'utilisation » (sensu stricto) et des entrées de ce système qui sont elles mêmes de systèmes.

Figure 7 A Utilisation de l'eau : Perspective systémique.
A / Système central. Exclusions et synergies entre les usages.

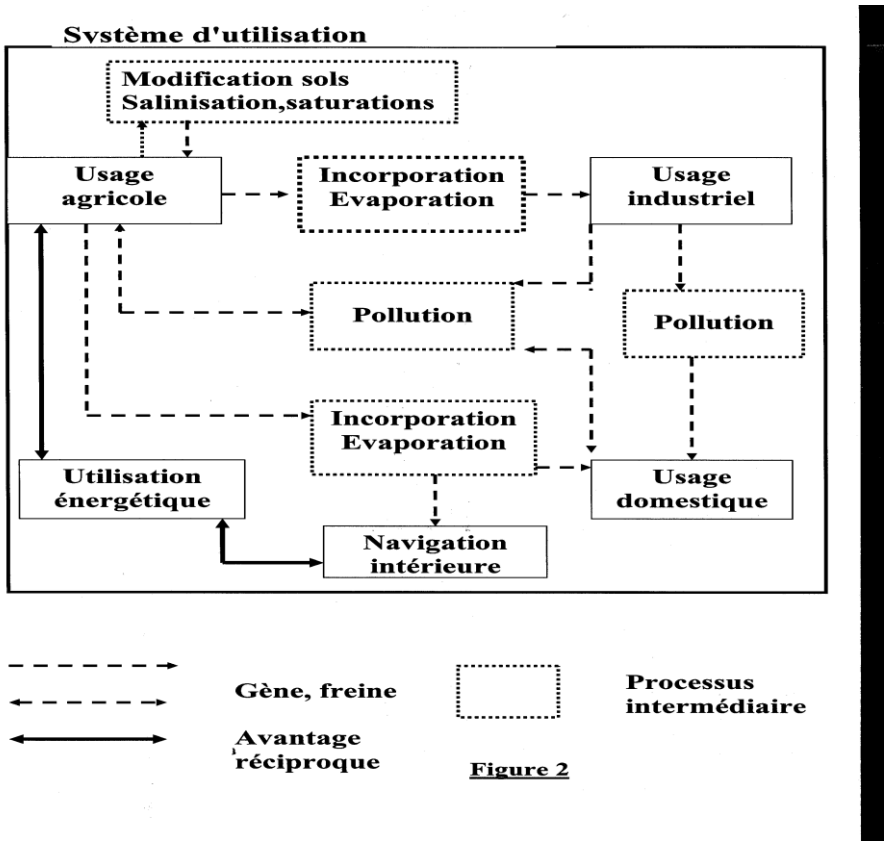
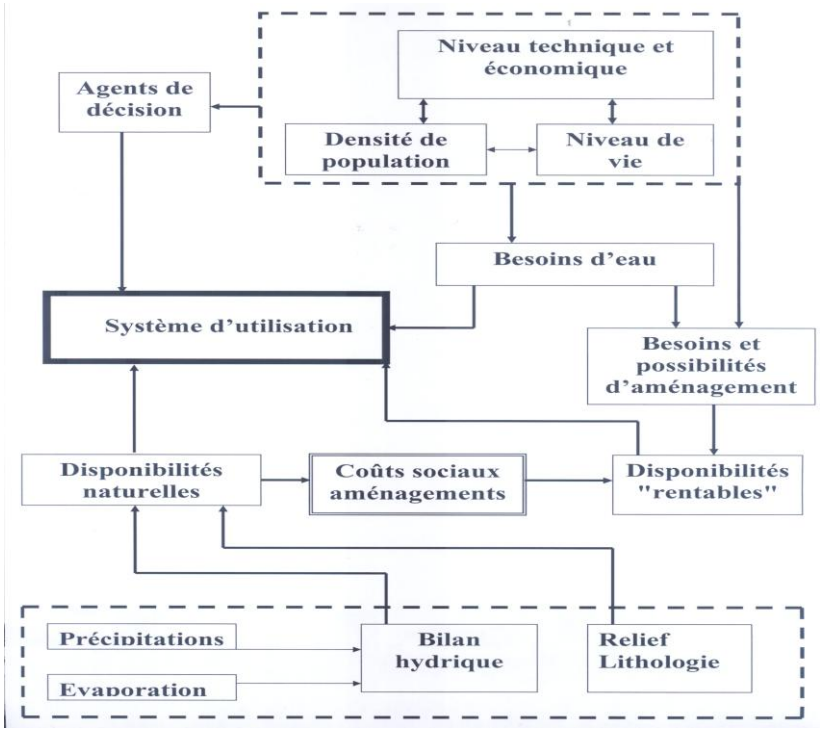


Figure 7 B Utilisation de l'eau : perspective systémique.
B/ Deux systèmes comme entrées du système central le « système des utlisations »



Ils reposent sur un jeu d'interactions entre des faits d'ordre démographique et économique pour les uns et des faits relevant de la nature pour les autres, et ils inter-agissent. Les sorties de ces systèmes, quantifiables en termes de ressources et de besoins, sont des entrées du système central. Cet ensemble un peu complexe permet à mon sens de poser en termes clairs un certain nombre de problèmes d'utilisation de l'eau, dans différentes parties du monde, et dans des espaces de différentes dimensions. Ils peuvent concerner de très grands espaces, comme des espaces nationaux, ou des aires limitées, comme celles de bassins hydrographiques de dimensions modestes. Ils gardent les traits essentiels de la structure de base, même si les composants varient d'un cas à l'autre, d'un ordre de grandeur à l'autre, et c'est l'essentiel pour leur définition.

4 2 Les modèles de systèmes répétables.

L'expression n'est ni consacrée, ni bien élégante, mais elle est commode pour désigner des systèmes qui concernent chacun des espaces limités, avec des dimensions à peu près équivalentes dans les différentes occurrences, mais qui sont reproduits dans des situations multiples, dans des lieux qui peuvent être disséminés sur de vastes espaces. Un assez bel exemple nous semble être fourni par le système des ghettos de population afro-américaine des grandes villes de l'Amérique du Nord. Chacun d'eux est de dimension limitée, mais on les rencontre dans beaucoup de villes d'un espace d'ordre de grandeur semi-continental. L'extension du champ d'action du système vient non plus, comme dans le cas précédent, de la possibilité de son adaptation à de grandes étendues, mais de répétitions d'une localisation à une autre.

Le modèle du ghetto que l'on peut proposer (voir figure 8) repose sur un choix formel un peu différent de celui fait pour la figure 7. On a distingué le modèle et ses entrées, mais on a insisté sur l'aspect diachronique, sur la mise en place des éléments du système, puis sur la systémogénèse.

Figure 8 A : Ghetto : Le système.

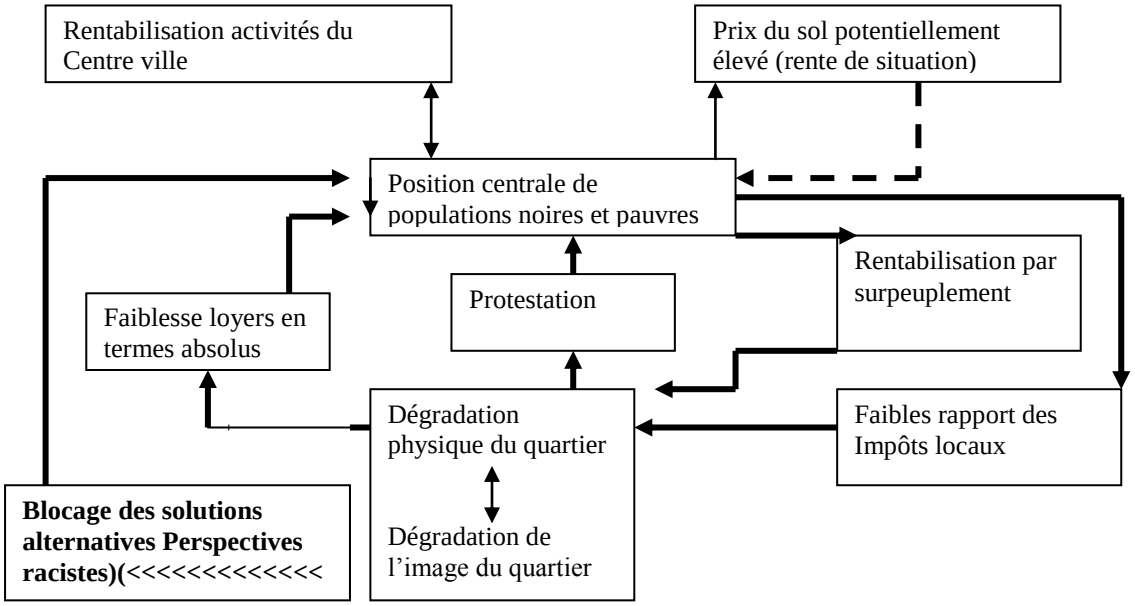
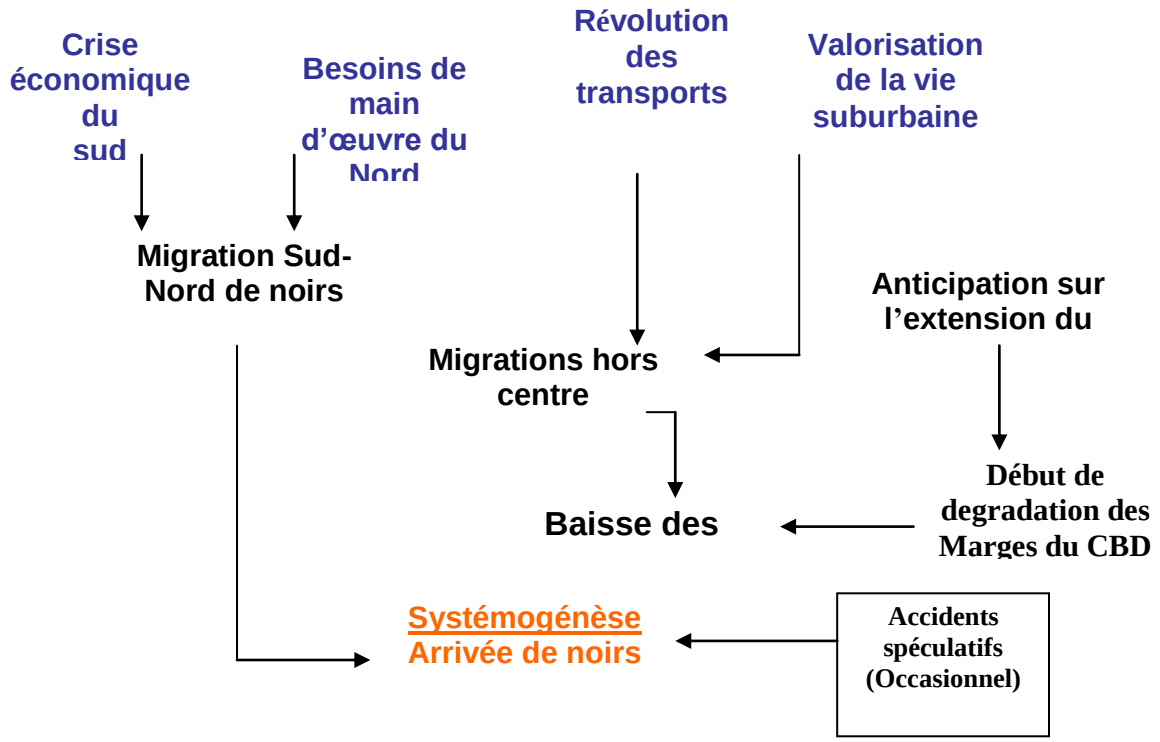


Figure 8 B Ghetto : Mise en place des éléments du système.



Le modèle comporte une série de boucles de rétroaction positive qui rendent compte de la durée pluri-décennale de la forme urbaine du « ghetto » afro-américain, des boucles de rétroaction négative stabilisent le système en limitant son champ d'action. La systémogénèse a fait entrer en relation des éléments mis en place à des moments variés de l'histoire d'un domaine étendu mais borné, celui du Nord des Etats-Unis. Elle s'est faite au cours de phases relativement brèves marquées par les « ventes de panique » à l'arrivée des premières populations noires. D'autres phénomènes d'ordre collectif sont intervenus avec par exemple le rôle de coïncidences entre des phases de la politique urbaine et des fluctuations du marché immobilier, elles mêmes liées à des crises économiques périodiques. Dans le cas de Harlem, on fait état d'une telle coïncidence entre la crise de 1905/1907 et des anticipations d'agents immobiliers à la suite de l'ouverture d'une ligne de métro. De tels facteurs déclenchants, de portée plus ou moins locale ont une rôle non négligeable, ils introduisent un élément de contingence ; mais l'existence de ghettos dans beaucoup de villes du Nord des Etats-Unis montre la force dominante des contraintes dues à la situation d'ensemble dans cette aire et la contingence n'introduit ici que des effets seconds, des nuances plus que des caractères fondamentaux La reproduction du modèle est donc assurée en raison à la fois de la « force » du système, et de son adaptation à des contextes qui se retrouvent sur de vastes espaces.

Les modèles de systèmes de ce type sont multiples. Ils concernent en particulier les systèmes urbains. C'est assez compréhensible, les villes étant, comme on le répète à satiété, « des systèmes urbains dans des systèmes de villes», l'aire d'extension de ces derniers conditionne l'aire où les premiers peuvent se « répéter ».

4 3 Les systèmes de cas uniques et leur modélisation.

Aux deux extrêmes de la gamme des ordres de grandeur, il existe des systèmes qui ne valent que comme explication d'un seul espace : soit parce que cet espace est unique à cause de son étendue - il n'y qu'un monde- ; soit parce que cet espace, relativement réduit, a des caractères qui lui sont spécifiques. Dans ce second cas, il serait plus exact d'écrire : « parce qu'on a choisi d'insister sur les caractères qui lui sont propres. »

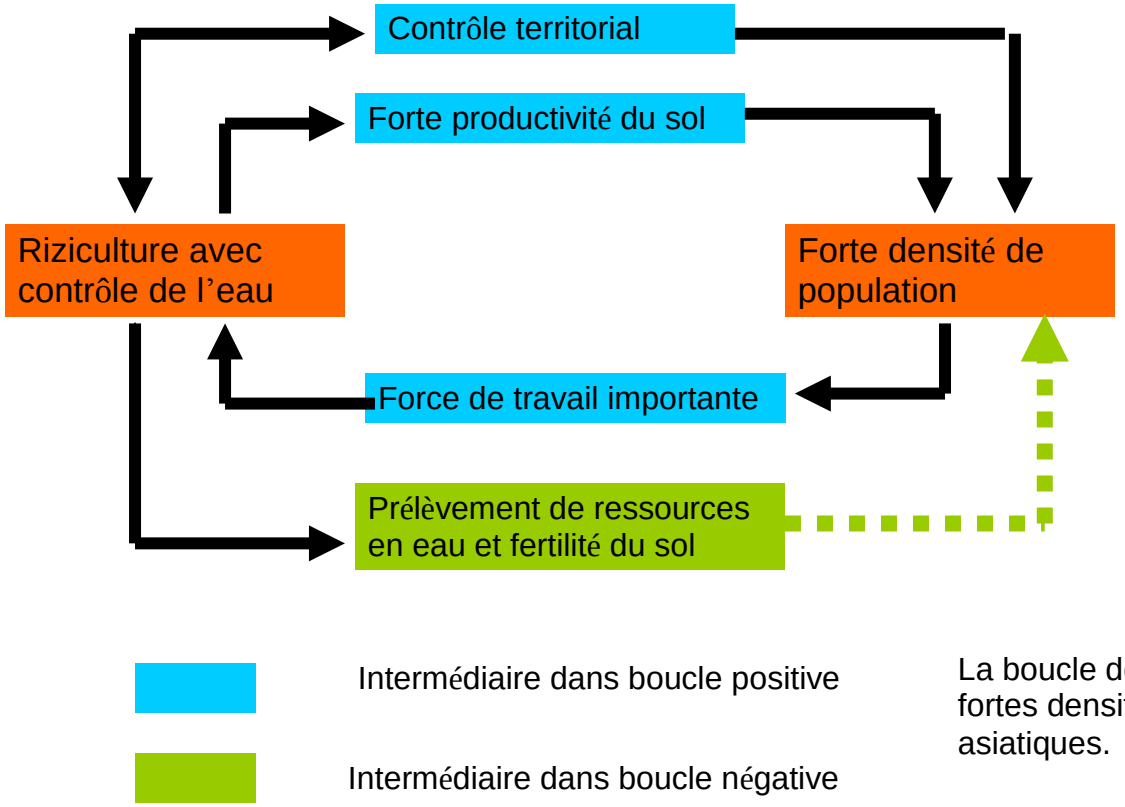
C'est ce qui a été fait par exemple dans le cas du Punjab (figure 4 ci-dessus) où l'on a appliqué une logique systémique à l'explication de traits considérés comme importants de cette portion de l'Inde, en insistant sur ce qu'à de particulier une combinaison d'éléments qui se rencontrent ailleurs. On n'a pas cherché à insérer le Punjab dans un ensemble de modèles du type répétitifs comme définis ci-dessus. On pourrait imaginer de le faire, en essayant par exemple de construire un modèle des « points forts » régions vastes, comme par exemple l'Asie du Sud, ou « l'Asie des hautes densités », voire des « pays émergents ». Des choix possibles, mais on en a fait un autre ici .Il se situe plutôt dans une perspective d'étude du Monde Indien, et, pourquoi ne pas le dire, dans des problématiques héritées de la géographie régionale. On a bien le droit d'y introduire des perspectives systémiques….

A l'autre extrême, les espaces uniques parce que très grands offrent évidemment des possibilités de choix ; parce qu'il y a un seul monde, mais de très nombreuses visions du monde. Et aussi parce qu'il y a d'autres espaces, uniques parce que très grands, que le monde entier.

Il peut être intéressant, pour terminer cette matinée, de traiter deux exemples de systèmes de grande étendue fondés sur des notions au cœur de question vives.

La répartition de la population est un trait fondamental du monde contemporain, nous en sommes bien convaincus. On aimerait parfois qu'il soit davantage évoqué dans de grands débats sur l'actualité du monde : il semble qu'il est parfois négligé, sinon oublié par des politologues ou des économistes, et même –horresco referens – par certains géographes. Quoi qu'il en soit on peut avoir envie de commenter rapidement un schéma systémique destiné à avancer une explication possible de l'un des traits majeurs du peuplement de la terre, l'immense masse des populations de l'Asie orientale et méridionale. La figure 9 est fondée sur une boucle d'interaction principale mettant en interaction les hautes densités et une pratique agricole. Elle montre les médiations qui interviennent dans les processus, et suggère l'existence possible d'autres boucles positives. Une boucle négative, liée à la pression sur les ressources assure des possibilités de stabilisation du système.

Figure 9 Une hypothèse sur les densités asiatiques .

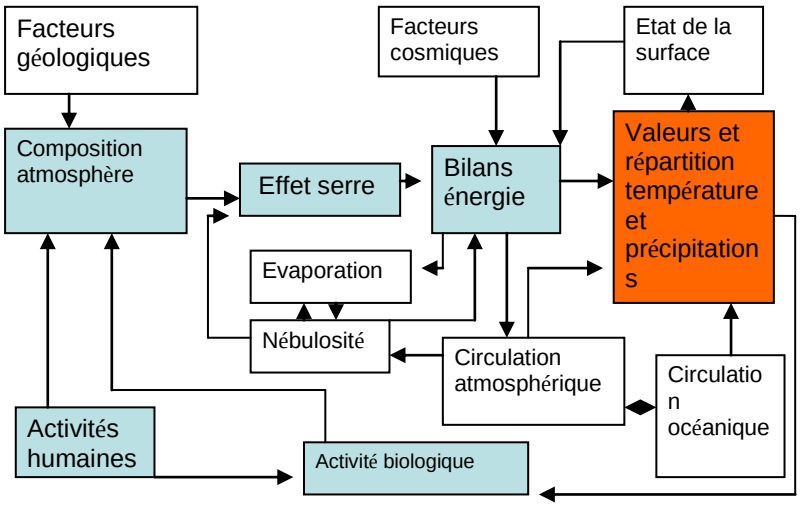


La boucle des fortes densités asiatiques.

Ce schéma, formalisation récente d'idée qui sont assez anciennes, est destiné à présenter une hypothèse, en aucun cas ne prétend-il à exposer une théorie scientifique. Il est en effet impossible de concevoir des observations et encore moins des expériences qui permettraient de confirmer ou d'infirmer ce qu'il énonce ; les critères de la sciencificité selon Popper ne sont pas réunis. Mais il suggère des explications possibles, auxquelles il n'y a pas d'alternatives. On le conservera donc. Son cas n'est d'ailleurs pas isolé ; il ne manque pas de modèles qui relèvent du même type de démarche dont on peut dire qu'elle est « abductive » au sens de Pierce.

IL n'en va pas de même du dernier modèle mondial présenté, qui relève de la physique de l'atmosphère. Il intéresse cependant les géographes, dans la mesure où il a très présents dans les problématiques spatiales dans le monde actuel.

Figure 10 L'effet de serre dans un système planétaire.



Facteurs cosmiques, géologiques, activités humaines entrent dans un jeu d'interactions dont l'image est déjà assez complexe, bien qu'elle ait été considérablement simplifiée dans cette présentation. La visualisation de ce système devrait permettre de comprendre la difficulté de la prévision des effets des modifications de l'une des entrées – l'actionhumaine en l'occurrence – et du coup faire comprendre le pourquoi et le caractère bien normal des incertitudes des prévisions d'organismes comme le GIEC. Il s'agit ici de montrer l'inanité des logiques simplistes, de la recherche des cheminements linéaires. On représenté par une suite de cases bleues un cheminement de ce genre : on le rencontre souvent dans la littérature à l'usage « grand public ». On voit à quel point il fournit une image partielle de cette question de l'effet de serre additionnel.

Ce dernier exemple souligne l'intérêt des schémas didactiques pour poser en termes clairs des questions vives. Peut-être ce type de langage a-t-il aussi permis d'éclairer chemin faisant un certain nombre d'interrogations autour des « problèmes d''échelle », notamment à propos de ces constructions intellectuelles un peu mystérieuses et très séduisants, les systèmes.

Le caractère de cette intervention me dispense de la nécessité de présente une bibliographie selon les règles.

Je prends la liberté de ne donner que la référence des textes qui font l'objet d'une citation directe.

Bruneau M 1990 Intervention au Geopoint 1990. p 303

Cournot 1872 Considérations sur le monde des idées et des événements dans le temps Paris, Vrin

Durand_Dastès F. Une catastrophe dans son contexte : Le cyclone Nargis de la Baie du Bengale. Cybergéo. Mis en ligne le 22 9 2008

Durrand-Dastès F 1990 Forces et temps de la nature. IN Brunet R et Dollfus O (Dir. de) :Mondes nouveaux. Géographie Universelle Tome 1 Paris Belin pages 310-323

Saint-Sernin B 1998 Cournot. Paris Vrin