Systèmes et analyse de l'espace

François Durand-Dastès

▶ **To cite this version:**

François Durand-Dastès. Systèmes et analyse de l'espace. Le Berre M. Modélisation systémique, Université Joseph Fourier, pp.133-148, 1986, 978-2-908019-02-5. hal-02455743

HAL Id: hal-02455743
https://hal.science/hal-02455743

Submitted on 26 Jan 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.

Systèmes et analyse de l'espace

Le but de cet exposé qui restera très général est d'insister sur la pertinence de la notion de système dans l'analyse de l'espace. Il nous semble en effet que cette notion est très importante pour aborder l'étude des problèmes spatiaux qui sont à la base des préoccupations du géographe.

Avant toute chose, il convient de remarquer qu'il existe une relation extraordinairement banale entre les phénomènes spatialisés qui fonde finalement beaucoup de ces phénomènes : la relation d'exclusion. Cette relation amène une distinction des phénomènes assignés à des lieux et rend impossibles les superpositions au moins dans certaines limites (s'il y a du blé dans un champ *A*, il ne peut y avoir en même temps du maïs dans cette parcelle).

Longtemps les géographes ne se sont préoccupés que de l'étude de systèmes où la relation d'exclusion était forte (les systèmes de culture et le système d'érosion essentiellement). Sans doute parce que leur formation historique leur faisait préférer la notion de causalité linéaire à la notion d'interaction. Ceci dit, l'exposé sera divisé en trois parties distinctes faisant largement place à des exemples géographiques.

I – Système et localisations

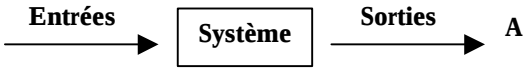
En principe, on pourrait définir la géographie comme étant la discipline qui se soucie essentiellement de la question : pourquoi « ceci » est-il là et pas ailleurs ?

Il s'agit d'expliquer par là pourquoi l'espace est différencié : si quelque chose est là et pas ailleurs, c'est qu'ailleurs il y a autre chose... Ceci nous renvoie à une autre définition de la géographie : « La géographie est une discipline qui pose au centre de ses réflexions la différenciation spatiale ».

A partir de là, on peut dire que si un phénomène existe en un lieu donné, c'est que cette localisation dans ce lieu correspond au fonctionnement d'un système. Il est bien évident que pour que ces phénomènes soient observables, il faut que ce système soit doté de propriétés homéostatiques, c'est-à-dire d'une certaine stabilité, au moins en ce qui concerne sa structure.

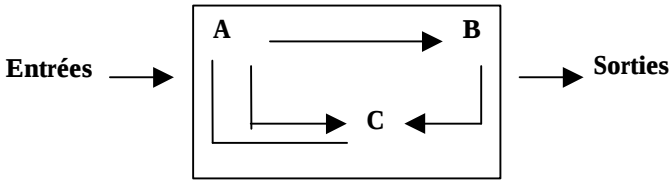
Pour expliciter ce que l'on entend par : « un phénomène correspond au fonctionnement d'un système », considérons un phénomène *A* situé dans un lieu *X*. Il y a deux manières sensiblement différentes d'aborder le problème de l'existence de ce phénomène en ce lieu.

On peut tout d'abord imaginer qu'un système que l'on considère comme une « boîte noire » munie d'un certain nombre d'entrées, produit à sa sortie le phénomène *A*.



Cette première configuration peut être illustrée par l'exemple du vignoble languedocien étudié par F. Auriac. Un système, que l'auteur appelle système économique et spatial du vignoble languedocien, a pour sortie l'existence et le maintien d'un vignoble de masse dans la région du Languedoc.

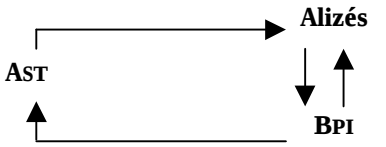
Il y a ensuite une seconde manière de procéder en considérant cette fois le phénomène *A* comme un élément d'un système reliant entre eux différents phénomènes *A, B, C,* et doté d'un certain nombre d'entrées et de sorties. Le phénomène localisé ne peut être expliqué que dans un contexte plus global.



En fait, le passage d'une configuration à l'autre, s'effectue par un changement de l'ordre de grandeur. Ces deux représentations se situent à des niveaux d'échelle différents.

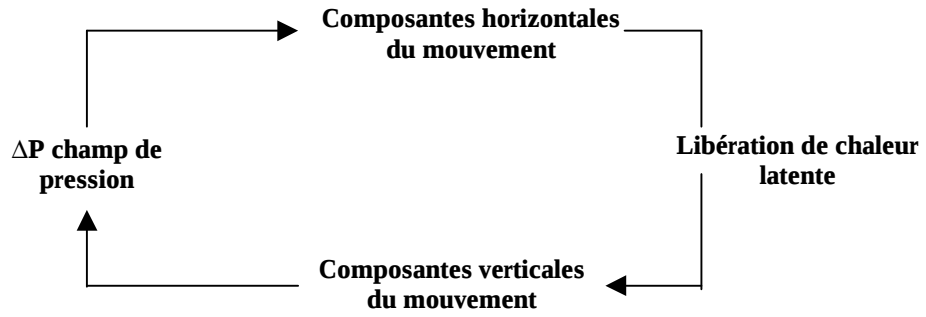
Pour prouver la dépendance qui existe entre les entrées et les sorties d'un système, on peut montrer que des variations des entrées peuvent affecter profondément ses sorties. Il est assez pertinent d'utiliser des exemples de climatologie, en particulier, parce que des phénomènes évoluent très rapidement et que l'on peut voir apparaître ou disparaître des systèmes dans des intervalles de temps très courts.

Sur les océans tropicaux fonctionne pendant toute l'année le système de la cellule de Hadley. Elle relie des courants de surface, les alizés, avec les basses pressions intertropicales (BPI) et les anticyclones subtropicaux (AST) de la manière suivante :



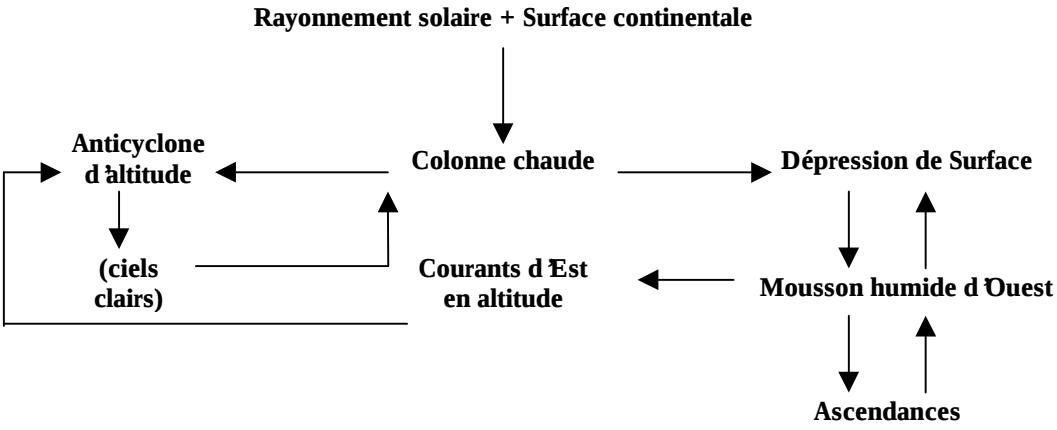
Système de la cellule de Hadley

Dans ce modèle, des composantes horizontales du mouvement atmosphérique créent, par libération de chaleur latente, des mouvements verticaux (composantes verticales) qui sont, soit des composantes ascendantes aux basses latitudes, soit des composantes subsidentes vers les tropiques. Ces composantes verticales créent un champ de pression qui lui-même donne naissance aux mouvements horizontaux.



Cette circulation (dont le modèle présenté ici est très simplifié) peut se maintenir toute l'année car dans la zone intertropicale, au niveau des océans, les variations d'énergie solaire reçues sont relativement peu importantes. En effet, à ces latitudes, la durée du jour et de la nuit ainsi que la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon changent peu d'une partie de l'année à l'autre. Cette faiblesse de la variation est accentuée par le fait que 60% de la radiation solaire est absorbée par l'océan et contribue au dégagement de vapeur d'eau. Donc, 40% seulement de l'énergie solaire contribue à donner les échauffements différentiels susceptibles de créer directement des différences de pression, ce qui explique que ces phénomènes jouent très peu dans ces régions.

Ce système n'existe et ne se maintient qu'au dessus des océans tropicaux. Aux mêmes latitudes, mais au-dessus des continents cette fois, c'est un système totalement différent qui va fonctionner : la cellule de mousson. Il peut être schématisé de la manière suivante :



Dans ce modèle, les différences de pressions ne sont plus dues à des mouvements d'air mais à d'autres facteurs : les gradients horizontaux de température.

Ce système de la mousson fonctionné avec une logique totalement différente du système de la cellule de Hadley parce que les entrées ont changé (présence d'un continent donnant des gradients de température qui génèrent des différences de pression). On obtient en sortie des climats tout à fait différents.

Ces deux exemples montrent que la notion de système peut être un instrument important dans l'explication des localisations. Quand le système change, les localisations peuvent changer, quand les entrées du système varient, l'ensemble des sorties peut être modifié et, si ces sorties sont des localisations, il va y avoir changement de ces localisations.

II - Système et interaction spatiale

Il semble que la logique des systèmes peut servir, dans une large mesure, à modéliser un principe très important en géographie : l'interaction spatiale. Cette notion peut se résumer à cette idée : ce qui se trouve dans un lieu *X* est influencé par ce qui se passe dans un ensemble de lieux en relation avec lui. Par exemple, un aménagement mené dans un quartier d'une ville peut avoir des influences sur le fonctionnement des autres quartiers de cette ville.

En géographie, l'interaction spatiale a longtemps été négligée par rapport à des éléments d'explication historiques purement diachroniques. Dans les grandes thèses de géographie régionale française, mondialement considérées comme caractéristiques de « l'école française », les géographes du début du siècle ont particulièrement privilégié les aspects historiques antérieurs des régions qu'ils étudiaient pour en dégager l'organisation spatiale (on expliquait, par exemple la situation de la Flandre en 1905 essentiellement par la situation de la Flandre en 1850 etc.). Ce faisant, ils avaient tendance à négliger les relations de ces régions avec d'autres régions, au même moment.

L'interaction spatiale est naturellement un système. Elle va donc être décrite en termes de système et formalisée par des matrices à double entrée, rassemblant les interactions existant entre des lieux.

Les lieux, qui peuvent être des régions, des pays, des villes, etc. sont notés E_1, E_2, E_3, etc., et indicés *i* ou *j* (de 1 jusqu'à *n*) suivant qu'ils apparaissent respectivement en ligne ou en colonne. On porte dans les cases du tableau à l'intersection de deux lieux considérés, les échanges quantifiés existant entre ces lieux (ce peut être des transferts de marchandises, de capitaux, de déplacements de population, etc.) notés T_{ij} : transfert du *i*ème lieu vers le *j*ème lieu. Ce premier tableau, appelé matrice des transferts, décrit donc des systèmes de relation entre des lieux.

Matrice d'interaction spatiale
Notations

n lieux de destinations
indicés *j*, pour *j* = 1 à *n* (ici : *n* =8)

		E_1	E_2						E_n	
	E_1									
***n* lieux de**										
départ,	E_3		*							
indicés *i*,	E_4	+								$\sum_j T_{ij}$
pour *i* = 1					T_{ii}					
à *n*.										
	E_n									
					$\sum_i T_{ij}$					

Dans la case * on a la valeur du flux de E_3 vers E_2 (noté $T_{3,2}$).
Dans la case +, on a la valeur du flux de E_4 vers E_1 (noté $T_{4,1}$).
Plus généralement, dans chaque case on a la valeur du flux T_{ij}, du lieu *i* vers le lieu *j*.
On note la somme en ligne $\sum_j T_{ij}$ (« somme sur *j* de T_{ij} »), et la somme en colonne $\sum_i T_{ij}$ (« somme sur *i* de T_{ij} »).

Très souvent, on considère que les transferts (T_{ij}) sont influencés par des phénomènes de coût (dans les modèles de dynamique urbaine de P. M. Allen en particulier). On construit alors une matrice C_{ij} ($C = 1 \rightarrow n$, $j = 1 \rightarrow n$) correspondant au tableau des transferts et résumant les coûts d'établissement des différentes relations. En pratique, *Cij*, le coût pour qu'une influence (une relation...) aille d'une région vers une autre, va être décrit par une distance. Cette distance peut alors être mesurée de multiples manières : en argent, en temps, en kilomètres, etc. Dans ce dernier cas, on pourra remplacer la matrice *Cij* par une matrice *Dij* exprimant les distances (en km) entre deux lieux.

A partir de ces matrices, on peut formaliser mathématiquement les relations entre les régions *i* et *j*.

Considérons par exemple le nombre de personnes habitant dans une région *i* et allant faire leurs achats dans une région *j*. Le flux T_{ij} peut se décrire par les équations :

$$T_{ij} = \frac{P_i W_j^a F(C_{ij}^b)}{\sum_j W_j^a F(C_{ij}^b)}$$

où P_i : Population de la région *i*

W_j^a **: Facteur d'attractivité des régions *j***

$F(C_{ij}^b)$ **: Exprime le coût lié à la distance**

a, β **: Paramètres.**

Très souvent, la fonction $F(C_{ij}^b)$ est exprimée la façon suivante :

$$F(C_{ij}^b) = \frac{1}{C_{ij}^b} \text{ ou } \frac{1}{e^{bC_{ij}}}$$

Cette équation montre qu'il existe un effet dissuasif de la distance qui est d'autant plus fort que la valeur de b sera élevée.

Cet exemple présente une manière de modéliser l'interaction spatiale. Il peut être appliqué à de multiples cas (entre pays, villes etc.). C'est, semble-t-il, un moyen cardinal de formalisation des systèmes spatiaux, car il prend en compte que ce qui se passe en un lieu influe sur ce qui se passe dans tous les autres lieux.

III – Le problème de l'événement exprimé en termes de système

Dans l'explication géographique, il apparaît de temps en temps des phénomènes *relativement* courts qui sont des événements et en même temps des avènements. Ils sont à la fois localisés dans un endroit précis et localisants par la diffusion dans d'autres régions de ce même phénomène.

On a donc : des EVENEMENTS/AVENEMENTS qui sont LOCALISES/LOCALISANTS

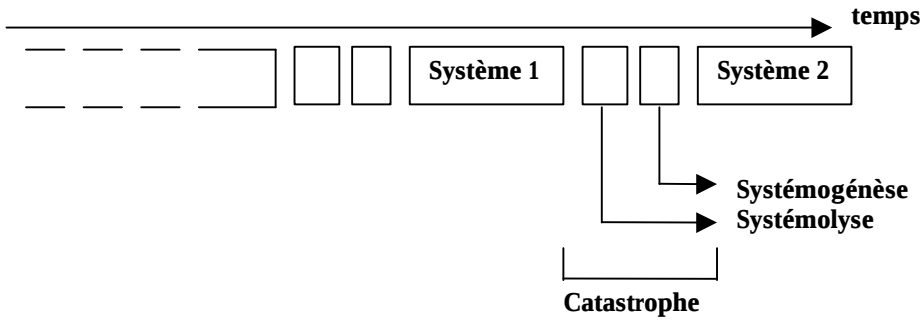
Prenons l'exemple de la révolution industrielle en Angleterre. C'est un événement qui s'est produit dans la seconde moitié du XVIII° siècle, temps relativement court par rapport à l'histoire. Mais, c'est aussi un avènement car il apparaît à cette époque comme quelque chose de radicalement nouveau. Ensuite cet événement/avènement est localisé (l'Angleterre est très petite par rapport à la surface du monde). Il est, en dernier lieu, localisant puisque le phénomène s'est diffusé d'abord dans les régions proches de l'Angleterre (Europe occidentale) puis vers les Etats-Unis d'Amérique, etc.

Il est bien évident que l'apparition de la révolution industrielle et le fait qu'elle se soit produite en Europe occidentale est un élément fondamental pour comprendre la structure géographique du monde d'aujourd'hui.

De temps en temps, dans la réflexion géographique, on rencontre de tels événements et on peut essayer de les penser en termes de système. Maintenant, si on considère un système organisé, il convient de cerner l'époque à laquelle il est apparu. Pour en revenir à l'exemple du vignoble de masse dans le Languedoc étudié par F. Auriac, on remarque qu'au moment où le système est apparu (l'auteur situe l'événement vers 1905-1907), tous les éléments (le réseau urbain, la vigne) existaient déjà depuis longtemps. Ce n'est qu'à un certain moment que s'est produit une entrée en combinaison de ces éléments qui a donné naissance au système. On appelle cet événement la systémogénèse.

Alors le problème serait maintenant de savoir : pourquoi et comment cette systémogénèse s'est-elle produite là et pas ailleurs ?

On peut donc tenter d'expliquer les localisations en utilisant cette notion d'événement localisé / localisant et en la posant en termes de système. Examinons ce schéma général :



Le système 2 a succédé à un autre système, (le système 1) à la suite d'une phase de destruction puis d'une phase de systémogénèse.

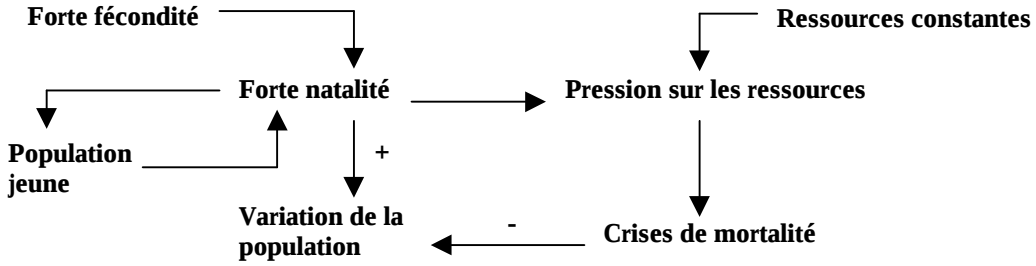
Cette succession systémolyse-systémogénèse constitue un ensemble qu'on peut appeler une « catastrophe ».

On a donc un système organisé qui fonctionne durant un certain temps, qui s'arrête de fonctionner et, qui à la suite d'un événement / avènement, est remplacé par un autre système.

Il se trouve que bien souvent en remontant dans le temps, on ne soit plus capable d'identifier un système « initial » de même dimension ayant précédé le système 1. On peut alors s'interroger sur la génèse de ce premier système : naît-il de rien ou bien de systèmes différents ? (cet état est symbolisé par le ? du schéma ci-dessus).

Deux exemples peuvent illustrer cette succession de systèmes :

- **Prenons le cas des transports urbains. La ville pré-transports modernes (avant l'installation de voies ferrées intra et inter urbaines) a fonctionné suivant un modèle de relations tout à fait différent du modèle apparu avec les chemins de fer (trains, tramways). En fait, pour les relations entre quartiers, décrites par une équation, permettant de calculer les T_{ij} comme ci-dessus, on peut montrer que l'effet dissuasif de la distance s'est effondré. Les interactions entre les quartiers sont donc devenues beaucoup plus importantes.**
- **Examinons maintenant le modèle de la transition démographique (sous une forme simplifiée) :**



Ce schéma décrit l'évolution de la population, telle qu'elle existait dans la « situation traditionnelle ». On avait une forte natalité liée à une population jeune avec une forte fécondité qui tendait à une augmentation de la population. Cette augmentation donnait une pression sur des ressources constantes amenant des crises de surmortalité ayant tendance à produire un équilibre avec une variation de population faible (croissance lente).

C'est donc un système démographique avec deux boucles de rétroaction (une positive faisant évoluer le système, une négative tendant à maintenir l'équilibre) qui fonctionnait.

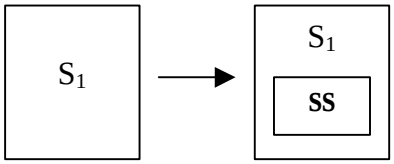
A un moment donné, la boucle négative a ralenti son fonctionnement, laissant la boucle positive fonctionner beaucoup plus vigoureusement. C'est ce phénomène, correspondant à une « catastrophe », qui a donné naissance au système de transition démographique qui fonctionne aujourd'hui provoquant des croissances de population exponentielles.

Ces deux exemples montrent comment un événement modifiant le fonctionnement d'un système peut amener sa destruction et marquer l'avènement d'un nouveau système radicalement différent.

Il est intéressant de remarquer que les phénomènes posent un problème qui tient de la dialectique de l'ordre et du désordre, dans le sens où, au fond, ils contredisent le principe de la dégradation de l'énergie, de l'augmentation constante de l'entropie dans l'univers (deuxième principe de la thermodynamique). En effet, on peut montrer que dans bien des cas, l'évolution des systèmes se traduit par une augmentation de l'ordre, par l'apparition de systèmes plus organisés que leurs prédécesseurs.

On peut distinguer différents cas de systémogénèse amenant par une plus grande différenciation spatiale, des degrés d'organisation de plus en plus élevés :

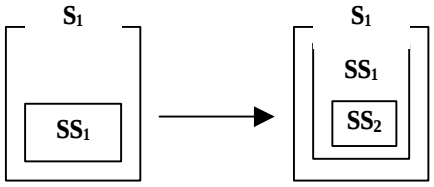
- **Le premier cas est celui où l'on passe d'un système unique à un système dans lequel s'individualise un sous-système. Il peut être illustré de la manière suivante :**



SS : Sous-système

Ceci correspond par exemple à la naissance d'un cyclone (*SS*) dans le système tropical de la cellule de Hadley.
On a initialement un système de circulation aérienne homogène sur de grandes surfaces (de l'ordre de 3 000 km de diamètre) se maintenant sur des périodes relativement longues (à l'échelle de la météorologie). A un moment donné, il se produit un événement : une baisse de pression très localisée initialement, qui par le jeu de boucle de rétroaction positive se développe dans l'espace et donne naissance au système vigoureux du cyclone intertropical.
On passe donc d'un vaste système spatialement peu différencié à un état où fonctionnent deux systèmes emboîtés. Le sous-système (le cyclone) bien que de taille relativement petite, présente des caractères beaucoup plus vigoureux et une différenciation spatiale forte. On observe donc, au bout du compte, une organisation de niveau supérieure (mais sur une échelle de temps assez courte : quelques jours).

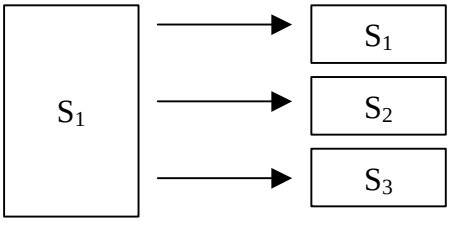
- **On peut ensuite complexifier ce premier modèle, en considérant une situation de départ plus organisée. On peut, ici, prendre le cas de la ville nord-américaine à la fin du XIX° siècle (sous-système d'un système économique et social d'ensemble) :**



S_1 : Système économique et social d'ensemble
SS_1 : Sous-système « ville »
SS_2 : Sous-système du « ghetto noir »

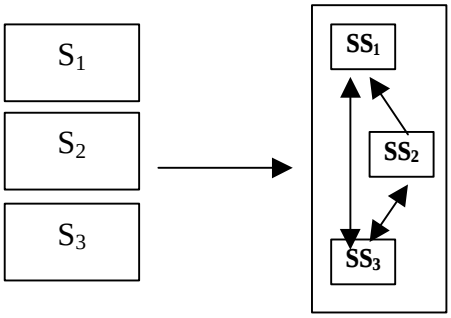
C'était alors un ensemble spatialement différencié à une échelle assez fine (au niveau des étages des maisons par exemple). Dans les premières années du XX° siècle, il s'est produit une phase de systémogénèse qui a conduit à l'émergence du sous-système du ghetto noir, par différenciation entre quartiers. On aboutit, là encore, à un système possédant une organisation plus forte.

- **Le troisième cas est celui où l'on a un vaste système relativement lâche (avec des relations relativement faibles) qui éclate et donne naissance à des systèmes plus petits mais beaucoup plus fortement organisés.**



En prenant pour référence la différenciation spatiale on peut dire que ce ça correspond assez bien à l'évolution du Midi français à la fin du XIX° siècle. Avec l'ouverture des marchés du nord, grâce à la construction du chemin de fer, on est passé d'un système de production agricole traditionnel relativement homogène (élevage extensif avec transhumance, blé, vigne, olivier...) à quatre ou cinq systèmes beaucoup plus spécialisés et spatialement différenciés (les systèmes languedocien, camarguais, comtadin, le roussillonnais, etc.).

- **Enfin, en dernier lieu, examinons le cas où l'on a un certain nombre de systèmes relativement indépendants qui sont incorporés comme sous-système dans un système d'ensemble.**



On peut prendre, l'exemple de l'économie mondiale. Au XVI° siècle, il y avait une série de systèmes très peu dépendants. Aujourd'hui, on n'a plus qu'un unique système économique mondial, à l'intérieur duquel se distinguent différents sous-ensembles très fortement liés (sous-système du développement, du sous-développement... et à une autre échelle, sous-systèmes nationaux...).

Tous ces exemples montrent bien que, dans une certaine mesure, ces phases de systémogénèse, par les retours de réorganisation qu'elles produisent, contredisent le phénomène d'augmentation de l'entropie. Peut-être ne sont-elles qu'un processus de ralentissement dans la décroissance d'ensemble de l'organisation ?

A propos des phases systémolyse-systémogénèse, il est important de souligner que ces phénomènes peuvent dépendre de coïncidences et d'éléments parfaitement aléatoires.

Reprenons l'exemple climatologique de la cellule de Hadley. Dans la zone tropicale, on a, d'une part des courants d'est au niveau de la surface qui ondulent légèrement, et d'autre part des courants d'ouest en altitude qui ont également des mouvements ondulants. Pour qu'une dépression puisse s'amorcer, il faut que ces deux courants indépendants se combinent de façon particulière : (une « crête » dans le courant inférieur associée à un « talweg » dans le courant supérieur peut amorcer l'organisation).

L'existence de la dépression est donc tributaire d'un phénomène relativement aléatoire, la coïncidence « favorable » de deux courants indépendants.

De la même manière, c'est une coïncidence entre deux événements totalement indépendants qui explique la localisation du quartier chinois dans le XIII° arrondissement de Paris : la chute de Saïgon en 1972, et la vague d'émigration vietnamienne vers la France qui s'en suivit a coïncidé avec la crise de l'immobilier parisien (1973) laissant inoccupés de nombreux immeubles neufs dans un quartier en fin de rénovation. Sans cette coïncidence, il est probable que le quartier chinois se serait créé ailleurs, par exemple dans la banlieue parisienne.

On a donc là deux événements qui se sont produits avec des échelles et des causalités tout à fait différentes et qui, par une simple coïncidence dans le temps, ont abouti à un phénomène localisé totalement inattendu.

En dernier lieu, il faut remarquer qu'une fois créé, un système fonctionne dans un cadre déterministe au sens général, c'est-à-dire que l'on peut dans une certaine mesure prévoir son fonctionnement (par la modélisation mathématique notamment). Mais, de temps en temps, des événements / avènements localisés / localisants se produisent. Ils relèvent d'un autre type de connaissance.

Dans l'étude d'un système, il nous faudra donc admettre l'existence des deux aspects du phénomène, et en tenir compte.

UFR de Géographie, *Collection Grenoble Sciences*, "Modélisation systémique", stage de DEA, 24-27 mars 1986 », p. 133-148

Discussion

Questions :

X

Il me semble que dans votre exposé, vous employez le terme catastrophe pour nommer les phases qui font passer d'un système à un autre. Or, nous avons vu que l'on employait ce terme pour définir de brusques changements de trajectoires à l'intérieur d'un même système. Ces deux phénomènes me paraissent pourtant très différents.

F. DURAND-DASTES

Il est vrai que je n'emploie pas ici le terme catastrophe au sens où l'a défini R. Thom. On peut en toute rigueur réserver le mot aux seuls phénomènes de brusques sauts de la trajectoire d'un système d'un point d'équilibre à un autre. Pour ne pas introduire d'ambiguïté, on peut employer un autre terme. Par exemple : remplacement d'un système par un autre.

P. UVIETTA

Je n'aurais pas non plus tendance à utiliser le mot catastrophe pour définir de tels phénomènes. Mais il conviendrait de définir strictement le champ d'application de ce terme car il y a vraiment une forte analogie entre les deux cas.

F. DURAND-DASTES

Il n'est pas toujours aisé de distinguer un phénomène de discontinuité à l'intérieur d'un système et un réel changement de système.

J'ai tout de même l'impression que pour revenir à l'exemple de la transition démographique, on n'a plus du tout le même système : une boucle de rétroaction s'est arrêtée de fonctionner et cela a fondamentalement changé le comportement du système. Il me semble bien que 1à, une évolution dans le temps apparemment continue a donné naissance à un système totalement différent.

M. LEBERRE

Je pense que c'est un problème de définition.

M.G. DURAND

Il est vrai que la notion de changement de système est assez subjective : pour les uns, on parlera uniquement de changement de structure, pour les autres, il s'agira d'un changement de système.

Note complémentaire

Les figures du texte ci-dessus ont été dessinées au tableau et sont donc très simplifiées. Il me paraît utile d'ajouter des versions plus complexes, en ce qui concerne la circulation atmosphérique et les systèmes démographiques. Elles permettent de donner des vues d'ensemble. D'autre part leur commentaire me donne la possibilité de revenir un peu sur un point qui a été soulevé dans la discussion, qui m'amène à proposer des définitions un peu différentes de celles que j'ai utilisées dans mon intervention.

Dans les deux cas, il y a d'abord un schéma général d'un ensemble d'interactions, qui donne en termes très généraux les relations entre composantes horizontales et verticales du vent dans le premier cas, et facteurs de la croissance démographique dans le second (cf. Figures 1 et 2). Ces schémas peuvent être considérés comme des descriptions de ce qu'on peut appeler le « système de base ».

Puis, des schémas complémentaires introduisent des caractères spécifiques de deux systèmes de circulation atmosphérique, et des différentes phases de ce qu'on appelle la transition démographique (cf. Figures 2 et 4).

Dans le cas de la circulation atmosphérique, les deux ensembles décrits correspondent à des équilibres, décrivent des situations auto-régulées, qui se maintiennent tant que les entrées restent les mêmes. Cependant, la structure du système de la cellule de Hadley est assez différente de celle du « système de base » et de celui de la cellule de mousson, puisque le processus de formation de gradients de pression à partir des gradients de température manque a peu près entièrement. C'est ce qui a été souligné par la Figure 2b, intitulé « structure du système dans le cas de la cellule de Hadley ».

Dans le cas de la transition démographique, la situation traditionnelle et la « situation post-transition » correspondent à des états d'équilibre, à croissance démographique faible ou modérée. La situation d'explosion démographique correspond à un état de déséquilibre, dans la mesure même où elle induit une croissance exponentielle dont le maintien est inconcevable. Cependant, dans les trois cas, la structure du système reste la même, toutes les relations du système de base sont maintenues.

La différence entre les problèmes climatologiques et démographiques est cependant moins nette que ne le feraient attendre les schémas, car il apparaît dans la succession des états atmosphériques des situations de déséquilibre, se traduisant par des croissances très fortes, des températures dans la transition Hadley/mousson, et des phénomènes cycloniques dans la transition mousson/Hadley.

Ce qui a été dit dans la discussion et les deux exemples ci-dessus incitent finalement à considérer qu'il vaudrait mieux donner plus de place que je ne l'ai fait à la succession d'états d'équilibres successifs d'un même système, par rapport à celle qui a été faite à la succession de systèmes différents (cf. Figure 5).

Ceci amène évidemment à préciser la définition de la notion d'équilibre, qui n'est pas simple. Mais je ne veux pas allonger exagérément cette note.

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE

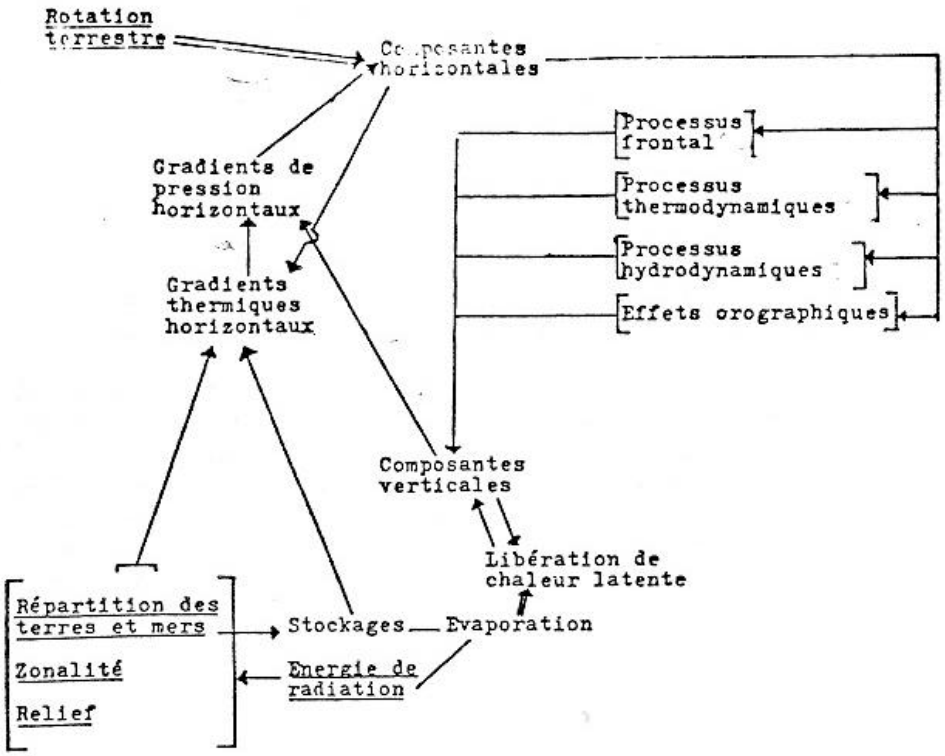


Figure 1 : Schéma général des interactions de la circulation atmosphérique générale.

Entre crochets : "par l'intermédiaire de..." Flèche : "est cause de..."
Flèche double : "maintient ou influence..."
Souligné : entrées du système (les sorties ne sont pas indiquées).

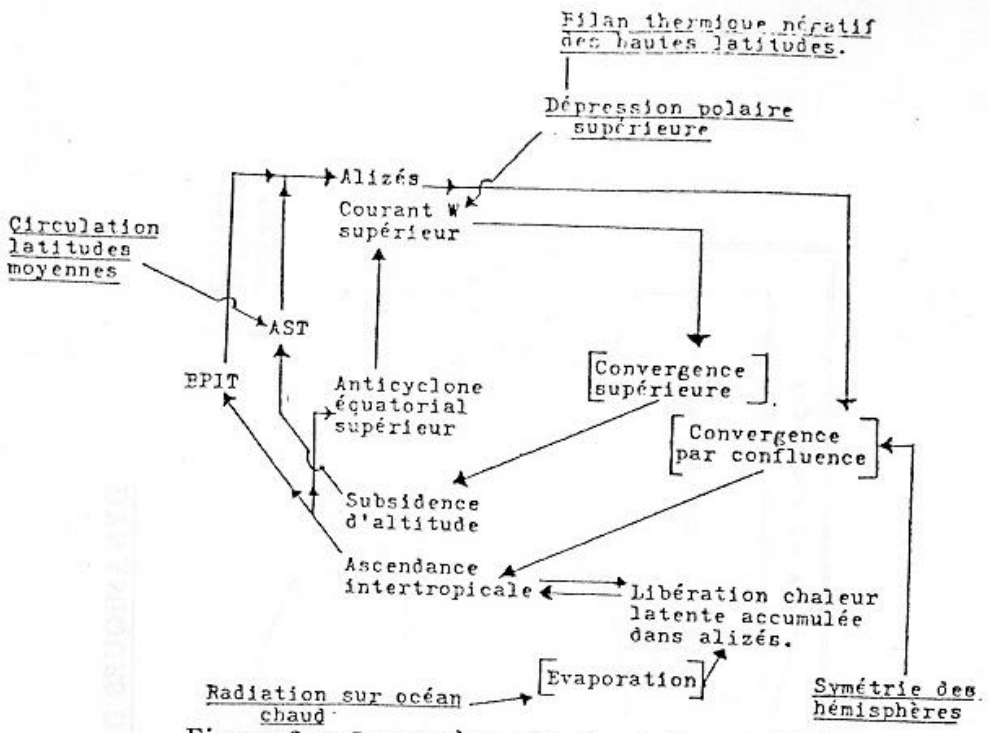
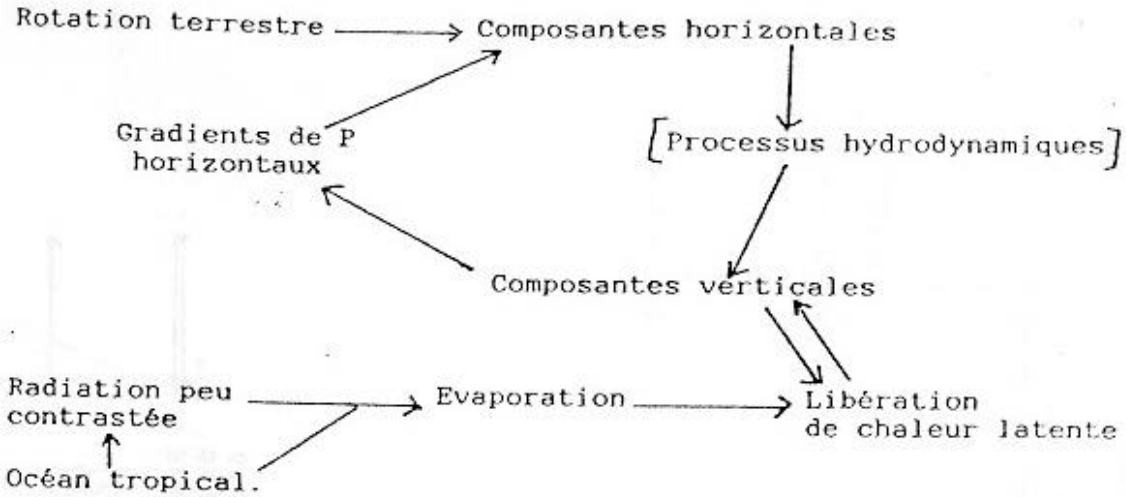


Figure 2a : Le système de circulation de Hadley

Même légende que fig. 1.

En plus : AST, Anticyclone sub-tropicaux ; BPIT, Basses pressions intertropicales



Dans le cas de la mousson, on retrouve tous les éléments du schéma général, sauf les processus frontaux.

Figure 2b : Structure du système dans le cas de la cellule de Hadley

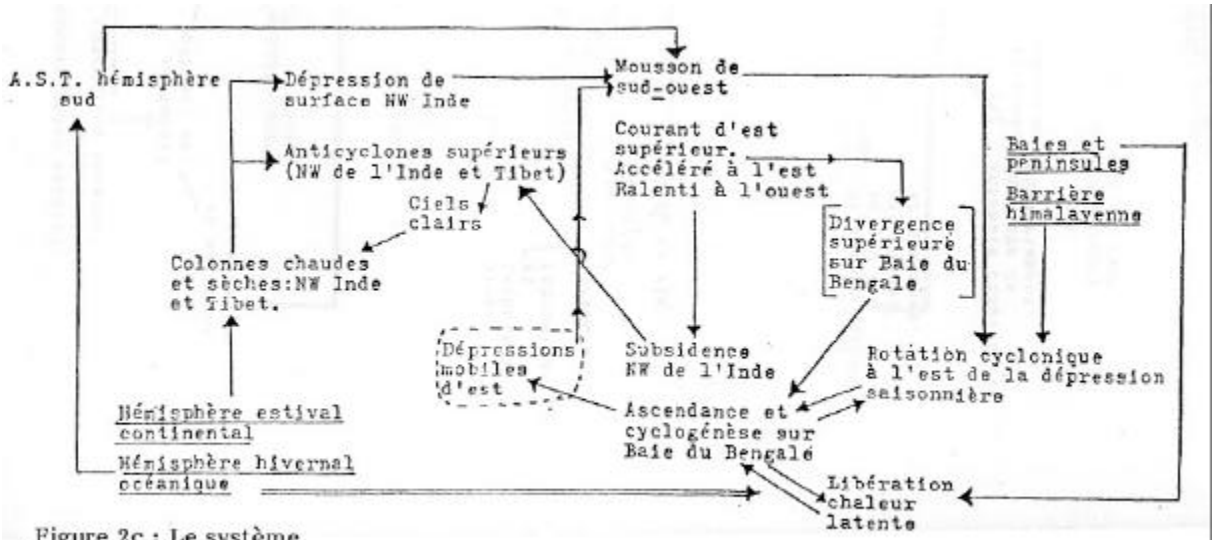
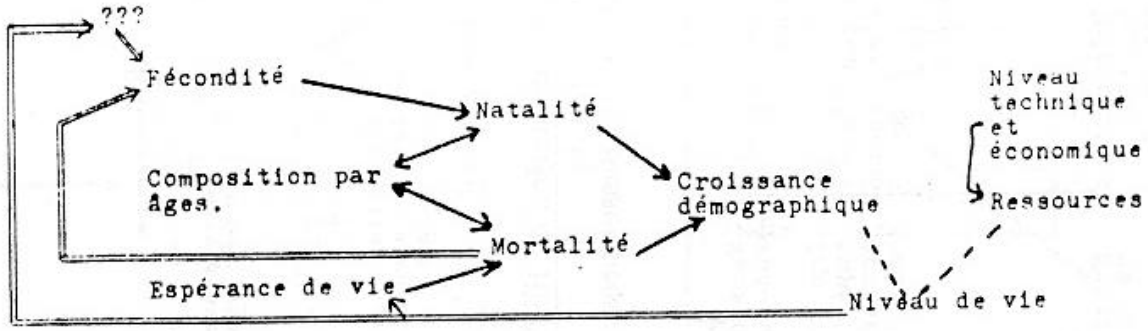


Figure 2c : Le système de la mousson indienne

DYNAMIQUES DE POPULATION



LEGENDE

Relation "quasi-mécanique"

Relation "quasi-mécanique" avec réciprocité. (Retroaction positive)

Relation mettant en cause des comportements souvent d'origine culturelle

Relations mettant en jeu des mécanismes économiques.

??? Ensemble complexe de facteurs de comportement.

Figure 3 : Schéma général

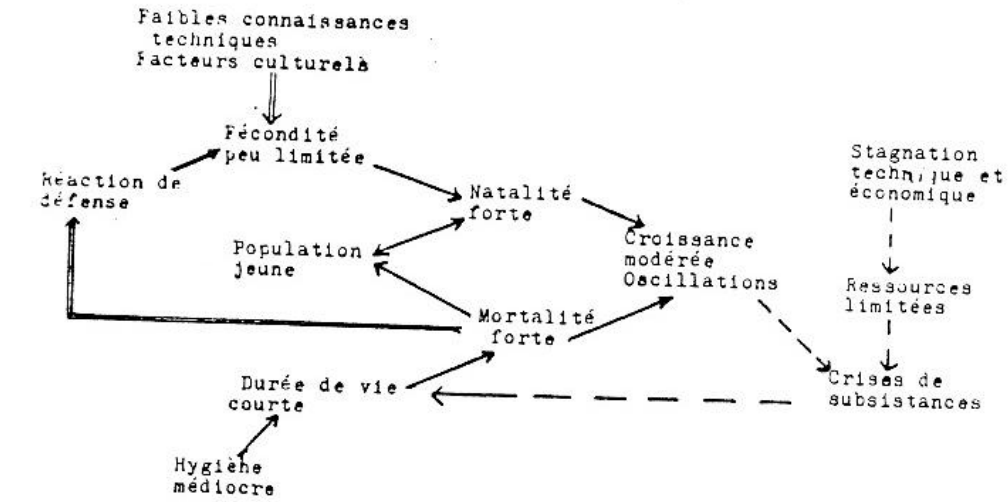


Figure 4a : Situation traditionnelle

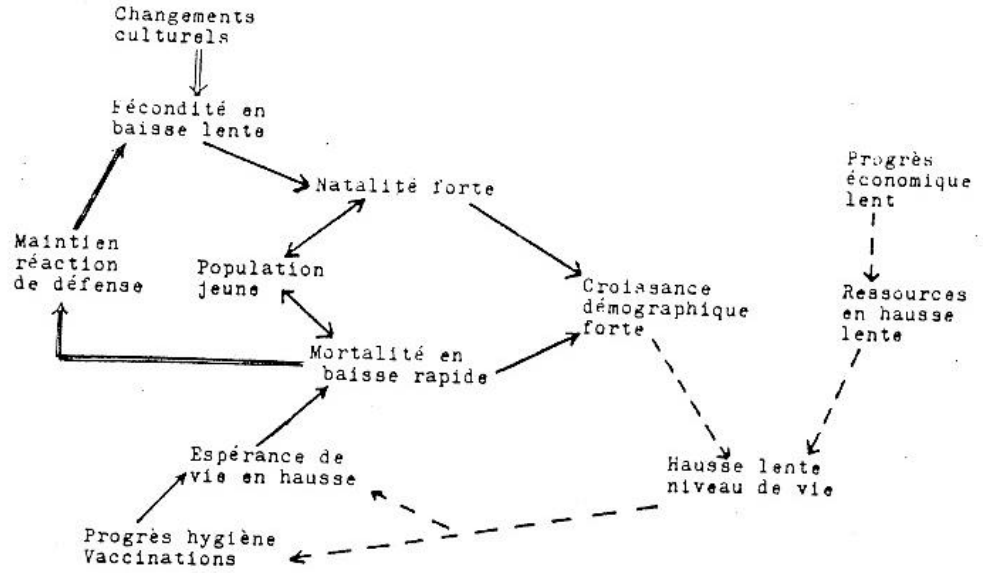


Figure 4b : Explosion démographique

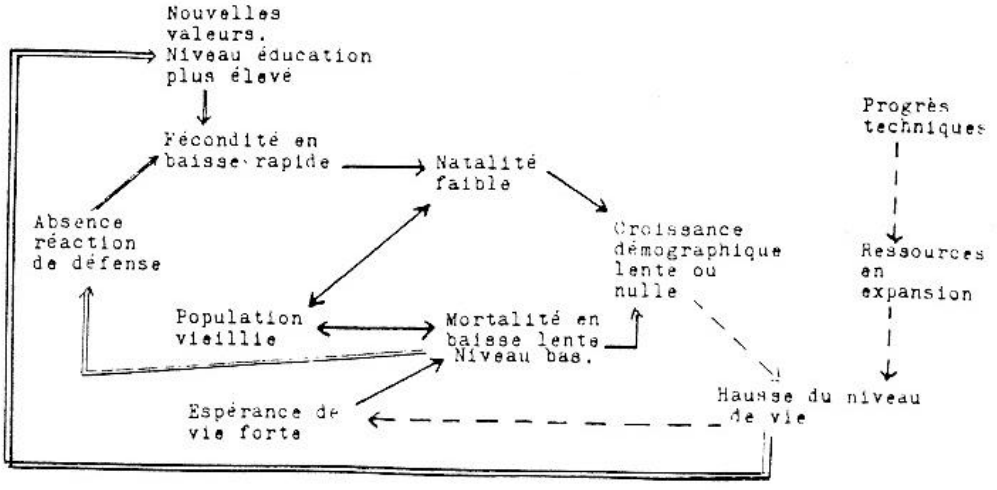
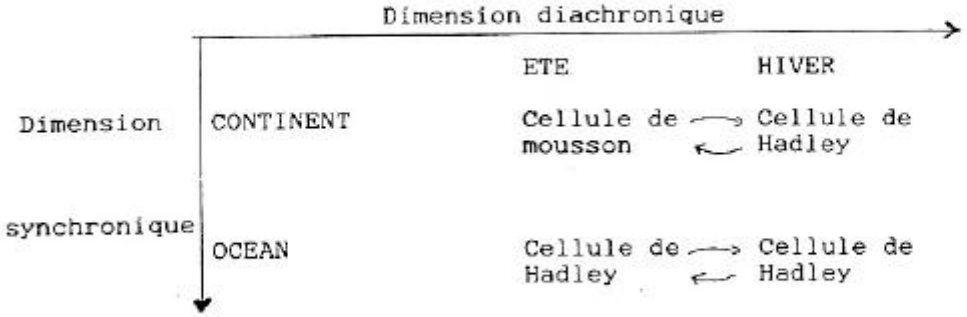


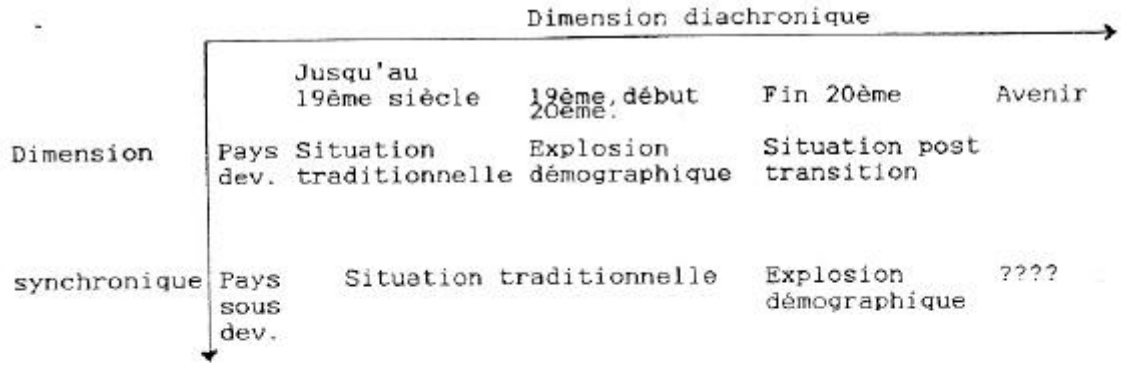
Figure 4c : Situation "post-transition"

Figure 5 : SUCCESSIONS ET COEXISTENCES DE SYSTEMES
DEUX EXEMPLES

1/ Circulations atmosphériques.



2/ La transition démographique.



(Les indications chronologiques sont approximatives.)

(Dans le cas des cellules atmosphériques, il apparaît aux saisons intermédiaires (avril/mai et octobre/novembre, des situations où se manifestent des déséquilibres importants: elles n'ont pas été figurées ici).
De même, on n'a pas essayé de faire figurer sur les schémas les facteurs de succession des systèmes. Ils se situent pour la plupart dans le domaine des entrées des systèmes.