

CHAPITRE 3

SYSTÈME, SYSTÈME D'INFORMATION, SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE : UNE MÉTHODE EN ÉCOLOGIE HUMAINE

Frédéric SANDRON

IRD - LPE, Marseille

Introduction

La relation entre les dynamiques d'une population et les dynamiques de son environnement est de toute évidence d'une complexité très élevée. Cette complexité n'est pas le fait d'une combinatoire importante, mais reflète la nature même des interactions qui existent entre les deux objets. Echelles de temps, d'espace, forme des processus, modes de contrôle et de rétroaction, apparaissent comme autant d'obstacles à une modélisation simple de l'écologie humaine.

L'idée que nous voulons développer ici est triple dans son articulation mais unique dans son postulat : la compréhension d'un objet complexe passe par une modélisation complexe. Cela signifie qu'il ne faut pas hésiter à coupler les méthodes d'analyse et multiplier les angles d'approche.

Dans cette optique, il faut d'abord délimiter physiquement l'objet d'étude : c'est la détermination d'un système auquel on attribue ensuite des propriétés et un mode de fonctionnement.

Ensuite, à partir de quelques hypothèses, on recueille une information qui visera à décrire de manière plus fine le fonctionnement de ce système. C'est l'élaboration d'un système d'information. Il peut y avoir des allers et retours entre la

définition du système et celle du système d'information. Le système d'information, lorsqu'il s'inscrit d'emblée dans la durée, prend le nom d'observatoire.

Enfin, la représentation visuelle des phénomènes dans l'espace à partir d'un système d'information peut se faire à l'aide d'un **système d'information géographique**. C'est à la fois un outil et un modèle au sens faible puisqu'il opère une sélectivité sur la représentation du réel.

Pour être fructueuse, l'articulation de ces trois types de systèmes doit s'opérer de manière à répondre aux griefs habituels que l'on attribue à la recherche en écologie humaine, à savoir le manque de théorisation, de modélisation et d'interdisciplinarité.

1. L'idée de système complexe

En écologie humaine, la définition même de l'objet d'étude est un problème majeur. Traiter de l'homme et de son environnement nécessite d'opérer des choix sur une problématique et une sémantique précises si l'on ne veut pas embrasser la quasi-totalité du champ scientifique.

La restriction la plus courante des champs disciplinaires en écologie humaine est celle de l'approche économique-écologique. Régis par des équations similaires, les modèles des deux disciplines ont donné à penser que leur intégration serait relativement simples. Il s'est avéré à l'usage que les problèmes de temporalité, de spatialisation et d'agrégation des données rendaient la tâche plus difficile que prévue (Braat et Van Lierop, 1987).

En fin de compte, l'approche unifiée n'a pas eu vraiment lieu et l'économie écologique s'attache surtout à évaluer les biens naturels, c'est-à-dire à faire entrer l'écologie dans le panier des biens de la ménagère. Dans l'autre sens, les études écologiques portent majoritairement sur les conséquences des transformations technologiques et de la croissance de la population sur l'environnement global. L'écueil principal de ce type d'études est le niveau auquel elle se réfèrent (la planète), et le manque de possibilités d'actions à des échelles plus fines (nation, région, local). En outre, la complexité des phénomènes prend communément sa source au niveau local et les approches trop macro ne rendent pas bien compte de la nature des interactions entre les populations et l'environnement. Tabutin et Thiltges (1992) regrettent à cet égard la rareté des études sur le couplage entre dynamique démographique et dynamique de l'environnement au niveau local, "utiles non seulement pour la connaissance mais aussi directement pour l'action". Il faut dès lors cerner les interactions entre les différentes échelles des perturbations subies par le milieu en intégrant la dimension humaine. Tabah (1995) parle à ce sujet de "conscience globale et conscience locale" des populations.

Les rapprochements entre l'économie et l'écologie ont fait émerger une nouvelle vision de l'écologie humaine mais n'ont pas véritablement traité des analyses de processus qui relient les dynamiques des sociétés humaines et celles des milieux naturels. Il est vrai qu'il est difficile de trouver le juste milieu entre la nécessaire réduction d'un objet scientifique trop vaste et le reniement de sa complexité.

Au cours des dernières années, l'approche systémique a tenté de résoudre cette difficulté, après avoir connu un certain engouement pour l'écologie humaine dans les années 1970. Des différences existent entre "l'ancienne" et la "nouvelle" systémique. Cette dernière apparaît plus pragmatique, moins naïve, plus prudente dans ses présupposés épistémologiques. Il faut remarquer qu'elle est postérieure aux nouvelles théories qui s'intéressent au hasard, au désordre, au non-linéaire, au chaos, aux systèmes adaptatifs, et qui introduisent dans le réel une composante non prédictible par essence. Le paradigme sous-jacent au dépassement de la méthode cartésienne est celui de la complexité. Les interactions entre les objets deviennent plus importants que la simple connaissance de leurs structures respectives.

Sur ce thème, une des grandes figures de la démarche systémique, Morin (1990), fait la critique de deux voies infécondes ou pauvres de la systémique. La première est un "systémisme vague et plat, fondé sur la répétition de quelques vérités premières aseptisées qui n'arriveront jamais à devenir opérantes". La seconde est une "sorte de sous-ingénierie de la cybernétique". À ses yeux, seul le principe de complexité peut porter la systémique. Seulement, si nous avons énuméré au paragraphe précédent quelques-unes des nouvelles théories se reliant au paradigme de la complexité, ce n'est pas pour simple illustration : c'est parce que le paradigme de la complexité reste à définir et qu'une acception concrète nécessitera la réunion et la synthèse de travaux qui sont encore en cours. On ne peut donc pour l'instant que le subsumer et en faire un mode de pensée apte à conduire nos recherches dans le domaine qui nous intéresse.

Le principe général qui semble guider aujourd'hui l'ensemble des sciences de la complexité est celui d'une épistémologie constructiviste. C'est à travers la modélisation d'un système complexe qu'on le rend intelligible. Le rôle du modélisateur devient central puisqu'il ne prétend plus "découvrir" une réalité cachée mais donne sa propre version de la représentation d'un phénomène. C'est dans ce sens que Jumarie (1980) distingue "l'espace substrat", support physique de l'entité matérielle composant le système, de "l'espace modèle", caractérisant le point de vue du modélisateur.

C'est donc une nouvelle forme de rationalité qui est en jeu, portant cette fois davantage sur la formulation du problème que sur sa résolution. Le Moigne (1990) parle à cet égard du "problème qui consiste à poser le problème" ! Le corollaire méthodologique de cette exigence de formalisation liminaire quant à la résolution de problèmes complexes est l'abandon du principe du "*one best way*". L'algorithmique cède la place à l'heuristique, la simulation se développe, l'analyse qualitative qui indique la *gestalt* des processus est préférable à une quantification basée sur des

hypothèses trop restrictives. L'analyse qualitative peut cerner des domaines de solutions réalisables, et définir en cela un champ des possibles.

Il faut bien voir la nature de cette évolution scientifique ; elle n'est pas le reniement de la raison au sens de Feyerabend mais plutôt une nouvelle manière d'aborder le réel. C'est un apport important des sciences de la complexité d'avoir montré que le désordre, l'aléatoire et la redondance n'étaient pas automatiquement gage d'inefficacité mais au contraire l'essence même de certains phénomènes (voir par exemple les travaux de Prigogine et Stengers, 1979). Consécutivement, d'anciens concepts, que l'on croyait immuables, comme celui de "l'équilibre" dans les sciences du vivant, sont remis en cause dans leur acception traditionnelle (Giordan, 1995). En revanche, les concepts de régulation et d'interactions comportementales sont davantage mis en exergue que dans les modèles systémiques de première génération où l'attention était portée principalement sur les flux.

Au-delà de l'introduction de nouveaux outils conceptuels dans les sciences de la complexité, la réflexion épistémologique sur la nature de la modélisation systémique s'est prolongée et a remodelé les démarches analogique et téléologique dans une direction différente de celle des années 1970. Déjà, en 1968, Von Bertalanffy distingue l'analogie, "similitude superficielle de phénomènes", et donc sans valeur scientifique, de l'homologie, "rapprochement de phénomènes régis par des lois identiques sur le plan formel", seule possédant une importance comme modèle conceptuel. De la même manière, Passet (1979) condamne dans le domaine de la science le recours à la simple métaphore et indique comment l'approche systémique permet de séparer "bonnes" et "mauvaises" analogies. Les tentatives contemporaines de transfert de traitement de processus ou de phénomènes d'une discipline à l'autre semblent plus modestes, moins "naïves" qu'auparavant dans leur prétention d'universalité. Une illustration de ceci se trouve dans Giordan (1995), ouvrage dans lequel l'auteur montre comment les sciences du vivant peuvent s'avérer une "banque d'idées et de concepts" pour les sciences sociales sans pour autant parler d'isomorphismes ni même d'analogies entre les deux.

Parallèlement à ce glissement du systémisme comme méthode de résolution des problèmes complexes vers un mode de pensée complexe, s'est opérée une mise en forme scientifique du concept téléologique, c'est-à-dire concernant la finalité d'un système ou d'un de ses composants. L'approche anthropomorphique a longtemps interdit à un objet non pensant de posséder une finalité propre. Pourtant, qu'est-ce qui peut empêcher de décréter que le but ou l'objectif d'une automobile est de rouler ? La finalité d'un parapluie n'est elle pas de protéger des intempéries ? Lorsqu'un système physique évolue vers un état optimal (minimum ou maximum), il y a bel et bien un déterminisme d'un finalisme apparent (Atlan, 1979). Aujourd'hui, l'idée ne choque plus d'assigner une finalité ou un objectif, dans un cadre donné, à une entité sans conscience. On se focalisera alors davantage sur l'adéquation entre les moyens dont disposent cette entité et les fins qu'elle poursuit. Il n'entre pas dans le cadre présent de développer cet argument mais il faut garder à l'esprit l'impérativité de sa prise en compte dans la démarche systémique, qui s'avère une

condition nécessaire à considérer un phénomène comme une action intelligible, principe décrit dans Le Moigne (1990) comme "axiome d'opérationnalité téléologique".

Quelles implications méthodologiques tirer de cette brève présentation du paradigme de la complexité quant à la compréhension des systèmes population humaine-environnement ? Elles sont nombreuses, nous nous limiterons à en retenir deux qui apparaissent primordiales : d'abord, le fait que le modélisateur construise son objet comme un système complexe nécessite de sa part une justification de cette démarche. Il faut identifier et préciser les sous-systèmes et les variables entrant en jeu, expliciter la nature de leurs interactions. Le travail de conceptualisation et de formulation du problème est une étape décisive. Ensuite, une fois le problème posé, il faut faire le choix de la ou des méthodes qui peuvent le résoudre. L'intervention du modélisateur est essentielle puisqu'il doit opérer une sélection de méthodes, d'algorithmes et/ou d'heuristiques dans le corpus existant ou alors en créer de nouveaux. En fin de compte, on assiste à un renversement de l'approche analytique classique qui consiste à poser un problème hypothétiquement simplifié et à le résoudre par une méthode souvent connue et décidée *a priori*. Le Moigne (1990) résume de manière lapidaire cette situation en disant que *"les modèles analytiques classiques (...) apparaissent souvent comme des méthodes à la recherche de problèmes alors que les problèmes complexes contemporains sont à la recherche de méthodes qui leur conviennent"*.

Face à ces exigences épistémologiques et méthodologiques, nous allons maintenant détailler pourquoi il apparaît nécessaire et fructueux d'appréhender la relation entre l'homme et son environnement comme un système complexe. La multiplicité des acteurs, les différentes logiques impliquées, les différences de temporalité des phénomènes sociaux et écologiques et les aspects spatiaux des phénomènes mis en jeu sont ainsi au centre de la problématique de la modélisation en écologie humaine.

2. L'homme et son environnement comme système complexe

Alors que le terme "écologie" date de 1866, "l'écosystème" n'apparaît qu'en 1935. C'est véritablement au cours des années 1950 qu'une pensée écosystémique se développe à la fois sur les aspects scientifiques et idéologiques. La prise en compte de l'intervention de l'homme sur les processus écologiques est peu à peu intégrée dans les recherches écologiques avec cependant un certain réductionnisme, l'homme apparaissant souvent comme un perturbateur de l'environnement. À cet égard, la population humaine est traitée peu ou prou dans les modèles écologiques de la même manière qu'une population animale ou végétale, en témoigne l'utilisation courante de la notion de "capacité de charge" dans sa version brute, appliquée aux êtres humains.

Cette situation peut s'analyser en regard du statut de l'écologie. Barnaud et Lefeuvre (1992) indiquent comment elle doit à la fois s'imposer comme science autonome et assumer son rôle dans l'interdisciplinarité. Elle-même issue de la confluence de diverses sciences naturelles, on ne s'étonnera pas alors que les collaborations de l'écologie avec la géographie, de statut semblable, soient les plus fructueuses. En fin de compte, et une fois de plus, c'est le problème de la reconnaissance de la scientificité de la pluridisciplinarité qui est en jeu. La question est d'autant plus épineuse que l'objet de l'écologie humaine, que l'on perçoit pourtant à la confluence des champs scientifiques concernés, n'est pas clairement nommé. À ce propos, Blandin (1992) passe en revue les difficultés conceptuelles inhérentes à la désignation de cet objet comme "écosystème", "géosystème" ou encore "paysage", et propose le vocable "écocomplexe" pour désigner un espace porteur d'interactions entre populations humaines et écosystèmes.

Explicitement nommée dans le cas précédent, la complexité en écologie humaine apparaît davantage chaque jour comme un paradigme porteur, eu égard à la quantité de travaux qui concluent sur l'inadéquation des grandes théories aux réalités de terrain. Ainsi, au Sud du Honduras, Stonich (1989) montre que la dégradation de l'environnement ne peut être expliquée par aucun des modèles néo-malthusiens, néo-classiques ou de dépendance Sud-Nord pris isolément. C'est la structure fondamentale de la société avec ses composantes démographiques, économiques et d'accès à la terre qui permet la compréhension des interrelations entre la population et l'environnement. De la même manière, plusieurs études s'inscrivent en faux contre l'idée fortement ancrée selon laquelle pauvreté et dégradation de l'environnement vont de pair. Broad (1994) développe cette thématique dans le cas des Philippines, prône pour une approche plus historique, tandis que Lonergan (1993) insiste sur le caractère complexe, multidimensionnel, conditionné à un système social, de la relation entre la pauvreté, la croissance démographique et l'environnement, tout en soulignant le manque de travaux empiriques sur ce sujet. Il serait laborieux de s'attarder davantage sur le développement d'une recherche en écologie humaine que nous regroupons pour l'instant sous le paradigme de la complexité, on pourra se référer par exemple à Jollivet et Pavé (1993), Jollivet (1992) et, Clarke et Tabah (1995).

L'absence de consensus que nous venons d'observer sur les effets croisés des dynamiques des populations humaines et des écosystèmes peut être perçue comme la cause ou la conséquence du paradigme de complexité en écologie humaine. Elle est aussi la conséquence du flou qui règne sur les phénomènes à décrire, sur leur temporalité, leur spatialité. Nous allons voir maintenant comment la mise en place d'un système d'information peut permettre de répondre à la fois à des exigences empiriques de connaissance en écologie humaine et à des préoccupations théoriques.

3. Un système d'information sur le système population-environnement

Confrontés aux problèmes sus-cités, les chercheurs préconisent de plus en plus la mise en place d'observatoires de la relation population-environnement. Il s'agit donc de recueillir des données à la fois sur les aspects sociaux, démographiques, économiques et écologiques. Cette démarche est entreprise dans le souci d'apporter des séries de données précises collectées en vue d'une analyse conjointe des phénomènes.

Les difficultés conceptuelles rencontrées dans cette démarche sont relativement récentes car les observatoires traditionnels s'attachent à suivre un objet bien délimité *a priori*. Par exemple, les observatoires de population installés dans les années 1960 en Afrique visaient à suppléer un appareil statistique insuffisant en matière de démographie. De la même manière, les observatoires dans les sciences du milieu naturel ont permis le recueil de données sur un phénomène précis (érosion, désertification) dans une zone circonscrite. Depuis la décennie 1980, de nombreux domaines sont "observés" comme le littoral, la condition féminine ou bien la pollution. Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit d'observer une relation, celle des dynamiques sociales et environnementales. En effet, il faut tenter d'éviter de tomber dans le travers qui serait de se contenter de juxtaposer deux observatoires, l'un sur la population, l'autre sur le milieu naturel. On perçoit dès lors l'impérieuse nécessité de bâtir en amont une théorie, ou du moins des hypothèses, pour orienter la recherche d'indicateurs pertinents. C'est précisément ce qui fait la différence intrinsèque entre les indicateurs et les statistiques classiques, avec en plus pour les premiers, selon l'expression de Leclerc (1979), une "*analyse qui fonde la place d'une variable dans l'interprétation de la complexité sociale*".

Outre son apport en terme de connaissance directe, la mise en place d'un système d'information dynamique permet donc une "problématisation" formalisée qui ne peut se faire sans une réflexion préalable. Il faut en effet déterminer les unités d'observation, échantillonner les populations à enquêter, nommer les indicateurs, fixer les pas de temps d'observation pour chacun d'entre eux, organiser l'information, la rendre intelligible et utilisable par l'ensemble des chercheurs concernés. Cette phase de construction du système d'information est obligatoirement pluridisciplinaire, elle permet et nécessite à la fois le dialogue.

4. La restitution des données dans un système d'information géographique

Concept intégrateur primordial, il s'est avéré que l'espace ne pouvait être absent de l'analyse des interactions entre les dynamiques des populations et celles de son environnement. Si l'on s'attarde d'ailleurs quelque peu sur la signification du terme "environnement", il apparaît de prime abord une composante spatiale évidente ayant trait "aux environs". L'acceptation de l'environnement comme espace n'est pas la seule et Godard (1992) détaille la polysémie du vocable en concluant sur la richesse d'une intégration des divers sens du mot "environnement". Il est tout à fait significatif que les débats autour des concepts d'environnement et d'espace aient des résonances similaires en ce sens que l'un et l'autre ont ce caractère complexe d'être à la fois des supports de l'activité humaine et des moteurs de celles-ci. C'est ainsi que nous considérons l'environnement et l'espace ni comme des déterminants forts des activités humaines qui s'y inscrivent ni comme des éléments mineurs devant la capacité de mobilisation des acteurs. Notre position est que leur rôle est celui de contraintes qui déterminent des mondes possibles au sein desquels les acteurs ont une certaine latitude.

Les débats épistémologiques en géographie ont amené à faire intervenir de manière de plus en plus fréquente l'espace comme une construction de l'esprit du modélisateur, cet espace pouvant être physique ou phénoménologique, supporter des matières, des flux ou des pratiques. En géographie, les modèles de la complexité s'imposent (Robic, 1995). En partant de ce postulat, nous allons essayer de voir maintenant ce que peut apporter le concept d'"espace" et ses prolongements méthodologiques à l'écologie humaine.

Il convient d'abord de mentionner la reconnaissance croissante de l'espace comme un lieu d'interactions entre les activités humaines. Dans ce sens, les problèmes d'échelle et d'agrégation spatiale sont subordonnés à l'organisation des échanges, réels ou symboliques, entre les acteurs. Une économie ou une géographie des relations ou des réseaux peut aussi bien structurer un territoire qu'un espace aéroloaire (Dupuy, 1993). Stratégies et pratiques spatialisées des acteurs individuels et des groupes deviennent alors des clés de compréhension importantes de la relation population-environnement.

Face à cette évolution du statut de l'espace, il est difficile d'y distinguer la part du changement réel du monde quant au développement des communications qui s'y déroulent et celle des paradigmes scientifiques qui portent un regard sur lui. Les conséquences qui en découlent sur la recherche sont des perceptions multiples de l'espace et la nécessité de les coupler. Bailly (1992) propose à ce sujet l'introduction des préceptes de "subjectivité des représentations, complexité, probabilisme et pluralisme des approches" pour fonder une analyse spatiale s'écartant des principes

analogiques des mécanismes physiques. Dans la structuration des différentes perceptions de l'espace, Thireau (1993) mentionne les niveaux "réel, symbolique, potentiel et relationnel" pour mieux comprendre les dynamiques territoriales.

Structurant les activités humaines dans et en relation avec leur environnement, leur donnant une assise géographique, l'espace s'avère une variable primordiale à prendre en compte dans un système d'information permettant d'observer *in fine* les dynamiques conjointes des populations et des milieux naturels. À cet égard le système d'information géographique (SIG) s'impose de lui-même avec cependant quelques précautions et limites dont il faut être conscient.

En premier lieu, l'intégration dans un système d'information des aspects temporels ou dynamiques et des aspects spatiaux est loin d'être résolue. De nombreux problèmes théoriques et méthodologiques ayant trait aux intervalles temporels et aux échelles spatiales, à leur passage de cadre d'étude à celui de variable active, rendent peu opérationnels les SIG en ce domaine (Claramunt *et al.*, 1994 ; Cheylan *et al.*, 1994 ; Openshaw, 1994). Un deuxième problème qui se pose est que les possibilités actuelles des SIG ne permettent pas une véritable analyse, au sens de l'analyse spatiale (développée indépendamment dans de nombreuses disciplines) mais sont d'excellents descripteurs d'espace. On peut dire, avec Delaunay (1995), que les SIG permettent la manipulation des cartes plutôt que leur analyse.

Les points précédents ne doivent pas masquer l'immense intérêt du SIG en écologie humaine. Une des perspectives les plus riches est de pouvoir s'affranchir des notions de découpage et de frontière et de pouvoir travailler sur un espace quelconque, choisi comme pertinent pour appréhender les relations qu'entretient l'homme avec son environnement. En outre, le concept d'espace à travers son support cartographique aboutit à un mode de représentation des données qui doit permettre un consensus de la part des diverses disciplines impliquées en écologie humaine. À cet égard, le SIG s'avère un catalyseur de la pluridisciplinarité. Enfin, le SIG doit permettre une réflexion préalable à une modélisation spatiale des processus. À cette fin, le SIG "raster" apparaît beaucoup mieux adapté que le SIG "vecteur" (Waniez, 1991 ; Martin, 1991 ; Collet, 1992) pour des raisons de nature des objets représentés, le premier manipulant des pixels et le second une topologie.

En conclusion sur ce point, l'intérêt des SIG en écologie humaine est de se placer comme un "constructeur d'espace" là où celui-ci est protéiforme, d'être un outil fédérateur des disciplines impliquées, et de fournir un support à la modélisation spatiale des processus. Les limites de l'outil tiennent au caractère encore fortement descriptif de ses fonctionnalités. Il doit donc être considéré comme un outil d'accompagnement de la modélisation et de l'analyse spatiale et non pas comme une fin en soi.

Conclusion : vers la modélisation

Le détour par la complexité nous aura permis de mieux saisir l'essence de la méthode proposée : système, système d'information et système d'information géographique se définissent chacun à des niveaux différents, chose impensable dans le cadre de la logique disjonctive. Outils de recherche, nous les avons présentés aussi comme des constructeurs d'une certaine réalité. "Quel est l'objet ?", "Comment informer sur lui ?", "Comment représenter spatialement cette information ?" sont autant de questions qui vont définir une problématique, la façonner, et en même temps apporter des réponses ultérieurement. C'est ce que Le Moigne (1990) appelle un "processus de construction de connaissance active" en se basant sur l'épistémologie constructiviste de Piaget.

Évidemment, cette construction n'est pas suffisante pour expliquer les relations entre l'homme et son environnement. Elle est un préliminaire à l'analyse et la modélisation. Pour répondre aux attentes de la complexité de l'objet, le ou les types de modélisation envisagés doivent permettre la restitution des interactions entre les variables du système. À cet égard, il ne faut pas s'attendre forcément à une quantification précise des relations, il s'agit avant tout de produire du sens plutôt que du chiffre.

L'apport principal de la logique conjonctive est celui de réunir dans la définition d'une problématique l'ensemble des disciplines qui l'étudieront. En effet, trop souvent, la problématique est tirée par une discipline particulière, qui fait appel ensuite à d'autres disciplines comme "prestataires de services", donnant l'illusion d'une interdisciplinarité. Or, ici l'interdisciplinarité est à la fois un moyen et un objectif. Elle est une condition essentielle à une formalisation avancée des processus de l'écologie humaine dans leur globalité.

Références bibliographiques

ATLAN H., 1979. – *Entre le cristal et la fumée*. – Paris, Seuil.

BAILLY A., 1992. – "Représentation et analyse des territoires : une épistémologie de la science régionale", in : DERYCKE P.H. (éd.), *Espaces et dynamiques territoriales*. – Economica.

BARNAUD G. et LEFEUVRE J.C., 1992. – "L'écologie, avec ou sans l'homme ?", in : JOLLIVET M. (éd.), *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. – Paris, CNRS.

- BLANDIN P., 1992. – "De l'écosystème à l'écocomplexe", in : JOLLIVET M. (éd.), *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. – Paris, CNRS.
- BRAAT L.C. and VAN LIEROP W.F.J., 1987. – "Integrated economical-ecological modeling" in : BRAAT L.C. and VAN LIEROP W.F.J. (eds.), *Economic-ecological modeling*. – Ilasa, Elsevier Science Publishers B.V.
- BROAD R., 1994. – "The Poor and the environment: friends or foes?", *World Development*, vol. 22, n° 6.
- CHEYLAN J.P. et al., 1994. – "Les problématiques de l'espace et du temps et les SIG", in : *Les journées de la recherche Cassini, Groupement de recherche "Modélisation de l'information spatiale – Cassini"*. – Lyon, CNRS, GDR 1041.
- CLARAMUNT C. et al., 1994. – "Sémantique et logique spatio-temporelles", *Revue internationale de géomatique*, vol. 4, n° 2.
- CLARKE J.I. and TABAH L. (eds.), 1995. – *Population-Environment-Development-Interactions*. – Paris, CICRED.
- COLLET C., 1992. – *Systèmes d'information géographique en mode image*. – Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- DELAUNAY D., 1995. – "Information spatialisée et déformation cartographique en démographie", in : CAMBREZ Y. L. et DE MAXIMY R. (éds.), *La cartographie en débat. Représenter ou convaincre*. – Karthala/ORSTOM.
- DUPUY G., 1993. – "Géographie et économie des réseaux", *L'Espace Géographique*, n° 3.
- GIORDAN A., 1995. – *Comme un poisson rouge dans l'homme*. – Payot.
- GODARD O., 1992. – "L'environnement, une polysémie sous-exploitée", in : JOLLIVET M. (éd.), *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. – Paris, CNRS.
- JOLLIVET M. (éd.), 1992. – *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. – Paris, CNRS.
- JOLLIVET M. et PAVE A., 1993. – "L'environnement : un champ de recherche en formation", *Natures-Sciences-Sociétés*, vol. 1, n° 1.
- JUMARIE G., 1980. – *Subjectivité, information, système*. – Montréal, L'Aurore/Univers.
- LECLERC G., 1979. – *L'observation de l'homme*. – Seuil.
- LE MOIGNE J.L., 1990. – *La modélisation des systèmes complexes*. – Dunod.
- LOBRY C., 1993. – "À propos des boucles de rétroaction et de la stabilité des systèmes", *Natures-Sciences-Sociétés*, vol. 1, n° 4.
- LONERGAN S.C., 1993. – "Impoverishment, population and environmental degradation: the case for equity", *Environmental Conservation*, vol. 20, n° 4.
- MARTIN D., 1991. – "Representing the socioeconomic world", *Journal of the Regional Science Association International*, vol. 70, n° 3.
- MORIN E., 1990. – *Introduction à la pensée complexe*. – ESF Éditeur.
- OPENSHAW S., 1994. – "Two exploratory space-time attribute pattern analysers relevant to GIS", in : FOTHERINGHAM and ROGERSON P. (eds.), *Spatial analysis and GIS*. – Taylor and Francis.
- PASSET R., 1979. – *L'économie et le vivant*. – Payot.
- PRIGOGINE I. et STENGERS I., 1979. – *La nouvelle alliance*. – Gallimard.
- ROBIC M.C., 1995. – "Épistémologie de la géographie", in : BAILLY A. et al. (éds.), *Encyclopédie de géographie*. – Economica.

- STONICH S.C., 1989. – "The dynamics of social processes and environmental destruction: a central american case study", *Population and Development Review*, vol. 15, n° 2.
- TABAH L., 1995. – "Les interrelations population-environnement-développement : état de la question et perspectives", in : CLARKE J.I. and TABAH L. (eds.), *Population-Environnement-Development-Interactions*. – Paris, CICRED.
- TABUTIN D. et THILTGÈS E., 1992. – "Relations entre croissance démographique et environnement. Du doctrinal à l'empirique", *Revue Tiers Monde*, T.XXXIII, n° 130.
- THIREAU V., 1993. – *Les nouvelles dynamiques spatiales. À la redécouverte des territoires*. – Paris, L'Harmattan.
- VON BERTALANFFY L., 1968. – *Théorie générale des systèmes*. – Dunod. (Traduction française, 1990).
- WANIEZ P., 1991. – "De la cartomatique aux systèmes d'information géographique: méthodes et techniques nouvelles pour l'analyse spatiale", *Espace, Populations, Sociétés*, n° 3.
- WEISBUCH G. et DUCHATEAU-NGUYEN G., 1996. – "Une modélisation intégrant des composantes culturelles de l'interaction nature-société", *Natures-Sciences-Sociétés*, vol. 4, n° 1.

Les Études du CEPED n° 18

Sous la direction de
Laurent AUCLAIR, Patrick GUBRY
Michel PICOUËT et Frédéric SANDRON

RÉGULATIONS DÉMOGRAPHIQUES ET ENVIRONNEMENT

CEPED

IRD

LPE

2001