

« Travaux et Documents » du programme de recherche

**Dynamique démographique et développement durable
dans les Hautes Terres malgaches**

N°2



***Population et environnement :
le paradigme de la complexité***

Frédéric Sandron



Sandron F., 2005, « Population et environnement : le paradigme de la complexité », *Travaux et Documents*, n°2, Programme 4D, Institut Catholique de Madagascar et Institut de Recherche pour le Développement, 18p., Antananarivo.

Déjà parus :

Binet P., Briet P., Gastineau B., Gastineau P., Omrane M., 2005, « Conditions de vie des ménages à Ampitatafika en période de soudure : conséquences de la hausse du prix du riz sur les pratiques agricoles et la formation du revenu (décembre 2004-février 2005) », *Travaux et Documents*, n°1, Programme 4D, Institut Catholique de Madagascar et Institut de Recherche pour le Développement, 18p., Antananarivo.

Population et environnement : le paradigme de la complexité

Frédéric Sandron¹

1. Introduction

Dans les études sur le développement durable, la démographie fait figure de parent pauvre. La variable démographique, à Madagascar comme ailleurs, est souvent présentée comme étant la cause première voire unique de la pauvreté et de la dégradation de l'environnement. Elle est alors considérée comme une variable exogène au système. Pourtant, la relation population-environnement dans le contexte malgache actuel est digne d'être étudiée de manière précise et détaillée, et ce pour trois raisons. Primo, les sociétés humaines et les systèmes écologiques sont très diversifiés au sein de cette grande île, réputée à raison pour son endémisme et sa biodiversité. Les lois récentes de décentralisation et de régionalisation, l'action locale aussi bien des administrations publiques que des ONG incitent à une connaissance fine et « sur le terrain » des processus. Ceci permettrait une synergie plus grande entre les résultats de la recherche et leur utilisation directe dans l'élaboration de politiques d'aménagement ou de développement durable, vouées de manière croissante à être décentralisées. Secundo, si les études environnementales sont nombreuses dans le pays, peu d'entre elles prennent réellement en compte les interactions entre les variables démographiques, économiques et écologiques. Ces études devraient à notre sens s'inscrire dans un paradigme dépassant les théories simplistes selon lesquelles, par exemple, toute croissance démographique se révélerait automatiquement néfaste pour l'intégrité de l'environnement. En effet, si l'on considère que les écosystèmes et les sociétés humaines sont des objets complexes, que dire de cet ensemble « population-environnement » qui combine les deux dans leurs interactions multiples ? Tertio, la croissance démographique la plus forte de la population malgache est à venir. La transition de la fécondité est tout juste commencée, puisque après la baisse de la mortalité entamée vers 1950, la fécondité n'a baissé sensiblement qu'à partir de la fin des années 1990. Évaluée à 17 millions d'habitants en 2004, la population atteindrait 33 millions d'habitants en 2025. Le contexte démographique doit donc être intégré plus que jamais dans les années à venir dans les politiques de développement durable.

Pour étudier la place de la composante démographique dans la question du développement durable, il est proposé ici dans un premier temps de faire un cadrage général méthodologique sur la considération scientifique et idéologique de la variable démographique dans ses rapports à l'environnement. Nous verrons notamment le glissement de paradigme opéré à la fin des années 1980. A partir de cette grille de lecture, il s'agira de présenter les choix conceptuels et méthodologiques d'une opération de recherche effectuée en milieu rural malgache. La conclusion donnera alors quelques recommandations méthodologiques pour appréhender le processus du développement durable dans toute sa complexité.

2. Population et environnement : quels paradigmes ?

Dans l'étude de la relation population-environnement, trois courants sont aisément repérables : l'approche malthusienne ou néo-malthusienne, l'approche boserupienne et une approche plus récente, plus nuancée, que l'on qualifiera de « complexe ».

¹ Chargé de recherche, IRD, membre de l'UMR 151 LPED Université de Provence/IRD.

2.1 La croissance démographique, fléau pour l'environnement

Lorsqu'elles devinrent un champ d'étude à part entière dans les années 1960, les relations population-environnement s'inscrivaient dans une grille d'analyse fortement imprégnée des idées malthusiennes. Le postulat de départ était clair : la croissance démographique a des effets néfastes sur l'environnement. C'est le message délivré en 1968 par l'ouvrage d'Ehrlich « The Population Bomb » ou par le célèbre rapport Meadows publié en 1972 sous le titre « The Limits to Growth ». Analysant les relations entre la démographie, la nourriture, la pollution, l'industrialisation et les ressources non renouvelables sur la base d'un système d'équations non linéaires, la conclusion était que seule une réduction drastique de la croissance démographique permettrait d'éviter une catastrophe écologique. On retrouve l'argumentation malthusienne originelle selon laquelle si les freins préventifs (recul de l'âge au mariage, mise au monde d'enfants uniquement si l'on a les moyens de les élever) ne sont pas instaurés par les individus, ce sont les freins répressifs (famine, guerre, épidémie) qui le feront pour eux (encadré 1).

Encadré 1

L'apologue du banquet in Malthus, *Essai sur le principe de population*, 2^{ème} édition

« Un homme qui est né dans un monde déjà occupé, s'il ne lui est pas possible d'obtenir de ses parents les subsistances qu'il peut justement leur demander, et si la société n'a nul besoin de son travail, n'a aucun droit de réclamer la moindre part de nourriture et, en réalité, il est de trop. Au grand banquet de la nature, il n'y a point de couvert disponible pour lui ; elle lui ordonne de s'en aller, et elle ne tardera pas elle-même à mettre son ordre à exécution, s'il ne peut recourir à la compassion de quelques convives du banquet. Si ceux-ci se serrent pour lui faire place, d'autres intrus se présentent aussitôt, réclamant les mêmes faveurs. La nouvelle qu'il y a des aliments pour tous ceux qui arrivent remplit la salle de nombreux postulants. L'ordre et l'harmonie du festin sont troublés, l'abondance qui régnait précédemment se change en disette, et la joie des convives est anéantie par le spectacle de la misère et de la pénurie qui sévissent dans toutes les parties de la salle, et par les clameurs importunes de ceux qui sont, à juste titre, furieux de ne pas trouver les aliments qu'on leur avait fait espérer ».

De manière générale, ce courant néo-malthusien se focalisait sur la seule variable démographique et reprenait à Malthus une des hypothèses qui lui a valu de nombreuses critiques, à savoir l'absence de progrès technique. Que ce soit en termes d'analyse de « capacité de charge », emprunté au vocabulaire des écologues, d'« équilibre du système population-ressource » ou bien en termes d'« optimum de population », la capacité d'innovation des populations était réduite à la portion congrue. Les calculs effectués l'étaient sur la base d'une technologie donnée à un moment donné. C'est dans cet esprit que l'abbé Raynal écrivait en 1781 : « Si dix millions d'hommes trouvent jamais une subsistance assurée dans ces provinces, ce sera beaucoup. À peu de choses près, le pays pourra se suffire à lui-même, pourvu que ses habitants sachent être heureux par l'économie et la médiocrité ». Les « provinces » en question désignaient les Etats-Unis d'Amérique.

Ces travaux ont eu des répercussions très importantes sur l'opinion publique et sur les décideurs. Ils ont en effet donné une assise scientifique à la mise en place de nombreux programmes de planification familiale. Malgré une vive opposition des pays en développement à ces programmes lors de la première Conférence de Population à Bucarest en 1974², nombre d'entre eux comme l'Algérie, le Mexique ou la Chine mettront en place très rapidement des politiques anti-natalistes.

² Slogan phare de l'époque : « La meilleure pilule, c'est le développement ».

D'un point de vue démographique, on peut noter que ce courant néo-malthusien est dominant à l'époque où la croissance de la population mondiale, et surtout celle des pays du Tiers monde, est maximale (tableau 1). Les extrapolations qui sont alors faites prolongent simplement les tendances alors que les spécialistes de la population connaissaient depuis plusieurs décennies le schéma de la « transition démographique ». Ce dernier stipule qu'entre un régime démographique « ancien » qui repose sur une fécondité et une mortalité élevées et un régime « moderne » qui repose sur une fécondité et une mortalité basses, se déroule une période de transition pendant laquelle la mortalité baisse plus tôt que la fécondité et donc induit une forte croissance naturelle. Les prolongations des tendances de fécondité des années 1960-1970 n'avaient donc pas de soubassement scientifique solide.

Tableau 1 : Taux de croissance annuel moyen de la population

	Monde	Tiers Monde
1950-1955	1,79	2,04
1955-1960	1,85	2,13
1960-1965	2,00	2,35
1965-1970	2,06	2,54
1970-1975	1,96	2,38
1975-1980	1,73	2,18
1980-1985	1,75	2,13
1985-1990	1,74	2,08
1990-1994	1,70	2,00

2.2 La croissance démographique, mère de l'innovation

Pour s'opposer aux théories néo-malthusiennes, il y eut une théorie alternative qui inversait le postulat de départ. La croissance démographique n'était plus un fléau pour l'environnement, elle était au contraire le moteur de sa préservation. Cette idée repose sur les travaux de Boserup dont l'ouvrage fondateur de 1965 fournit une analyse historique des rapports entre la croissance démographique et les types de système agraire. Boserup explique que la croissance démographique est un aiguillon qui va forcer l'adoption d'un nouveau système agraire plus performant pour permettre de nourrir la population. Dans la thèse boserupienne, comme dans celle de Malthus d'ailleurs, l'homme est plutôt apathique par nature et il préfère utiliser un système agraire moins intensif donc moins nécessiteux en facteur travail à moins d'y être contraint, justement par la pression démographique. Boserup (1976) prolongera cette théorie à l'environnement selon le même raisonnement pour adopter des techniques respectueuses de son intégrité. Simon (1985) sera un ardent défenseur de cette thèse.

L'exemple de Java en Indonésie est éloquent. A la fin du dix-huitième siècle, les colonisateurs hollandais ont noté une coexistence de systèmes de production différents. Pendant les huit siècles précédents, la charrue était présente dans certaines parties de l'île tandis que dans d'autres, la jachère forestière et buissonnante constituait le système dominant. Boserup rejette l'explication selon laquelle ces techniques agricoles étaient associées à des régions cloisonnées entre elles, mettant au contraire en avant une certaine unité culturelle et l'existence de communications. Au cours des dix-neuvième et vingtième siècles, l'action du colonisateur dans le domaine de l'innovation agricole a été la plus

marquante non pas par l'introduction directe de nouvelles techniques mais davantage par la croissance démographique impulsée par des progrès en matière d'hygiène et de santé.

2.3 La croissance démographique, une variable parmi d'autres

Si les théories néo-malthusiennes et bosserupiennes peuvent paraître concurrentes, elles ont en tout cas le point commun de ne pas être nuancées dans leurs conclusions. Picouet *et al.* (2004) les rangent dans la catégorie des théories « déterministes ». Il faut cependant remarquer que leur portée d'origine est extrêmement large, que ce soit dans le temps ou dans l'espace, et que le véritable problème, d'un point de vue scientifique, est celui de leur transposition à des échelles plus fines. Car, à partir de la fin des années 1980, lorsque les chercheurs se sont penchés de manière plus précise sur des études de cas, il s'est avéré que les relations entre la démographie et l'environnement ne pouvaient pas se contenter d'être appréhendées en simples termes malthusiens ou bosserupiens. Le concept de « développement durable » proposé en 1987 par le rapport Bruntland et vulgarisé par le Sommet de la Terre de Rio en 1992 intégrait ce changement de paradigme.

Le chapitre 5 de l'Agenda 21 qui en est issu était intitulé « dynamique démographique et durabilité ». Il préconisait de rechercher une « meilleure compréhension des liens entre dynamique démographique, technologique, comportement culturel, ressources naturelles et systèmes d'entretien de la vie ». Pour ce faire, il était proposé de « compiler l'information sociodémographique sous une forme telle qu'elle puisse être mise en concordance avec les données physiques, biologiques et socio-économiques. Il faudrait mettre au point des échelles spatiales et temporelles compatibles, des systèmes de collecte d'informations sur une base transnationale et par des séries chronologiques, ainsi que des indicateurs du comportement, en tirant les leçons des perceptions et des attitudes des collectivités locales ».

Ce texte reflète assez bien les préoccupations d'une nouvelle communauté scientifique dont les recherches se sont multipliées depuis les années 1990³. Plus diffus que les courants néo-malthusiens ou bosserupiens, ces travaux intègrent quelques principes dont on peut lister les principaux. Premièrement, ils refusent d'accabler systématiquement la croissance démographique comme facteur de dégradation de l'environnement. Deuxièmement, pour expliquer l'impact anthropique sur l'environnement, ils prennent en compte une série de variables autre que la croissance démographique, comme par exemple la technologie, les modèles de consommation, les politiques publiques, la culture, la répartition des terres et des richesses, ou encore les modes d'organisation. Troisièmement, ils affinent les échelles, les questions de recherche, les concepts. Quatrièmement, ils essaient de réfléchir sur une méthodologie de l'interdisciplinarité, indispensable pour aborder la thématique population-environnement. Cet exercice n'est pas évident car il nécessite de créer des ponts entre les termes, les concepts, les méthodes de chaque discipline. Pebley (1998) cite la frustration d'un démographe de renom, Samuel Preston, qui travaillait avec des spécialistes des sciences de la nature qui ne distinguaient l'espèce humaine de la fourmi ou de la mouette que par sa capacité supérieure de nuisance sur l'environnement !

Ce courant tel que nous venons de le décrire est parfois qualifié de « néo-malthusianiste nuancé » dans la mesure où la variable démographique joue un rôle, même si ce n'est pas le principal. Ceci semble quelque peu abusif dans la mesure où certaines études montrent d'une part que ce rôle est très faible voire négligeable, d'autre part qu'il peut y avoir des effets positifs sur l'environnement de la croissance démographique, comme le soulignait Boserup. Nous préférons donc parler d'un courant de la « complexité », eu égard aux remarques sur la multiplication des échelles, des variables, des disciplines, des méthodes mobilisées pour étudier les liens entre la croissance de la population et l'état des ressources naturelles. Voyons de manière plus précise en quoi consiste cette approche.

³ Par exemple : Auclair *et al.* 2001 ; Commoner 1991 ; de Souza *et al.* 2003 ; Domenach et Picouet 2000 ; Hunter 2000 ; Le Bras 1994 ; Mathieu 1998 ; Ostrom 1990 ; Pavé 1997 ; Pebley 1998 ; Picouet et Sandron 2002 ; Tabah 1995 ; Tabutin et Thiltgès 1992 ; Tiffen 1993.

3. Le paradigme de la complexité

Depuis les années 1980, la pensée complexe a considérablement renouvelé la systémique des années 1970 dont elle est l'héritière. Développées à la fois sur des bases épistémologiques et méthodologiques, les approches complexes ont aujourd'hui à leur actif un palmarès suffisant pour ne plus en faire un épiphénomène scientifique. Leur robustesse vient de la transversalité de leur utilisation dans de très nombreuses disciplines, aussi bien dans les sciences de la matière et de la vie que dans les sciences sociales. En contrepartie, un tel spectre d'applications rend difficile une définition formelle pouvant satisfaire toutes les disciplines y ayant recours. Certains y voient une faiblesse. D'autres y voient une conséquence inéluctable, voire intrinsèque, du concept même de la complexité et la source de son intérêt. Toujours est-il qu'il restera possible de la cerner par un cheminement nous menant de la réflexion *sur* et des applications *de* la complexité et de dégager quelques concepts autour desquels elle s'articule.

3.1. Quelques systèmes complexes

Depuis une décennie, le secteur bancaire s'attache de plus en plus les services des physiciens spécialisés dans la théorie des systèmes complexes
Le Monde, 1^{er} septembre 2000

➤ Le climat

Le climat est l'archétype du système complexe. La dynamique du système climatique terrestre est fonction de l'atmosphère, de la biosphère, des océans, des glaces, des terres. On connaît mal le rôle de la rotation de la terre, celui de l'océan, le rapport entre la couverture nuageuse et la température, sans parler des impacts du rejet anthropique des gaz à effet de serre. La connaissance complète du climat nécessiterait de mesurer en chaque point du globe et à toutes les altitudes, la température, la pression, le vent, l'humidité etc. Cette tâche étant évidemment impossible, les spécialistes discrétisent l'espace en créant des mailles de l'ordre de cent kilomètres de côté et une ou deux dizaines de classes d'altitude. Ces centaines de milliers d'objets tridimensionnels ainsi définis interagissent entre eux par des phénomènes mécaniques, chimiques, thermiques et radiatifs. Les équations qui les régissent dans les modèles sont celles de la mécanique des fluides. Lorsque le présentateur du journal télévisé vient nous annoncer le temps qu'il fera demain, il a fallu auparavant résoudre un système d'un million d'équations sur les plus puissants ordinateurs. Même si l'on résolvait le problème de la mesure, la non-linéarité des équations, bien qu'elles soient complètement déterministes, rend impossible la prévision du temps à plus de dix ou quinze jours.

➤ Le modèle proies-prédateurs de Lotka-Volterra

Bien connu des spécialistes de la dynamique des populations, le modèle proies-prédateurs a été décrit dans les années 1920 indépendamment par Lotka et Volterra⁴. Il s'agit de faire évoluer conjointement

⁴ Cette découverte concomitante a donné lieu à un débat très intéressant entre les deux protagonistes (Israel 1996). Alfred Lotka (1880-1949) travaillait dans une société d'assurances de New York. Il avait de solides connaissances dans plusieurs disciplines scientifiques, ce qui lui valut de publier une centaine d'articles dans les plus prestigieuses revues de physique, de chimie, de biologie, de statistique etc. En 1920, il publie un article théorique définissant une réaction chimique dont l'évolution est oscillatoire. En 1925, il publie un ouvrage dans lequel figure un modèle proies-prédateurs dont les équations sont similaires à celles de l'article de 1920 en chimie. Vito Volterra (1860-1940) était un grand mathématicien italien. Il publie un article en 1926 sur les modèles proies-prédateurs, à la suite d'un problème concret de pêche dans la mer Adriatique qui lui avait été posé. Les équations étaient similaires à celles de Lotka, sans que Volterra ait pu en prendre connaissance lorsqu'il a commencé son travail. Lorsqu'un an après l'article de Lotka parut celui de Volterra, se posa le problème de la paternité des équations. Lotka faisait jouer l'antériorité, Volterra argumentait une étude plus approfondie du problème et des solutions plus générales que Lotka. Les deux avaient raison. Le point intéressant est la manière dont se termina ce débat : Lotka envoya à Volterra son ouvrage et son article de 1920. Volterra lui répondit que si les équations du modèle chimique étaient bien similaires, elles n'étaient pas destinées à traiter ce problème proies-prédateurs en particulier et ne représentaient donc qu'une vulgaire analogie. Lotka ne répondit rien à ce sujet dans la suite de sa correspondance. Ce sont finalement deux

une population de proies (X) dont la dynamique dépend d'un taux intrinsèque de croissance et de la densité des prédateurs, et une population de prédateurs (Y) dont la dynamique dépend d'un taux intrinsèque de croissance et de la densité des proies :

$$\begin{aligned}dX/dt &= aX - bXY \\dY/dt &= cXY - dY\end{aligned}$$

Pour ce système d'équations différentielles, on a montré depuis longtemps qu'il existe un point fixe de coordonnées $(a/b ; d/c)$ et que les effectifs des deux populations connaissent des oscillations entretenues caractérisées par une courbe autour du point fixe dans l'espace des phases. Ce n'est que plus récemment, dans les années 1970, que l'on sait que l'introduction dans le modèle de Lotka-Volterra d'une troisième population, soit de proies soit de prédateurs, rend imprévisible la dynamique de l'ensemble du système. En augmentant le nombre des éléments et celui de leurs interactions, un système simple est devenu complexe⁵. Le résultat vaut évidemment pour un nombre supérieur d'espèces.

➤ La bourse

Les comportements des spéculateurs boursiers sont très variés. Certains d'entre eux s'intéressent à la valeur économique des entreprises dont ils détiennent les actifs. D'autres s'intéressent aux comportements psychologiques de leurs semblables et tentent de deviner leur comportement ; leur intérêt est donc de se démarquer de la majorité des détenteurs de titres. Mais, dans le même temps, on observe souvent un mimétisme comportemental. C'est ce mécanisme qui a d'ailleurs été invoqué dans le krach de 1987. D'autres encore, soucieux de sortir du dilemme des anticipations croisées à l'infini *je sais qu'il sait que je sais...* abordent le marché boursier comme gouverné par un mouvement brownien, c'est-à-dire un processus aléatoire, comme l'avait suggéré en 1900 Louis Bachelier dans sa thèse *Théorie de la spéculation*. C'est pour cette raison que les métiers de la finance recrutent depuis une décennie des physiciens, habitués à manipuler ces théories. Si, comme pour plusieurs phénomènes physiques, la dynamique de la bourse s'avérait réellement guidée par des lois particulières (phénomènes critiques auto-organisés), l'existence de krachs serait une simple question de probabilité au cours du temps et il ne serait plus nécessaire d'invoquer tel ou tel mécanisme, simplissime résultat de la non moins simplissime relation de cause à effet.

3.2. Historique

Notre pensée ne peut jamais être trop complexe ou trop simple
Paul Valéry, Introduction à la méthode de Léonard de Vinci

Les idées autour de la complexité se sont diffusées au cours du vingtième siècle à l'intersection de nombreuses théories. Il y eut tout d'abord la découverte de Henri Poincaré à la fin du XIX^{ème} siècle, connue sous la dénomination du « problème des trois corps », selon laquelle il était impossible de prévoir à long terme la trajectoire de trois corps célestes (soleil, terre et lune par exemple) soumis à l'interaction gravitationnelle. La sensibilité aux conditions initiales empêche de suivre leur dynamique bien que les équations qui la régissent soient déterministes. Il en découla la naissance d'une nouvelle branche des mathématiques, l'analyse qualitative, qui ne prétendait plus décrire complètement un système mais se contentait d'apporter une connaissance de ses propriétés générales (Israel 1996).

conceptions de la science qui se sont confrontées ici. Volterra considère que les équations mathématiques doivent être subordonnées à un objet, tandis que Lotka développe déjà l'idée de modèle, bien qu'il se refuse lui-même à parler d'analogie, se contentant de dire qu'il se sert juste des résultats des équations de 1920. Cette controverse apaisée, on parle aujourd'hui des équations de Lotka-Volterra.

⁵ Il ne faut pas se fier à l'apparente simplicité de certains modèles dynamiques. Le système dynamique gouverné par l'équation $x_{t+1} = ax_t(1-x_t)$ a des comportements très différents (état stable, cycles, chaos) selon la valeur du paramètre a . Delahaye (2002) traduit ce type de résultat de la manière suivante : « quand le simple engendre du complexe, c'est que le complexe est déjà caché au départ ».

Les travaux précurseurs sur la complexité se sont enrichis vers les années 1950 grâce aux théoriciens de la cybernétique, de l'information et de l'informatique, parmi lesquels Norbert Wiener, Ross Ashby, Claude Shannon et John von Neumann. C'est à la même époque que la théorie des systèmes est développée. Le biologiste Ludwig von Bertalanffy a entrepris l'énonciation d'une théorie générale des structures organisées, tant biologiques que sociales, basée sur le postulat que « le problème de la science moderne est l'interaction dynamique dans tous les domaines de la réalité » (Von Bertalanffy 1968, p.87). Dans cet esprit, un certain « programme dur » de la systémique visant à décrire de manière unifiée le fonctionnement des ensembles organisés perdurera jusqu'à la fin des années 1970, mais on peut considérer qu'il a partiellement échoué en ne considérant pas la complexité croissante des niveaux d'organisation et les phénomènes d'émergence propres à chacun d'entre eux⁶ (Giordan 1995).

Plus proches de nous, les théories du chaos, de l'auto-organisation, des fractales, les travaux de l'économiste prix Nobel Herbert Simon, du physicien Heinz von Foerster, du biologiste Henri Atlan, du chimiste Ilya Prigogine, du sociologue Edgar Morin, pour ne citer qu'eux, ont permis de renouveler l'approche systémique pour mieux asseoir celle de la complexité moderne (Weinberg 1995).

Si ces glorieux précurseurs ont joué un rôle important, la complexité telle qu'on la conçoit aujourd'hui est plus diffuse et se retrouve dans une multiplicité de travaux, sans qu'elle soit pour autant mentionnée en tant que telle, ce qui est sans doute le meilleur gage de son adoption dans la pratique scientifique. « Trop de gens pensent que les anciens avaient tout inventé » écrivait Paul Valéry (1894, p.63). On peut en effet dater de la décennie 1980⁷, et plus sûrement encore de la décennie 1990, l'acception moderne de la complexité en tant que paradigme unificateur dans la méthode scientifique. Au-delà des changements épistémologiques internes à la science, sa progression effective dépendait en effet aussi d'une puissance de calcul que seuls les ordinateurs récents pouvaient fournir.

3.3. À la source de la complexité : le nombre, l'interaction, l'émergence, l'organisation

*Je vois un animal moins fort que les uns,
moins agile que les autres, mais à tout prendre,
organisé le plus avantageusement de tous*

Jean-Jacques Rousseau,

Discours sur l'origine de l'inégalité parmi les hommes

Les nombreux phénomènes ayant à voir avec la complexité peuvent-ils être regroupés sous des caractéristiques communes, est-il possible d'aller plus loin dans leur description que leur trouver simplement un « air de famille » ? Si une réponse définitive et tranchée est évidemment impossible à donner aujourd'hui, il est néanmoins possible de dégager quelques propriétés à la source de la complexité. C'est ainsi que peuvent être identifiés le nombre, l'interaction, les niveaux d'organisation, l'émergence.

Les systèmes complexes contiennent le plus souvent un grand nombre de composantes. Nous avons vu dans le cas de la dynamique des populations proies-prédateurs que la complexité naissait dès l'introduction d'une troisième population. Mais le résultat important apparu dans les années 1970 est que, contrairement à ce que l'on avait pensé jusqu'alors, un écosystème est d'autant plus instable

⁶ Ceci ne doit absolument pas réfuter la validité de l'approche systémique dans son ensemble. De nombreuses contributions s'en réclamant s'inscrivent dans l'acception contemporaine de la complexité.

⁷ « Durant les années 1980, un paradigme général commença d'émerger des « nouvelles sciences de la complexité ». Il était épistémologiquement bien étayé et réellement transdisciplinaire. Il a pris corps avec les recherches des sciences de la vie (théorie des systèmes auto-organisés), des sciences de la nature (théorie du chaos), des sciences de l'ingénierie (théories des réseaux, intelligence artificielle et conception), des sciences de l'homme (théories de la cognition et herméneutique) et avec les sciences sociales (philosophie pragmatique) » (Le Moigne 1995b, p.479)

qu'il comprend un nombre élevé d'espèces⁸. Aujourd'hui, on estime ainsi à 90% le nombre d'espèces qui ont disparu en même temps que les dinosaures. Per Bak (1999) montre l'intérêt du basculement de paradigme qui consiste à abandonner l'idée de la simple causalité linéaire pour considérer ces extinctions massives comme inhérentes à la dynamique interne des lois de l'évolution. Point n'est alors besoin d'invoquer l'hypothèse très controversée de la météorite qui s'est abattue sur la terre, hypothèse archétypale de la démarche « une cause un effet ».

Une autre constante que l'on retrouve dans les systèmes complexes sont les interactions auxquelles sont soumis ses constituants. Plus que la structure interne de ces derniers, c'est la manière dont ils interagissent qui constituerait le principe de base de la dynamique commune des systèmes complexes. Évoquant des rétroactions, des régulations, des contrôles, la variété des interactions entre éléments primaires d'un système se combine avec les interactions entre ces divers éléments et le tout, et celles entre le tout et son environnement (Giordan 1995). Les effets imprévisibles qui en résultent indiquent la différence entre un système complexe et un système compliqué, comme l'est un mécanisme d'horlogerie de précision par exemple⁹.

Ce qui distingue la complication de la complexité est sans doute la notion de niveau d'organisation. Dans un système complexe, le passage d'un niveau d'organisation à un autre est primordial. Des quarks aux atomes, des molécules aux cellules, des organes aux individus, des sociétés humaines à l'ensemble de la planète, à chaque niveau on peut détecter des propriétés différentes du précédent. Ceci est dû à l'augmentation de la combinatoire des interactions, qui ne se limitent plus à faire entrer en contact des éléments primaires mais une hiérarchie de ses éléments et de systèmes imbriqués. « Plus s'accroissent la diversité et la complexité des phénomènes et interactions, plus s'accroissent la diversité et la complexité des effets et transformations issues de ces interactions » écrit Morin (1977, p.51). Pour Diebolt (2002) c'est justement cette émergence de nouvelles propriétés consécutives aux interactions et à leur récursivité qui constitue un dénominateur commun fort des systèmes complexes.

Finalement, cette émergence de nouvelles propriétés issues de l'interaction est-elle autre chose que l'émergence d'une nouvelle forme d'organisation ? Pour Morin (1977, p.130), l'organisation n'est pas pensable sans le paradigme de la complexité. Elle est le concept central qui relie l'idée d'interaction à celle de système : « elle lie, transforme les éléments en un système, produit et maintient ce système ».

3.4. Difficulté de définir la complexité

Tout devrait être aussi simple que possible. Mais pas trop
Albert Einstein

Les quelques illustrations de la complexité fournies précédemment montrent sa généralité tandis, qu'en même temps, quelques points communs semblent en émerger. Cette dualité généralité/spécificité se retrouve dans la difficulté de donner de la complexité une définition formelle et précise. Sans que l'on sache si c'est à cause de la jeunesse du concept ou bien pour des raisons cognitives plus fondamentales, plusieurs auteurs insistent sur notre inaptitude à définir la complexité.

⁸ Et de manière plus générale : « un système complexe, c'est-à-dire un système composé de plusieurs sous-systèmes interagissant fortement, a plus de chances d'avoir une évolution temporelle compliquée qu'un système simple » (Ruelle 1991, p.111).

⁹ La complexité dont nous parlons ici est donc à distinguer de ce qu'on appelle la complexité algorithmique. La complexité algorithmique ou complexité de Kolmogorov d'un objet fini est la taille du plus petit programme engendrant cet objet. La complexité de la suite $s_1=0,3333333...$ est faible car elle s'énonce simplement de la manière suivante : « zéro virgule une infinité de trois ». Celle de la suite $s_2= 52,19822830149657031674...$ est maximale car elle ne peut pas se résumer à une description plus simple que l'énoncé complet de l'ensemble de ses chiffres. La complexité algorithmique est au cœur des systèmes de compression de données. Dans un système informatique, la compression des données se fait grâce au repérage de régularités statistiques que l'on trouve dans un texte ou dans une image. Dans une image, à côté d'un point (pixel) rouge, il y a une probabilité plus forte qu'il y ait un autre point rouge plutôt qu'un point vert. Dans un texte en langue française, la probabilité que la lettre qui suit un « q » soit un « u » est élevée. Plus les irrégularités et l'aléatoire se glissent dans un texte ou dans une image, moins la compression sera efficace et plus la complexité algorithmique sera grande.

« Il semble que le cerveau humain n'ait pas développé un langage adapté à la manipulation du concept de phénomène complexe » écrit Bak (1999, p.139). Ou alors, de manière plus provocante encore, Dupuy nous dit qu'« à première vue, il pourrait paraître paradoxal que des scientifiques parlent de complexité, puisque celle-ci désigne quelque chose que l'on ne comprend pas : s'ils parlent tant de la complexité, serait-ce parce qu'ils ne comprennent pas ce qu'ils font ? » (Pessis-Pasternak 1991, p.106). Le découvreur des quarks, le physicien Prix Nobel Murray Gell-Mann n'est pas plus optimiste quant à cette entreprise : « Qu'entend-on réellement par les termes opposés de simplicité et de complexité ? En quel sens la gravitation einsteinienne est-elle simple alors qu'un poisson rouge est complexe ? Ce ne sont pas là des questions faciles – définir « simple » n'est pas simple. Il est probable qu'aucun concept de complexité puisse à lui seul saisir les notions intuitives de ce que devrait signifier le mot » (Gell-Mann 1995, p.45). En témoignent la diversité des définitions que l'on en trouve :

« Complexité : ce n'est pas tant la multiplicité des composants, ni même la diversité de leurs interrelations, qui caractérisent la complexité d'un système : tant qu'ils sont pratiquement et exhaustivement dénombrables on sera en présence d'un système compliqué (ou hypercompliqué), dont un dénombrement combinatoire pourrait permettre de décrire tous les comportements possibles (et par là de prédire son comportement effectif à chaque instant dès que la règle ou le programme qui les régit est connu). [...] C'est l'imprévisibilité potentielle (non calculable a priori) des comportements de ce système, liée en particulier à la récursivité qui affecte le fonctionnement de ses composants [...], suscitant des phénomènes d'émergence certes intelligible mais non toujours prévisibles. Les comportements observés des systèmes vivants et des systèmes sociaux fournissent d'innombrables exemples de cette complexité » (Diebolt 2002, p.1).

Complexité : « difficulté liée à la multiplicité des éléments et à leurs relations » (Petit Robert 1996).

« La systémique concerne surtout l'étude des systèmes reconnus comme trop complexes pour pouvoir être efficacement abordés par des méthodes classiques. [...] La systémique a pour *but* l'appréhension de ces systèmes, dans tous les domaines où se posent des problèmes de frontière, d'interdépendance, de cohérence, d'organisation, de structure... » (Le Gallou 1992, p.3).

« Qu'est-ce que la complexité ? Au premier abord, la complexité est un tissu (*complexus* : ce qui est tissé ensemble) de constituants hétérogènes inséparablement associés : elle pose le paradoxe de l'un et du multiple. Au second abord, la complexité est effectivement le tissu d'événements, actions, interactions, déterminations, aléas, qui constituent notre monde phénoménal. Mais alors la complexité se présente avec les traits inquiétants du fouillis, de l'inextricable, du désordre, de l'ambiguïté, de l'incertitude... D'où la nécessité, pour la connaissance, de mettre de l'ordre dans les phénomènes en refoulant le désordre, d'écarter l'incertain, c'est-à-dire de sélectionner les éléments d'ordre et de certitude, de désambiguïser, clarifier, distinguer, hiérarchiser... » (Morin 1990, p.21).

« Je n'entreprendrai pas la définition formelle des « systèmes complexes ». En gros, j'entends par système complexe un système fait d'un grand nombre d'éléments qui interagissent de façon complexe. Dans un tel système, le tout est plus que la somme des parties, non pas en un sens métaphysique, mais au sens fort et pragmatique. Étant donné les propriétés des parties et les lois de leurs interactions, l'inférence des propriétés du tout n'est pas une question triviale » (Simon 1969, p.172).

« On a proposé de nombreuses définitions générales et quantitatives pour la complexité, mais au vu de leur piètre succès, nous pouvons nous permettre de la considérer tout simplement comme de la variabilité » (Bak 1999, p.18).

« En se tenant aux diverses notions de complexité qui interviennent dans le contexte de la modélisation mathématique, il est assez juste de dire qu'elles partagent une caractéristique commune : le terme de complexité désigne des situations et des objets (systèmes, modèles, etc.)

qui contiennent *un nombre très élevé de composantes* et présentent *un nombre très élevé d'interactions* entre ces composantes, ou qui sont irréductibles (ou très difficilement réductibles) à des composantes dont les interactions soient clairement définies » (Israel 1996, p.268).

« Un système complexe est, par définition, un système que l'on tient pour irréductible à un modèle fini, aussi compliqué, stochastique, sophistiqué que soit ce modèle, quelle que soit sa taille, le nombre de ses composants, l'intensité de leurs interactions... La notion de complexité implique celle d'imprévisible possible, d'émergence plausible du nouveau et du sens au sein du phénomène que l'on tient pour complexe. [...] La complexité n'est peut-être pas une propriété naturelle des phénomènes. Nul ne sait si les abîmes de l'âme humaine ou les processus de propagation de l'énergie électrique ne sont pas totalement « prévisibles » par une intelligence naturelle ou artificielle ; peut-être le sont-ils, et ces phénomènes que nous tenons communément pour complexes, ne devraient alors être tenus que pour compliqués. Hypercompliqués peut-être, mais pas complexes, puisque certainement déterminés » (Le Moigne 1990, p.3).

Certains auteurs se risquent cependant à donner des définitions plus circonscrites de la complexité mais en se faisant, ils en perdent la richesse du concept général (Israel 1996). C'est pourquoi une définition de la complexité ne peut être que beaucoup plus vaste et s'appliquer à l'ensemble des disciplines scientifiques. Cependant, étant donné le fort cloisonnement entre les disciplines et leur autonomie méthodologique, Per Bak se demande « quelle pourrait être l'utilité d'un résultat général, puisque chaque science fonctionne de manière satisfaisante à l'intérieur de son propre domaine » (Bak 1999, p.20). N'est-il pas préférable alors de considérer la complexité comme une méthode, un point de vue scientifique ?

3.5. Un nouveau paradigme ?

*Ce qui doit être combattu, c'est la simplification arrogante,
qui occulte l'être et l'existence au profit de la seule formalisation,
qui réduit les entités globales à leurs éléments constitutifs,
qui croit avoir isolé un objet de son environnement et de son observateur,
alors que c'est impossible. Je ne pose pas un « système de complexité »,
je pose le problème incontournable de la « complexité »*
Edgar Morin

On peut attribuer à la complexité en tant que paradigme un certain nombre d'assertions décrivant la systémique¹⁰ : elle n'est ni une science, ni une théorie ni une discipline, mais une méthode, une manière de voir, de poser les problèmes, d'organiser la connaissance (De Rosnay 1975, Le Gallou 1992). Cette vision peut même être élargie à celle d'un état d'esprit scientifique, qui au-delà d'une méthode, se nantit d'une panoplie de méthodes (Lapierre 1992). Weinberg (1995) voit dans la complexité « une boîte à outils riche de plusieurs instruments de pensée ».

L'approche complexe autorise la transgression des frontières scientifiques. En mobilisant plusieurs critères dans l'étude d'un problème, elle autorise à prendre en considération plusieurs points de vue, ce qui constitue pour Legay (1999) une véritable révolution épistémologique. La pluridisciplinarité devient alors un atout de l'approche complexe.

Un autre changement épistémologique dans la démarche scientifique apporté par la complexité est l'abandon de l'idée de la prédiction. Dans de nombreux domaines – celui de la météorologie est le plus fameux – il est maintenant clairement admis que les progrès en matière de prédiction ne seront pas indéfinis et ce, non pas pour des limites de calcul ou de degré de connaissance des phénomènes,

¹⁰ Jean-Louis Lemoigne (1990, p.165) mentionne qu'Edgar Morin propose volontiers d'appeler le paradigme systémique le « paradigme de la complexité ».

mais de par la nature même de ces derniers, gouvernés le plus souvent par des équations non linéaires et présentant une sensibilité aux conditions initiales.

3.6. L'approche constructiviste, la modélisation

Le monde est à l'intérieur de notre esprit, lequel est à l'intérieur du monde

Edgar Morin

Alors que depuis des décennies les mathématiciens et les physiciens se demandent s'ils découvrent ou s'ils inventent les lois du monde qu'ils décrivent, les penseurs contemporains de la complexité sont davantage enclins à se situer dans une perspective constructiviste de la science (von Foerster in Pessis-Pasternak 1991 ; Morin in Pessis-Pasternak 1991 ; Le Moigne 1995a). La complexité est dans le regard de l'observateur, c'est lui qui décide d'attribuer cette propriété à son objet d'étude, sans pour autant être obligé de croire à l'existence naturelle d'une telle propriété. Si ce choix de la complexité est effectué, c'est parce que l'observateur ne perçoit pas son objet d'étude comme réductible à un modèle unique mais au contraire qu'il en postule « l'intelligible imprévisibilité comportementale potentielle » (Avenier 1992, p.405)¹¹.

Mais comment opérer cette intelligibilité du complexe ? Par la modélisation (Le Moigne 1990, Parrochia 1990). L'épistémologie constructiviste de la complexité est directement liée à une certaine démarche contemporaine de modélisation qui insiste davantage sur la manière de poser le problème que de le résoudre. « Il faut apprendre à résoudre le problème qui consiste à poser le problème » écrit Le Moigne (1990, p.66). Et cette manière de poser un problème complexe est loin d'être unique. Il y a dans la démarche de la modélisation un abandon de la démarche du *one best way* au profit de la volonté du modélisateur de s'intéresser à une problématique particulière, à la fois source et résultat du modèle. « La modélisation mathématique est précisément une forme d'activité scientifique qui a renoncé *a priori* à rechercher « une seule » vérité ou l'essence objective de la réalité, au profit de vérités partielles. Elle se limite (mais s'agit-il d'une limite ?) à parcourir le nombre infini de niveaux possibles de compréhension de cette réalité » écrit à ce sujet Israel (1996, p.334).

L'accent mis sur la modélisation en tant que représentation des phénomènes complexes montre bien que l'approche de la complexité ne se substitue pas à l'approche classique de la science, dont les méthodes de résolution de problèmes ont largement fait leurs preuves et continuent évidemment d'être parfaitement valides. Certains auteurs ont mis en garde contre « l'inflation médiatique prématurée » qui consisterait à dire que la science traditionnelle laisse la place à une nouvelle science (Lévy-Leblond in Pessis-Pasternak 1991, pp.169-170). Approches de la complexité et approches traditionnelles restent parfaitement complémentaires, les premières pouvant éventuellement devenir fédératrices en faisant appel aux secondes dans la résolution de problèmes complexes.

Pour résumer, deux acceptions de la complexité peuvent être identifiées aujourd'hui. La première est celle qui permet de décrire des phénomènes physiques et biologiques dont la dynamique est complexe et d'en aborder la résolution grâce à un ensemble de méthodes bien identifiées (analyse qualitative des équations différentielles, attracteurs étranges, théorie du chaos et des bifurcations, théorie des fractales, théorie des catastrophes), cette liste n'étant ni exhaustive ni définitive. La seconde acception

¹¹ Paul Valéry fait l'éloge de cette démarche constructiviste de la découverte fondée sur la volonté et la conscience, là où d'autres auteurs mettent en avant l'intuition ou l'instinct : « Celui qui n'a jamais saisi, fût-ce en rêve ! le dessein d'une entreprise qu'il est le maître d'abandonner, l'aventure d'une construction finie quand les autres voient qu'elle commence, et qui n'a pas connu l'enthousiasme brûlant une minute de lui-même, le poison de la conception, le scrupule, la froideur des objections intérieures et cette lutte des pensées alternatives où la plus forte et la plus universelle devrait triompher même de l'habitude, même de la nouveauté, celui qui n'a pas regardé dans la blancheur de son papier une image troublée par le possible, et par le regret de tous les signes qui ne seront pas choisis, ni vu dans l'air limpide une bâtisse qui n'y est pas, celui que n'ont pas hanté les vertiges de l'éloignement d'un but, l'inquiétude des moyens, la prévision, des lenteurs et des désespoirs, le calcul des phases progressives, le raisonnement projeté sur l'avenir, y désignant même ce qu'il ne faudra pas raisonner *alors*, celui-là ne connaît pas davantage, quel que soit d'ailleurs son savoir, la richesse et la ressource et l'étendue spirituelle qu'illumine le fait conscient de *construire* » (Valéry 1894, pp.46-47).

de la complexité est plus large. Elle se réfère à la manière d'accéder à la connaissance d'un phénomène que l'observateur décide de décréter « complexe ». Les méthodes utilisées présentent alors une variabilité plus forte. C'est cette acception que l'on retrouve le plus communément dans les sciences sociales. Nanti de cette grille de lecture, nous allons voir maintenant comment le programme de recherche 4D intègre ces dimensions.

4. Population et environnement : le programme 4D

Le programme de recherche 4D « Dynamique démographique et développement durable »¹² étudie les liens entre les dynamiques démographiques, économiques et l'utilisation du milieu naturel. La zone d'étude se situe dans les Hautes Terres malgaches. Plus précisément, il s'agit de neuf *fokontany*¹³ de la Commune d'Ampitatafika, sur la RN7 à mi-chemin d'Antsirabe et de la capitale Antananarivo, peuplés de 1621 ménages. La riziculture y est l'activité dominante.

Dès la conception du programme, le choix a été fait de se porter sur une approche très fine des relations population-environnement, au risque de ne pas être représentatif pour d'autres régions. En revanche, la méthode reste transposable. Le protocole de recherche reste assez simple mais a été monté de manière à ce que les recommandations des différents textes et recherches passés issus de ce que nous avons appelé le « paradigme de la complexité » soient rendues effectives et opérationnelles. Détaillons quelques points importants en ce sens¹⁴.

Interdisciplinarité

Les membres du collectif recherche 4D, incluant des chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants et techniciens de recherche, couvrent les disciplines suivantes : démographie, économie, sociologie, géographie, statistique, agronomie. L'enquête menée en 2003 (Enquête Référence) sur les 1621 ménages couvraient un vaste ensemble de comportements, pratiques et perceptions dans les sphères démographique, économique, sociologique, agricole, gestion des ressources. Le questionnaire administré était composé d'une quarantaine de pages.

Echelles

La question des échelles est centrale, aussi bien pour comprendre à quels niveaux se prennent les décisions (individu, ménage, famille, *fokontany* etc.) que pour l'analyse des phénomènes du point de vue des chercheurs. C'est pourquoi l'Enquête Référence qui ne donnait que des résultats chiffrés a été couplée à des investigations de terrain. Chacun, dans sa spécialité, a mené des entretiens auprès de 20-30 individus, pour mettre en exergue la finesse des processus.

Espace

Dans un milieu rural et agricole d'un pays en développement, l'espace est une variable clé dans l'étude du développement durable. Celui-ci a été pris en compte de manière précise par localisation GPS (*Global Positioning System*) de l'habitat et des points de référence. Des cartes topographiques et des photographies aériennes ont été acquises. Pour une généralisation du suivi, il aurait été idéal de disposer d'images satellitaires mais l'exiguïté des parcelles nécessiterait des images très hautes résolutions, encore très chères. L'ensemble des informations est contenue dans une base de données géoréférencées.

¹² Les partenaires de recherche sont : Institut de Recherche pour le Développement (IRD, UMR 151 LPED), Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo (ESSA, Madagascar), Institut Catholique de Madagascar (ICM, Madagascar), Institut National de la Statistique (INSTAT, Madagascar), Laboratoire FORUM, Université Paris-X (France), Laboratoire POPINTER, Université Paris-V (France), Ministère de la Population (Madagascar), PACT Madagascar (Madagascar).

¹³ Equivalent de « village » ou « hameau ».

¹⁴ Pour plus de détails : <http://www.ird.mg/4d>

Théories

Quelques assertions sont testées pour voir la portée des arguments malthusiens. « Ce sont les ménages les plus pauvres qui ont le plus d'enfants » (théorie micro démo-économique standard) vs « La pauvreté extrême peut être un obstacle à la survie de nouveaux enfants et donc les pauvres limiteraient davantage leur descendance » (théorie du malthusianisme de pauvreté) ; « Parce qu'ils ont une vision à court terme, les pauvres dégraderaient davantage l'environnement naturel » (théorie néo-malthusienne) vs « En adoptant des stratégies de pluriactivité, les pauvres diminueraient la pression sur l'environnement » (théorie néo-boserupienne) ; « Une population nombreuse ou dense serait plus encline à dégrader l'environnement naturel » (théorie malthusienne) vs « Une population nombreuse ou dense serait plus encline à préserver l'environnement naturel » (théorie boserupienne).

Modélisation

Après la compréhension de processus, notamment ceux liés à la gestion de l'eau, une phase de modélisation comparative est prévue. Il s'agit de voir la pertinence d'outils de modélisation générique que sont la théorie des jeux spatialisés, les systèmes multi-agents et l'analyse dynamique spatiale par SIG (*Système d'Information Géographique*). Cette comparaison, peu habituelle, sera l'occasion de voir si ces outils peuvent dépasser le statut de modélisation d'accompagnement ou modélisation heuristique et voir dans quelles conditions ils pourraient servir d'aide à la décision.

Interface agricole

L'hypothèse de travail retenue est qu'en situation de pauvreté, le risque et l'incertitude sont moteurs dans les comportements des familles, dans tous les domaines de la vie. La réduction de cette incertitude passe donc par des stratégies démographiques et d'utilisation des ressources naturelles qui viennent renforcer une montée en puissance des stratégies économiques de pluriactivité. La majorité des relations entre variables démographiques et variables d'utilisation du milieu naturel sont médiatisées par les variables économiques, incluant celles ayant trait au système de production agricole.

On trouvera des résultats de recherche sur le site web actualisé du programme (<http://www.ird.mg/4d>).

Conclusion

S'il fallait synthétiser les sections précédentes, nous dirions que dans l'étude des relations population-environnement, les schémas simplistes et mécaniques, qu'ils soient d'obédience malthusienne ou boserupienne ont sans doute des vertus explicatives à des échelles de temps et d'espace très vastes mais sont en général d'un recours assez limité lorsqu'il s'agit de faire une analyse sur des territoires ou des laps de temps plus limités que ce soit dans une optique de recherche, de recherche-action ou de développement. Le passage du micro au macro, invoquant là encore le temps et l'espace, reste alors la grande question à résoudre, mais ceci n'est pas spécifique à la relation population-environnement, elle hante en effet quasiment toutes les disciplines et les champs scientifiques.

Cette mise en garde contre ces grands schémas théoriques ne signifie pas qu'il faille dénier tout rôle actif à la variable démographique dans la dynamique de l'environnement ; ce serait, comme disait Malthus, « renverser l'arc dans l'autre sens à force de vouloir trop le recourber ». Il s'agit simplement de faire la part des choses et de s'intéresser à un ensemble plus vaste de variables et à leurs interactions. Cinq idées essentielles nous paraissent alors devoir être distinguées.

Responsabilisation

Le principe selon lequel c'est la croissance démographique qui a l'impact le plus fort sur la dégradation de l'environnement renvoie à celui d'une responsabilité diluée de la crise

environnementale au sein de la population, excluant d'emblée les décideurs politiques et économiques de cette dynamique conjointe. En clair, la démographie ne peut pas toujours servir de bouc émissaire. Comme le mentionnait Véron (1993 : p.123) : « Reconnaître la complexité des relations entre la population et le développement, c'est renoncer à réduire le débat scientifique à l'examen de quelques relations mécaniques supposées tout autant que prouvées et c'est aussi se garder de rendre la population responsable de crises qu'elle subit largement autant qu'elle engendre ». En renonçant à cette hégémonie démographique dans les problèmes d'environnement, on doit se déplacer dans d'autres sphères.

Elargissement de la sphère d'étude

En « déchargeant » la population d'une part de sa responsabilité dans les problèmes environnementaux, on peut plus facilement s'intéresser à d'autres aspects. Le corollaire scientifique du point précédent est donc une extension des recherches vers d'autres variables, économiques, sociales, anthropologiques, politiques, agronomiques etc. La question du foncier est par exemple fondamentale.

Nouvelles méthodes de recherche (d'expertise, de développement...)

La reconnaissance de la complexité de la relation population-environnement doit s'accompagner d'une évolution des modes d'analyse et de description des phénomènes. Interdisciplinarité, détermination des échelles, prise en compte de l'espace, modélisation... sont quelques concepts-clés à intégrer. Ceci n'est pas simple, Legay (1999 : p.64) voit ainsi dans l'étude de cette thématique population-environnement « un des meilleurs exemples contemporains qu'on puisse donner des nécessaires changements dans nos habitudes épistémologiques ».

Etude plus fine de la « démographique »

Nous avons signalé que le rôle exact des variables démographiques n'était que rarement spécifié dans les études population-environnement. On ne sait généralement pas à quoi correspond concrètement la « pression démographique ». Pour rendre toute sa richesse au rôle des variables démographiques, il convient là encore évidemment de bien les identifier mais aussi de savoir à quels niveaux les observer. Pour étudier les interrelations entre la population et l'environnement dans toute leur complexité, plusieurs auteurs ont réfléchi sur la pertinence du niveau d'analyse. C'est ainsi que Ribeyre (2003) propose une « écologie familiale » et s'intéresse davantage aux activités familiales, Carr (2004) recommande de prendre en compte le cycle de vie familial, Picouet (1993) mentionne que dans les pays du Sud, l'exploitation agricole reste une unité décisionnelle majeure. Là encore, une bonne connaissance du terrain et de la problématique doit servir à déterminer la meilleure unité d'analyse.

Multiplication des études

Faute d'expérimentation possible dans l'étude des interactions population-environnement, la multiplication des recherches et leur comparaison reste l'outil le mieux adapté à une meilleure compréhension de ces dynamiques croisées. C'est en ce sens que le paradigme de la complexité semble s'imposer à la lueur d'un corpus de travaux en pleine expansion.

Bibliographie

Auclair L., Gubry P., Picouet M., Sandron F., 2001, *Régulations démographiques et environnement*, IRD-LPE-CEPED, Études du CEPED, n°19, Paris, 284 p.

- Boserup E., 1965, *Evolution agraire et pression démographique*, Trad. Fr. (1970), Flammarion.
- Boserup E., 1976, « Environment, population and technology in primitive societies », *Population and Development Review*, vol.2, n°1, pp.257-270.
- Carr D.L., 2004, « Proximate population factors and deforestation in tropical agriculture frontiers », *Population and Environment*, vol.25, n°6, pp.585-612.
- Commoner B., 1991, « Croissance démographique rapide et pression sur l'environnement » in Tapinos G., Blanchet D., Horlacher D.E. (eds.), *Conséquences de la croissance démographique rapide dans les pays en développement*, INED, Paris, pp.145-175.
- De Souza R.-M., Williams J.S., Meyerson F.A.B., 2003, « Critical links: population, health and the environment », *Population Bulletin*, vol.58, n°3, 42p.
- Domenach H., Picouet M., 2000, *Population et environnement*, PUF, Collection Que-Sais-Je?, n° 3556, Paris, 128p.
- Ehrlich P.R., *The Population Bomb*, Ballantine Books Inc., New York, 1968, 152p.
- Hunter L.M., 2000, « The environmental implications of population dynamics », *Population Matters*, RAND Publications, MR-1191-WFHF/DLPP/RF, 120p.
- Le Bras H., *Les limites de la planète. Mythes de la nature et de la population*, Flammarion, Paris, 349p.
- Legay Jean-Marie, 1999. « L'évaluation scientifique d'objets de recherche complexes relève-t-elle d'une situation épistémologique nouvelle ? », *Natures, Sciences, Sociétés*, vol.7, n°2, pp.60-64.
- Mathieu P., 1998, « Population, pauvreté et dégradation de l'environnement en Afrique : fatale attraction ou liaisons hasardeuses ? », *Natures, Sciences, Sociétés*, vol.6, n°3, pp.27-34.
- Rapport Meadows, 1972, *Halte à la croissance*, (trad.fr), Fayard, Paris.
- Nations Unies, 2001, *World population monitoring*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/203, New York, 80p.
- Ostrom E., 1990, *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*, Cambridge University Press, Cambridge, 270p.
- Pavé A., 1997, « Environnement et développement : approches scientifiques, structuration du domaine et coévolution des recherches », *Natures, Sciences, Sociétés*, vol.5, n°1, pp.50-63.
- Pebley A., 1998, « Demography and the environment », *Demography*, vol.35, n°4, pp.377-389.
- Picouet M., 1993, « La pression démographique et l'environnement », *Ecodécision*, Septembre, pp.70-74.
- Picouet M., Boissau S., Brun B., Romagny B., Rossi G., Sghaier M., Weber J., 2004, « Le renouvellement des théories population-environnement », in Picouet M., Ghaier M., Genin D., Abaab A., Guillaume H., Elloumi M., *Environnement et sociétés rurales en mutation. Approches alternatives*, IRD Editions, Paris, pp.17-43.
- Picouet M., Sandron F., 2002, « L'impact de la croissance démographique sur le développement : évolution d'une idée », in Martin J.-Y. (ed.) *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations*, IRD Editions, Paris, pp.205-223.

Ribeyre F., 2003, « Pour une écologie familiale. Fondements et finalités », *Natures Sciences Sociétés*, vol.11, .169-173.

Simon J., 1985, *L'homme, notre dernière chance*, PUF.

Tabah L., 1995, « Les interrelations population-environnement-développement : état de la question et perspectives » in Clarke J.I., Tabah L. (eds.), *Population-Environment-Development-Interactions*, CICRED, Paris, pp.33-65.

Tabutin D., Thiltgès E., 1992, « Relations entre croissance démographique et environnement. Du doctrinal à l'empirique », *Revue Tiers Monde*, vol.33, n°130, pp.273-294.

Tiffen M., 1993, « Productivity and environmental conservation under rapid population growth : a case of Machakos District », *Journal of International Development*, vol.5, n°2, p.207-223.

Véron J., 1993, « Population et développement : théories partielles ou théories partiales ? », in Hubert G. (ed.), *Intégrer population et développement*, Chaire Quételet 1990, Academia/L'Harmattan, Louvain-la-Neuve, Paris, pp.117-124.

Fait à Antananarivo le 30 mai 2005

La collection Travaux et Documents a pour objet de faire connaître et de diffuser les travaux et résultats des chercheurs, étudiants et stagiaires du collectif de recherche *4D*. Le programme *4D* étudie les interactions entre population, environnement et développement dans les Hautes Terres malgaches.

Pour plus de renseignements

Téléphone : (261 20) 22 272 80

Email : 4d@ird.mg

Site web : www.ird.mg/4d

Résumé

Dans les études sur le développement durable, la démographie fait figure de parent pauvre. La variable démographique, à Madagascar comme ailleurs, est souvent présentée comme étant la cause première voire unique de la pauvreté et de la dégradation de l'environnement. Elle est alors considérée comme une variable exogène au système. Cette vision néo-malthusienne a longtemps prévalu et n'a été contestée que par une théorie concurrente élaborée par Ester Boserup pour qui, au contraire, la croissance démographique est le moteur de l'innovation agricole.

A partir de la fin des années 1980, lorsque les chercheurs se sont penchés de manière plus précise sur des études de cas, il s'est avéré que les relations entre la démographie et l'environnement ne pouvaient pas se contenter d'être appréhendées en simples termes malthusiens ou boserupiens. Le concept de « développement durable » proposé en 1987 par le rapport Bruntland et vulgarisé par le Sommet de la Terre de Rio en 1992 intégrait justement ces dimensions plus complexes.

C'est ce paradigme de la complexité que nous présentons ici, d'abord dans ses aspects généraux, puis en exposant la manière dont il a servi de support de réflexion à la conception de la méthodologie du programme de recherche *4D*.