

Congrès international de la population

Tours, 18-23 juillet 2005

Séance 6.

« Environnement, climat et population »

Les méthodes d'analyse de la relation entre population et environnement : des nombres aux systèmes

Anne-Marie CODUR* et Jacques VERON**

La récente catastrophe du Tsunami a mis l'accent sur la vulnérabilité des populations humaines à des accidents écologiques imprévisibles. La couverture médiatique qui en a été faite jour après jour a martelé le bilan du nombre de morts dans un crescendo macabre s'élevant à près de 300,000 victimes. Le poids du quantitatif en la matière a pu faire passer en arrière plan la réalité sociale qui a conduit à de telles pertes humaines : la marginalisation de populations repoussées sur le littoral, et s'y établissant dans la précarité, là où les terres sont gratuites, a contribué à un fort accroissement des densités en bord de mer dans les dernières décennies. Cette catastrophe dite « naturelle » a donc aussi des origines humaines au sens où le bilan des morts et des destructions est directement fonction d'une organisation socio-économique qui a conduit à un accroissement de la présence humaine dans des zones à risque. Passer des nombres aux structures et systèmes socio-économiques et politiques qui leur sont sous-jacents est une démarche qui nous paraît nécessaire et même essentielle pour rendre compte de la complexité du lien entre dynamique des populations humaines et environnement, qu'il soit naturel ou non.

La prise de conscience de cette complexité de la relation population-environnement a donné lieu récemment à un essai de classification systématique permettant de rendre compte de la grande diversité des approches scientifiques qui relèvent de ce champ (Lutz et al., 2002). Nous nous inscrivons ici dans cette recherche de méthodes d'analyse de la relation

* University of the Middle East Project

** Institut national d'études démographiques (INED).

population-environnement plus appropriées que celles qui ont longtemps prévalu. Nous faisons le choix d'aborder ce sujet au travers d'une fenêtre épistémologique particulière, celle du passage des *nombres* aux *systèmes*. Nous proposons une piste permettant aussi de dépasser une vision seulement quantitative de la relation entre population et environnement.

Dans une première partie, nous présenterons une typologie des approches de la relation population-environnement, fondée sur une dichotomie nombres-systèmes. Dans une seconde partie, nous privilégierons une démarche systémique d'analyse de cette relation, en identifiant les échelles spatiales et temporelles pertinentes pour rendre compte des comportements et stratégies des différents acteurs. Le cadre d'analyse « action – rétroaction – réaction » sera proposé et discuté. A l'*action* que nous concevons comme l'effet de la population sur l'environnement succède une *rétroaction* environnementale susceptible de donner lieu à une réponse sociétale d'adaptation, la *réaction*. Nous verrons que l'on peut traiter l'exemple du Tsunami comme un cas particulier de cette séquence.

I. Typologie des approches de la relation population-environnement

La grande diversité des méthodes d'analyse de la relation population-environnement provient en premier lieu des différences conceptuelles et épistémologiques de traitement des termes « population » et « environnement ».

Qu'entend-on par population? Un nombre, une structure, ou un système complexe? De même, qu'entend-on par environnement? Quelques ressources quantifiables envisagées séparément l'une de l'autre? Ou bien des écosystèmes dans toute leur complexité?

Des nombres aux systèmes

Les chercheurs en sciences de la vie et de la nature, qui élaborent des approches très raffinées de la complexité des écosystèmes, ont souvent eu tendance à considérer un « effet population » simple, la vision réductrice pouvant se limiter à la prise en compte d'un seul nombre, la taille de la population ou son taux de croissance. Or, nombreuses sont les approches de la relation population-environnement qui ont dû leur cadre d'analyse originel aux sciences de la vie et de la nature.

A l'inverse, et de manière symétrique, les spécialistes des sciences humaines et sociales qui envisagent les sociétés humaines dans toute leur complexité organisationnelle, culturelle, sociale, économique, politique et institutionnelle, ont accordé peu d'attention aux changements écologiques et environnementaux liées aux dynamiques des populations étudiées, *a fortiori* ils se sont rarement penchés sur les rétroactions d'ordre écologique de changements démographiques. Si l'on fait abstraction des écrits des grands auteurs classiques tels qu'Adam Smith ou John Stuart Mill par exemple, on doit admettre que les disciplines

relevant des sciences humaines et sociales se sont intéressées très tardivement aux problèmes environnementaux. La nature et l'environnement n'ont aussi pu être appréhendés que sous l'angle de leur utilité aux activités humaines, comme l'a en particulier montré René Passet (Passet, 1979). Cette acception utilitariste de la nature a conduit à privilégier l'analyse du lien entre population et « ressources naturelles »¹.

Selon que l'on conçoive le facteur population comme un simple indicateur quantitatif ou comme un système complexe aux multiples aspects, sociaux, économiques, culturels, politiques, institutionnels, selon que l'on considère le « monde naturel » comme un ensemble d'atteintes écologiques particulières et d'effets considérés de manière isolée ou comme un système complexe d'écosystèmes en interaction, on aboutit évidemment à des visions très différentes de la relation population-environnement.

Une typologie des approches de la relation population-environnement

Schématiquement, nous considérons donc ici les approches analytiques dans leur traitement épistémologiques des termes « population » et « environnement ». Nous présentons une dichotomie simplifiée pour les besoins de l'analyse des approches prenant la population soit au sens d'un ou plusieurs indicateurs numériques (nombre simple ou structure de nombres, par âge, sexe et autre distribution possible) soit au sens d'un système complexe aux dimensions qualitatives multiples et, de la même manière, des approches prenant l'environnement au sens d'un ou plusieurs effets sur des ressources quantifiables ou bien au sens d'écosystèmes. En croisant ces critères, nous obtenons la typologie résumée dans le tableau 1.

Tableau 1. Approches de la relation entre population et environnement

Population	Nombre/structure	Système
Environnement		
Nombre /structure (ressources/impacts)	Approches de type $\mathfrak{R}1$ de la relation P-E	Approches de type $\mathfrak{R}3$ de la relation P-E
Système (écosystèmes)	Approches de type $\mathfrak{R}2$ de la relation P-E	Approches de type $\mathfrak{R}4$ de la relation P-E

¹ Les ouvrages de Forrester (1971) ou des Meadows (1972 et 1992) sont significatifs de cette approche. L'argumentation de Julian Simon (1981) est aussi intéressante : il réfute l'argument d'une rareté croissante des ressources, en raison de la substituabilité entre ressources. Néanmoins, il reste dans le même cadre d'analyse.

1. Approches méthodologiques de la relation de type $\mathfrak{R}1$

Ce type d'approches, où la population comme l'environnement sont appréhendés au travers d'indicateurs quantitatifs, représente la grande majorité des écrits scientifiques portant sur la relation population-environnement.

On pense évidemment au écrits prolongeant ceux de Malthus et utilisant les concepts de population limite ou de capacité de charge (*carrying capacity*)². On pense aussi aux modèles proie-prédateur présentés par Lotka et Volterra dans les années 1920. L'équation « IPAT », encore appelée formule Ehrlich-Holdren, introduite au début des années 70 et utilisée simultanément mais à des fins opposées par Paul Ehrlich et Barry Commoner, relève aussi de cette approche de la relation entre population et environnement par des seuls nombres. L'introduction, en 1996, du concept d'empreinte écologique (*Ecological Footprint*) par William Rees & Mathis Wackernagel, comme généralisation du concept de capacité de charge, traduit aussi la primauté du nombre.

Pour ces approches de type $\mathfrak{R}1$, on peut distinguer les deux sens possibles de la relation entre population et environnement : $P \rightarrow E$ ou $E \rightarrow P$.

1.1. Effets de l'environnement sur la population ($E \rightarrow P$)

L'exemple du tsunami de décembre 2004, dans son traitement exclusivement « quantitatif », en termes de nombre de morts, de blessés et de destruction matérielle, est illustratif de la plupart des études d'impact humain et social de chocs environnementaux, tels que des catastrophes naturelles. La mortalité brute y est souvent le principal indicateur retenu. Le recensement du nombre de morts s'accompagne parfois d'une analyse plus fine rendant compte des différentiels de mortalité selon différentes catégories de la population. Dans le cas du tsunami, la plus ou moins grande vulnérabilité des populations selon l'âge a bien été notée : les enfants et les personnes âgées ont, en proportion, été plus touchés que les adultes. C'est aussi le cas des plus pauvres.

Les effets sélectifs de la mortalité/morbidité causés par des atteintes environnementales de toute nature sont également relativement bien documentés par les statistiques de l'OMS relatives aux « maladies environnementales », liées à la mauvaise qualité de l'eau notamment. Ces statistiques permettent une description d'effets différenciés selon les structures par âge ou sexe et le statut socio-économique.

Dans ce même registre d'études d'un aspect circonscrit de l'environnement sur un aspect de la santé humaine, on classera toutes celles qui visent à établir une corrélation entre exposition à tel type de polluant et déclenchement de tel type de maladies. Le champ entier de la santé environnementale relève de cette approche. Ce champ s'est notamment consacré depuis des décennies aux maladies respiratoires telles que l'asthme, en s'attachant à démontrer le lien entre sa prévalence et la concentration de polluants dans l'air, dans une optique inspirée de la toxicologie et des modèles « dose-réponse ». L'augmentation importante de la fréquence des allergies est également expliquée, à l'aide de modèles de ce genre, par l'accroissement des

² Pour une histoire de ces concepts et leurs application, on se référera à Paul Demeny (1988).

quantités de polluants chimiques et industriels dans l'eau, l'air et la nourriture. Des études récentes ont aussi mis en évidence l'accroissement, dans toutes les populations humaines, de la stérilité résultant de la pollution diffuse.

1.2. Effets de la population sur l'environnement (P-> E)

De la notion de population limite à celle d'empreinte écologique

Les thèses malthusiennes et néo-malthusiennes reposant sur la vision d'un monde foncièrement limité et contraint par des lois physiques et biologiques de renouvellement des ressources, ont depuis deux siècles imposé le concept quantitatif de population limite. Dans la version de 1803 de *l'Essai sur la population*, Malthus présente la métaphore du « banquet de la nature » auquel ne peuvent être conviés qu'un nombre limité de convives. En des termes moins imagés le concept de capacité de charge, emprunté au vocabulaire des sciences de la vie, et exprimant la population maximale que peut atteindre une espèce végétale ou animale en son milieu, a été appliqué par la suite aux populations humaines.

La question de la validité d'un tel indicateur dans le contexte des sociétés humaines a donné lieu à une très large littérature. Rappelons que ce cadre d'analyse n'est théoriquement valide que pour des systèmes population-ressources fermés, c'est-à-dire des sociétés vivant quasi exclusivement sur leurs ressources propres et n'ayant recours que marginalement aux échanges extérieurs. L'ouverture au marché mondial qui affecte aujourd'hui la quasi totalité des sociétés humaines y compris dans les pays les plus pauvres, a brouillé les cartes d'une relation simple entre population et ressources alimentaires au niveau local ou même national. La mondialisation des échanges a désormais déplacé à une échelle mondiale toute relation population-ressources, ce qui rend caduque les tentatives d'estimation de la capacité de charge des sols et territoires, telles que celles menées par la FAO à la fin des années 1980.

Les sociétés contemporaines modifient leur environnement par l'exploitation des ressources naturelles (sols, eau, forêts, ressources halieutiques, etc ...) ainsi que par le rejet de déchets et pollutions dans l'air, l'eau et les sols, ce qui a pour conséquence de dégrader les écosystèmes et de perturber leur dynamique d'auto-régénération. Le concept de capacité de charge s'en trouve considérablement compliqué car la question n'est plus « combien peut-on nourrir de gens? » mais « combien de gens peuvent-ils maintenir leur modes de vie et de consommation de manière écologiquement soutenable? ».

Or, on ne peut poser ces questions de manière pertinente qu'à l'échelle planétaire, dans un contexte de mondialisation économique et écologique. Divers calculs de capacité de charge écologique planétaire ont été réalisés au cours des dix dernières années. L'ouvrage *How many people can the earth support ?* de Joel Cohen est un des mieux documentés en la matière, donnant des ordres de grandeur très pertinents.

Cependant, selon J. Cohen, « après examen, aucun des concepts existants de capacité de charge en écologie de base ou appliquée ne semble être adéquat pour la population

humaine »³ (Cohen 1995, p. 237).

Malgré ses limitations, le concept de capacité de charge continue d'être utilisé abondamment dans la littérature mais plutôt que de reposer exclusivement sur la relation population-ressources alimentaires, il est de plus en plus utilisé aujourd'hui dans le débat relevant de la relation beaucoup plus complexe population-environnement au travers d'un nouvel indicateur quantitatif qui lui est associé et qui a surgi dans la littérature du milieu des années quatre-vingt dix : l'empreinte écologique (Rees and Wackernagel, 1996).

Il s'agit dans ce cas de comptabiliser pour chaque individu ses principaux impacts environnementaux en terme d'emprise au sol. La consommation alimentaire se traduit en Kcalories d'énergie solaire nécessaire à la production des végétaux et animaux consommés (qui se traduit donc en surface de sol agricole nécessaire). La consommation énergétique génératrice de CO₂ (transport automobile, aérien, éclairage et chauffage) est traduite en biomasse nécessaire à l'absorption de ces émissions, traduite en surface boisée que nécessiterait une contribution individuelle nulle à l'effet de serre. La consommation en eau est ensuite combinée au total de la « consommation » en terre, ceci afin d'obtenir une surface moyenne par individu (calculée en hectares) représentant son empreinte écologique. Celle d'un Américain moyen est ainsi d'environ 8 hectares. A l'échelle planétaire le rapport des terres disponibles à la population totale étant d'un peu moins d'un hectare par personne, on a une preuve supplémentaire de ce que le mode de vie actuel des occidentaux ne saurait être viable à l'échelle de la planète, c'est à dire généralisé à l'ensemble de la population mondiale⁴. Cet indicateur permet aussi de constater que les élites urbaines des pays en développement ont une empreinte écologique comparable à celle des populations urbaines des pays développés.

Le type de mode de production/consommation qui médiatise la relation entre les hommes et l'environnement se traduit par cet indicateur unique, l'empreinte écologique, qui prouve encore l'ampleur des disparités à une échelle mondiale. La prise de conscience de celle-ci est essentielle. On ne peut pas parler de « population » hors d'un contexte socio-éco-technologique particulier. Cependant l'intérêt de ce type d'indicateur est essentiellement heuristique, en tant qu'il permet des mises en garde sur les effets environnementaux de nos comportements de consommation et de fournir un instrument médiatique puissant dans la prise de conscience, par les opinions publiques, des problèmes environnementaux. En tant qu'outil scientifique, l'empreinte écologique a de nombreuses limitations. Plus on ajoute de dimensions, alimentaire, énergétique, matérielle, déchets, pollutions, plus on complique le calcul. La comparaison entre des effets de nature et d'ampleur très diverses est difficile sinon impossible. Il existe de grandes difficultés d'ordre pratique à rendre compte de la médiation complexe population-environnement, à expliciter son contexte multidimensionnel, au travers d'un indicateur unique, quelque soit son mode de construction.

³ “[...] on examination, none of the existing concepts of carrying capacity in basic or applied ecology turns out to be adequate for the human population”.

⁴ Cf. www.earthday.net/footprint.stm, www.lead.org/leadnet/footprint/intro.htm et www.esb.utexas.edu/dnrnm/EcoFtPrnt/.

L'équation « IPAT »

L'analyse quantitative d'effets démographiques sur l'environnement s'est souvent limitée à l'examen de ceux-ci considérés un à un, isolément les uns des autres, au travers de la formulation de type « IPAT » ($I = P \cdot A \cdot T$).

Chaque impact environnemental I causé par une société humaine de taille P , peut se décomposer en trois facteurs, démographique (population P), socio-économique (niveau de consommation par tête -*affluence*- A) et technologique (T , effet environnemental par unité de consommation).

Dans l'optique d'Ehrlich, la population s'est vu attribuer un rôle plus important que les autres facteurs, et elle a été « montrée du doigt » comme « le » facteur principal de la dégradation de l'environnement:

« [...] la chaîne causale de la détérioration de l'environnement se remonte facilement jusqu'à sa source. Trop de voitures, trop d'usines, trop de détergents, trop de pesticides, la multiplication des dégagements de vapeurs, des stations d'épuration inadéquates, trop peu d'eau, trop de dioxyde de carbone - tout cela peut se ramener à trop d'individus » (Ehrlich, 1968).

Cette approche de nature idéologique ne permet pas de faire avancer l'analyse de la relation population-environnement, puisqu'elle conduit à occulter les rôles médiateurs essentiels des modes de consommation et de production. Une utilisation plus « scientifique » de cette décomposition permet de relativiser le poids du facteur démographique et de le replacer dans le contexte socio-économique et technologique adéquat. Commoner s'était d'ailleurs illustré en prenant le contre-pied d'Ehrlich et en attribuant l'essentiel de l'accroissement des pollutions aux facteurs A et T , le facteur P n'apparaissant au plus que comme un amplificateur, un multiplicateur d'impacts dont la source est à rechercher dans les structures de consommation et de production.

Les limitations de la formulation IPAT ont été souvent analysées. Rappelons les. Ce type d'outil de décomposition est relativement fruste pour plusieurs raisons :

a) il présuppose possible la quantification/commensurabilité d'un phénomène écologique et l'additivité des effets individuels (supposant donc une linéarité des phénomènes et méconnaissant les effets multiplicatifs, exponentiels) ;

b) cette formulation représente une tautologie et non une relation : il est impossible de mettre un lien de causalité entre les facteurs ;

c) il n'envisage que des indicateurs moyens, des agrégats qui masquent les disparités et ignorent la grande variabilité de comportements en matière de consommation et la coexistence de systèmes techniques très différents dans leurs impacts environnementaux ;

d) il présente un état des lieux de la relation population-effet environnemental à un moment donné – c'est-à-dire une image statique - ne permettant que très imparfaitement d'être utilisé de manière dynamique ;

e) il ne met en évidence que deux types de médiation de la relation population-environnement, celles du mode de consommation (facteur A) et du mode de production (facteur T) quand bien d'autres facteurs qualitatifs d'ordre socioculturels, institutionnels et

politiques sont à l'œuvre.

Notre propos n'est pas ici de reprendre une à une ces limitations. Nous remarquerons cependant que l'approche IPAT, pour toute critiquée qu'elle est, est demeurée une des approches quantitatives les plus utilisées dans la littérature, souvent avec des tentatives d'amélioration, tentant de prendre en compte au moins une des critiques mentionnées ci-dessus.

Plusieurs études récentes ont tenté d'identifier l'échelle pertinente à laquelle le facteur « P » devrait être appréhendé. Pour les émissions de CO₂, l'unité démographique la plus pertinente n'est par exemple pas l'individu mais le ménage. En effet des économies d'échelles existent au sein du ménage en terme de consommation énergétique (chauffage, éclairage, transport par automobile).

2. Approches méthodologiques de la relation de type $\mathfrak{R}2$

Dans ce type $\mathfrak{R}2$ d'approches de la relation population-environnement, la population est envisagée au travers d'un ou plusieurs indicateurs quantitatifs, alors que l'environnement est, lui, appréhendé de manière holistique, systémique.

2.1. *Effets de l'environnement sur la population ($E \rightarrow P$)*

Dans cette catégorie des effets de l'environnement sur la population entre donc toute étude des conséquences de changements écosystémiques sur une dimension quantitative de la population, en particulier la mortalité, la morbidité, et d'une manière plus générale la santé (mesuré en statistiques médicales).

Parmi les conséquences futures du changement climatique sur la santé, morbidité et mortalité, on peut mentionner celles, dont font état des modèles, comme la « remontée » des pays du Sud vers ceux du Nord de maladies telles que le paludisme. Certaines de ces prévisions font l'hypothèse de mutations de virus favorisées par le changement climatique qui auraient des conséquences importantes et inconnues sur la mortalité mondiale.

2.2. *Effets de la population sur l'environnement ($P \rightarrow E$)*

Dans ce type d'approche, on s'intéresse en tout premier lieu à l'évolution des écosystèmes dans toute leur complexité mais on ne tient compte du facteur population que de manière très élémentaire, au travers d'un input simple, la population P et/ou son taux de croissance. On notera en particulier les nombreux modèles de changement climatique et de changements écosystémiques qui en découlent, issus des laboratoires scientifiques du monde entier (et présentés en particulier dans les rapports du IPCC – Panel intergouvernemental sur le changement climatique).

3. Approches méthodologiques de la relation de type $\mathfrak{R}3$

Dans ce type $\mathfrak{R}3$ d'approches de la relation population-environnement, un seul aspect environnemental est envisagé, qu'il s'agisse du cas d'une ressource naturelle particulière ou d'un effet pollution particulier, et le facteur population est, lui, envisagé comme système complexe dans un cadre méthodologique multidimensionnel.

3.1. *Effets de l'environnement sur la population ($E \rightarrow P$)*

Ce type d'études s'apparente aux approches de type $\mathfrak{R}1$ qui concernent tout le pan scientifique de la santé environnementale, à ceci près que les études que nous considérons ici vont au-delà du simple examen quantitatif des statistiques de santé, morbidité et mortalité liées à des facteurs environnementaux, et envisagent la santé comme un système, en intégrant en particulier les réformes de santé publique qui peuvent paraître nécessaires.

Dans un autre domaine, les études sur les migrations environnementales dues à tout changement irréversible des écosystèmes de support - désertification, déforestation, etc.- relèvent également de ce type d'approche, qui ne se limite pas à la simple analyse quantitative du nombre de personnes déplacées et envisage les multiples dimensions humaines de ces phénomènes migratoires.

3.2. *Effets de la population sur l'environnement ($P \rightarrow E$)*

On rencontre très souvent ce type d'approches dans la littérature consacrée aux effets sur des ressources naturelles particulières (eau, sols, ressources forestières, halieutiques, etc.) d'évolutions socio-économiques complexes ; l'output privilégié de l'analyse sera alors un nombre mesurant l'intensité d'extraction de la ressource. Dans cette même perspective ont été envisagées la gestion de toutes les ressources naturelles en tant que stocks (remarquons au passage la terminologie économique utilisée pour décrire une réalité naturelle) dont on doit s'assurer qu'un flux permanent puisse être retiré à l'usage des hommes. L'économie des ressources naturelles en tant que sous-discipline académique des sciences économiques a précisément pour objet de se consacrer à l'analyse des contraintes de la gestion des stocks et flux de telles ressources.

4. Approches méthodologiques de la relation de type $\mathfrak{R}4$

Ce dernier idéal-type de la typologie que nous présentons ici ($\mathfrak{R}4$) revient au cas de figure où les deux côtés de la relation envisagée sont conçus au travers d'approches systémiques simultanées. Dans un tel cadre, on cherche généralement à appréhender les liens dans les deux sens entre population et environnement, c'est-à-dire à privilégier les interactions $P \leftrightarrow E$. Avant de décrire ce que nous entendons par ce type d'approche, nous allons nous demander si les modèles *dits* systémiques de la relation population-environnement relèvent

bien de ce type d'approche $\mathcal{R}4$.

4.1. *Un examen des approches dites systémiques de la relation population-environnement*

Les modèles-monde de Jay Forrester et des Meadows prétendaient rendre compte des interactions entre population, économie et environnement, en ne proposant en réalité qu'une version plus élaborée de la formulation IPAT, « bouclée » sur elle-même : les modes de consommation sont exprimés en termes physiques avec leur traduction en terme d'impact environnemental (demande en ressources naturelles, pollutions) expliquée par les modèles techniques adoptés; les contraintes écologiques sont posées en terme de stocks de diverses ressources ou de limites en capacité d'absorption de polluants ; la population y est un agrégat simple, même si un système démographique est bien considéré⁵. Autant le lien $P \rightarrow E$ est très clairement déterminé en termes d'effets, autant l'action $E \rightarrow P$ ne l'est pas, bien que ce type de modèle prétende rendre compte de rétroactions et d'interactions. C'est en général au travers de la mortalité (encore une fois agrégat quantitatif simple) que l'on construit une boucle rétroactive de l'environnement vers la population, en postulant un lien pollution-santé pas toujours bien calibré statistiquement. Les constructeurs de ces modèles les font ensuite « tourner » et aboutissent inévitablement, avec une croissance de la population et de la consommation par tête indéfinie, à un scénario-catastrophe.

On peut alors parler d'une « mise en dynamique » d'une approche foncièrement statique, à l'origine de type IPAT. Nous qualifierons ce type de dynamique d'« artificielle » au sens où elle n'est guère plus qu'une extrapolation d'une situation à l'origine purement statique, la « mise en dynamique » se faisant au moyen de taux de croissance exponentiels.

Ce type de modèle a été abondamment critiqué comme néo-malthusien par construction. Ce sont des modèles de type boîte noire, où une fois la structure du modèle définie, l'output est strictement déterminé par l'input. Il ne peut y avoir d'imprévu, de changement ou d'innovation, par construction même du modèle ; ces modèles ne permettent pas de bifurcations, la trajectoire ne peut être autre que celle inscrite dans le modèle.

En 1992, Dennis et Donnella Meadows révisèrent leur « modèle monde » en tenant compte des critiques qui leur avaient été auparavant faites (Meadows et Meadows, 1992), en introduisant plus de souplesse et en particulier la possibilité de changements techniques radicaux (opérant une substitution vers des formes techniques de plus en plus efficaces en termes d'output par unité d'input naturel, économisant de plus en plus de ressources et rejetant de moins en moins de pollutions). Le modèle ainsi révisé permettait d'obtenir une plus large gamme de scénarios allant du plus pessimiste à des trajectoires « durables ».

Tenant compte de l'ensemble des critiques adressées à ces modèles, il paraît plus indiqué de les appliquer à des échelles plus réduites, où l'on peut mieux contrôler les variables et mieux circonscrire les interactions en jeu.

⁵ C'est à dire un ensemble de relations d'interdépendance entre mortalité, fécondité, mobilité, effectif et structure par âge.

Les modèles PDE⁶ élaborés par l'équipe de l'IIASA ont cherché à adapter ces types de modèles systémiques à l'échelle de petits pays : Ile Maurice, Cap vert, Mozambique, etc. Ils n'envisagent que les atteintes écologiques de même échelle géographique telles que pression sur les ressources naturelles immédiates (sols, eau, forêts, écosystèmes locaux). Chaque sous-système y est construit comme une « boîte » (*box*), avec sa dynamique propre de stocks, de flux et de taux de croissance/ taux de renouvellement (sous-système population, sous-système économie, sous-système « ressources en eau », etc...); chaque boîte est reliée aux autres, l'output de l'une étant input d'une autre (le taux de prélèvement des ressources en eau étant directement fonction du nombre d'unités de consommation en eau, ménages ou entreprises), et directement fonction du type d'activités économiques plus ou moins intensives en eau (agriculture irriguée ou non, tourisme, etc...). Il s'agit alors encore de déterminer, pour chaque effet environnemental particulier (prélèvement d'une ressource, niveau de pollution, etc...), l'ensemble des facteurs déterminants : il y a une décomposition des effets comme avec la formule IPAT. La décomposition est beaucoup plus fine ; elle prend ainsi en compte la variabilité des modes de consommation/production et des modes technologiques, ainsi que la variabilité des comportements selon les catégories de population.

Cependant, malgré ces importantes améliorations par rapport aux approches IPAT de première génération, ces modèles ne peuvent rendre compte des évolutions *endogènes*, qu'elles soient comportementales, politiques ou technologiques et qui aboutissent à des modifications des *coefficients de médiation* entre population et effet environnemental. La médiation du système techno-économique est représentée par les coefficients *A* et *T* de la formulation IPAT ou par des coefficients de même nature, correspondants à des secteurs d'activité spécifiques (agriculture irriguée, tourisme, etc...). Le choix des modèles PDE a été de rendre compte de ce sous-système au travers d'un modèle input-output où les coefficients techniques sont fixes ; la croissance des inputs implique donc de manière automatique celle des outputs. Ce choix peut se justifier pour des secteurs économiques où les infrastructures mettent plusieurs décennies à être amorties et où un passage d'une technologie à une autre n'est pas envisageable à courte échéance. Cependant ce n'est pas le cas de tous les secteurs et l'on a pu remarquer une transition relativement rapide à la fin des années 1970, sous l'effet des deux chocs pétroliers, vers des pratiques d'économie d'énergie ou d'utilisation plus efficace de l'énergie. Les directives européennes concernant l'application des accords de Kyoto sur le changement climatique et les politiques énergétiques qui en découlent ont précisément pour objectif d'influer de manière significative sur les acteurs économiques afin d'accélérer une transition énergétique majeure. Les modèles PDE peuvent bien sûr intégrer ce type de modifications, mais elles apparaissent forcément de manière exogène au modèle.

Le tableau 2 ci-dessous est un récapitulatif des approches scientifiques de la relation entre population et environnement, à partir de la double dichotomie entre nombre et système.

⁶ PDE : *Population, Development, Environment*.

Tableau 2. Les approches scientifiques de la relation entre population et environnement

Population Environnement	Nombre/ Structure (par âge, sexe, statut, etc.)	Système
<p>Nombre/Structure : ressource(s) ou impact</p>	<p><u>P → E</u> - Capacité de charge - Empreinte écologique - Équation « IPAT » (Commoner et Ehrlich) - IPAT 2^e génération où la population est décomposée selon une structure appropriée (ménages ou individus/ structure par âge, niveau d'éducation, statut socio-économique, etc.)</p> <p><u>E → P</u> - Champ de la « santé environnementale » Mortalité « brute » (<i>ie</i> un nombre) Cf. eau dans statistiques OMS . - Effet sur mortalité de catastrophes écologiques . Tchernobyl . Canicule 2003 (sélection/structure, personnes âgées) . Tsunami (effets sélectifs sur âge, statut social)</p>	<p><u>P → E</u> - Analyse d'impacts en termes d'extraction de ressources naturelles particulières (eau, ressources forestières, halieutiques) résultant d'évolutions socio-économiques technologiques, et/ou politiques complexes. - Champ de l'économie des ressources naturelles.</p> <p><u>E → P</u> - Effets d'un polluant sur la santé considérée comme système (champ des politiques de santé publique et de leur approche des questions de santé environnementale). - « Migrations écologiques » résultant d'une modification de l'environnement, analysées comme un changement sociétal d'ensemble (pour les migrants, pour les sociétés de départ et les sociétés d'arrivée)</p>
<p>Système</p>	<p><u>P → E</u> - P comme input simple dans modèles écosystémiques de type IPCC (changement climatique)</p> <p><u>E → P</u> - Effets sur santé (morbidité, mortalité) du changement climatique et autres changements écosystémiques</p>	<p><u>E ↔ P</u> - Modèles dits systémiques de première génération: Forrester-Meadows (Club de Rome) - Modèles de deuxième génération: . modèles systémiques d'échelle locale . modèles PDE de l'IIASA - Approche systémique alternative : rendant compte du lien qualitatif institutionnel, socio-politique et culturel qui médiate la relation population-environnement</p>

Un modèle quantitatif, aussi raffiné soit-il, peut difficilement rendre compte de bifurcations, de changements brusques en réponse à des politiques nouvelles, d'innovations et de modifications de comportements. Cela est vrai de toutes les familles de modèles et en particulier des nombreux modèles de développement qui ont fleuri depuis les années 1970. Michel Loriaux (1990) en faisait une critique générale en notant que « la plupart des modèles actuels ont été jusqu'ici des modèles déterministes qui fonctionnent comme des mécaniques parfaitement ajustées, mais qui sont incapables d'évoluer ».

Les modèles dits systémiques que nous venons d'évoquer ne dérogent pas à la règle. Tenir compte des interactions par une modélisation scrupuleuse des feedbacks rétroactifs est une condition nécessaire à l'approche systémique mais elle n'en est pas une condition suffisante. Rendre compte de l'évolution endogène des systèmes, et de l'émergence de nouveauté dans tout système complexe, est une condition *sine qua non* de toute approche authentiquement systémique. Nous pensons que les modèles dits systémiques de la relation population-environnement ont réussi à satisfaire la première condition mais ont échoué à satisfaire la seconde.

Étant donné les limites de ces modèles, ne rendant pas compte de la complexité de la relation population-environnement dans toutes ses dimensions, y compris non quantifiables, ni des interactions qui ne seraient pas linéaires, ni d'une vraie dynamique qui mette en jeu ces facteurs, ni des possibles bifurcations des systèmes complexes qu'ils sont sensés représenter, nous proposons d'adopter une approche systémique plus qualitative. Elle devrait mieux permettre d'appréhender l'évolution des systèmes population-environnement en prenant en compte des « innovations » tant institutionnelles, que politiques, sociales ou culturelles. C'est dans cette perspective que nous souhaitons explorer les approches de type $\mathfrak{R}4$, dans une vision systémique renouvelée, très différente de celle adoptée par les modèles dits systémiques. Dans la seconde partie de notre communication, nous allons en présenter les éléments qui nous semblent fondamentaux.

II- Une autre approche systémique : le cadre analytique « action-rétroaction-réaction »

Interactions qualitatives et jeux d'acteurs

Nous avons donc constaté que la plupart des analyses de la relation population-environnement privilégiaient un traitement quantitatif du facteur population. Les sciences de la vie et de la nature, biologie et écologie, n'ont en général considéré, comme nous l'avons rappelé précédemment, les populations humaines que sous l'angle du nombre, à l'instar comme pour les travaux de dynamique des populations animales. L'usage des modèles néo-malthusiens largement inspirés des modèles prédateur-proie appliqués aux sociétés humaines en est une illustration.

Pour les démographes, la population est appréhendée à travers des nombres mais aussi des structures (par sexe, âge, etc.) et de manière dynamique : ainsi la pyramide des âges d'une population est en constante évolution sous l'effet de la fécondité, de la mortalité et des migrations. Tous les facteurs affectant ces paramètres seront donc examinés dans cette perspective, qu'ils relèvent de la santé (effets sur la mortalité) ou d'évolutions socio-culturelles complexes telles que les changements du statut de la femme (niveau d'éducation, accès au monde du travail, « *empowerment* ») plus ou moins explicatives des changements de fécondité. D'un point de vue épistémologique, il est intéressant de noter que le démographe a souvent recours à ces multiples décompositions par âge, sexe, niveau d'éducation, statut socio-économique (c'est l'approche retenue par les modèles PDE de l'IIASA) mais va rarement au-delà. Le géographe, l'urbaniste ou le spécialiste du développement rural se penchent surtout sur la distribution spatiale de la population, ainsi que sur les phénomènes de mobilité spatiale et de migrations ; ils sont attentifs aux relations que ces phénomènes entretiennent avec le milieu naturel (territoires, paysages, environnement urbain, ...). L'économiste envisage la population comme un ensemble d'acteurs économiques mus par des préférences et disposant de revenus pour satisfaire leur demande (ou leur fonction d'utilité) sous contrainte budgétaire. Ce sont donc les comportements de consommation de la population qui sont au cœur de l'analyse et la relation population-environnement se réduit à l'analyse de ces comportements.

Les approches analytiques dont nous avons rendu compte dans la première partie et les travaux de modélisation, privilégiant des nombres – certes au travers de décompositions par catégories-, ne permettent pas d'éclairer des pans entiers et capitaux de la relation entre population et environnement. Elle laisse de côté des aspects organisationnels fondamentaux et ne rend pas compte de la complexité des modes de médiation entre population et environnement, des modes de médiation qui vont bien au-delà de seuls facteurs économiques et technologiques (facteurs *A* et *T* de IPAT, pour le dire rapidement) mais relèvent de systèmes socio-culturels, institutionnels et politiques qui échappent à la quantification. Parmi ces facteurs d'ordre qualitatif on citera en particulier les modes institutionnels d'accès aux

ressources, définissant les acteurs de la transformation environnementale. Il importe ainsi de tenir compte des relations de pouvoir entre ces différents acteurs, de considérer le rôle des plus démunis en ressources comme en pouvoirs (« *disempowered* »), notamment les femmes et leur place dans le changement environnemental (dans les pays en développement, les femmes sont souvent « en prise directe » avec les problèmes environnementaux, à travers le ramassage du bois de chauffe, la recherche d'eau, etc.).

Comme démographes ou économistes, il nous semble important de porter également un regard de sociologue et d'anthropologue sur ces questions et d'envisager la population comme un enchevêtrement de relations sociales complexes dans lesquelles les individus sont intégrés (« *embedded* »). Le capital social des individus, la cohésion sociale au sein des populations ou le degré d'intégration des individus dans des réseaux divers de solidarité (familiale, clanique/ethnique, politique, etc), l'appartenance à des organisations liées à tout type d'activité socialisatrice ne peuvent être ignorés. Le point de vue des sciences politiques est aussi à considérer : quelles relations de pouvoir lient les individus entre eux ? Dans quelle mesure un individu ou un groupe d'individus peuvent-ils effectuer des choix et exprimer des préférences ? Les notions d'« *empowerment* » ou d'affirmation individuelle sont essentielles pour l'analyse des interactions entre population et environnement, ainsi que l'identification des acteurs décisifs – les *leaders*-, à quelque échelle systémique que l'on se place, de la communauté rurale ou urbaine à la communauté nationale et internationale. Ceux-ci ont en effet la capacité de cristalliser autour d'eux et de représenter les aspirations, préférences, choix et intérêts de groupes d'individus ; ils peuvent contribuer à un changement des comportements et des institutions.

Ces approches qualitatives et fines des systèmes sociaux qui permettent de rendre compte très précisément de cas particuliers à des échelles bien définies, n'autorisent généralement pas la généralisation. On peut alors courir le risque de se cantonner à des monographies sans aucune portée analytique générale.

Nous allons tenter de relever ce défi, en proposant une approche systémique qualitative, susceptible de s'appliquer à des types de relation population-environnement faisant intervenir des échelles systémiques diverses et offrant un cadre analytique de portée générale. Notre approche s'inspire en particulier des travaux de G. McNicoll.

Dans un article récent, G. McNicoll, s'interrogeant sur la médiation institutionnelle de la relation population-environnement, propose une première distinction qualitative entre types de populations concernées par une question environnementale (McNicoll, in Lutz et al., 2002). Il remarque que l'usage commun de la formule IPAT ne pose pas la question de l'identification du facteur « P » et propose en première analyse de distinguer au moins trois sortes de « P » :

- . P1 - les personnes dont les actions ont véritablement un effet direct sur l'environnement (ce qu'il appelle le P « Ehrlichien »)
- . P2 - les personnes qui bénéficient de cet effet et McNicoll considère que dans la majorité des cas P1 est un sous-ensemble de P2.
- . P3 - les personnes qui sont les victimes avérées ou potentielles de tout changement

écologique consécutif à l'effet initial.

Les individus ou groupes qui sont partie prenante de la relation population-environnement (les « *stakeholders* ») correspondent à la réunion des populations P2 et P3 : $P2 \cup P3$.

McNicoll remarque que, dans le cas-type de la « tragédie des communs », les trois populations coïncident - les agriculteurs qui puisent l'eau d'une nappe, à des taux non soutenables, sont à la fois les acteurs de l'effet, les bénéficiaires et les futures victimes (à moins que le coût final soit supporté par les générations futures, auquel cas P3 est différent de P2). P2 et P3 sont disjoints quand ces deux populations ne vivent pas à la même époque (externalités rejetées sur les générations futures), quand elles ne vivent pas au même endroit (externalités rejetées d'un écosystème sur un autre) ou quand elles appartiennent à des catégories sociales très différenciées. P2 et P3 ne coïncident par exemple pas quand le développement agricole en altitude conduit à une déforestation dont pâtissent les communautés vivant en aval, en particulier à travers des inondations. Les cas plus généraux d'externalités sont ceux où la population P2 des acteurs et bénéficiaires de l'effet est incluse dans une population P3 bien plus large, qui subit les externalités négatives des actions de P2. McNicoll cite le cas de la déforestation des forêts tropicales, sous l'effet de l'expansion de l'agriculture de plantation exercée par des petits paysans, dont les conséquences en terme de perte de capital naturel sont subies par l'ensemble des populations nationales et régionales dont dépendent la gestion de ces forêts, et plus largement sont subies par l'ensemble de la population mondiale, étant donnée l'importance planétaire des écosystèmes forestiers détruits.

Il faudrait aller plus avant dans cette analyse et distinguer parmi les acteurs P1 d'un effet environnemental ceux qui ont un pouvoir de pression et de lobbying important sur les gouvernements en raison des intérêts économiques qu'ils représentent (grandes entreprises multinationales, syndicats de grands agriculteurs dans les pays du Nord) et ceux qui n'ont aucun moyen de s'organiser en mouvement ou groupe d'intérêt (petits paysans des pays du Sud, etc.). De la même manière, parmi les populations « victimes » d'atteintes environnementales, on devrait distinguer celles qui disposent d'un pouvoir politique (à une échelle nationale ou internationale) de celles qui sont totalement démunies des moyens de se faire entendre.

A partir de ces distinctions, on pourrait alors dresser des typologies de cas-types mettant en jeu des acteurs de poids politico-économiques très divers et jouant à des échelles différentes (du local à l'international) et dont les actions n'ont donc pas la même portée, ni sur l'environnement, ni sur les réponses générées par les sociétés afin de contrecarrer les atteintes environnementales subies.

Dans cette identification des acteurs, nous nous inspirerons également des analyses d'Elinor Ostrom (1990 et 2003), qui a étudié de nombreux cas de systèmes socio-écologiques de gestion de biens communs, écosystèmes forestiers, ressources halieutiques, systèmes d'irrigation, pâturages, etc. E. Ostrom a mis en évidence les facteurs institutionnels qui expliquent le mieux la capacité de ces systèmes à se reproduire de manière écologiquement durable ou au contraire leur vulnérabilité aux crises écologiques pouvant aboutir à la

« faillite » du système. Les paramètres démographiques du système ne sont alors pas un facteur explicatif, puisque les études de cas d'Elinor Ostrom vont de quelques centaines de personnes à quelques centaines de milliers voire davantage. On peut observer des cas de tragédies des communs impliquant un très petit nombre d'acteurs et, au contraire, des cas de gestion durable sur plusieurs siècles impliquant des millions de personnes (irrigations à très grande échelle par exemple).

Un des facteurs de « réussite » ou d'« échec » de ces systèmes complexes population-environnement, c'est la capacité du système de gouvernance et de gestion de la ressource commune à anticiper les crises et à les gérer ; elle est fonction de son aptitude à générer une communication régulière et fluide entre les acteurs, faisant « remonter » les doléances de la base aux instances de gestion (« *bottom up* ») et donnant lieu à des *feedbacks* permanents. Les systèmes relativement égalitaires où les acteurs disposent plus ou moins des mêmes moyens d'accès aux ressources et aux systèmes technologiques de gestion semblent également montrer plus de résilience que les systèmes fortement inégalitaires où certains acteurs peuvent se passer de la coopération des autres pour parvenir à leurs fins (ce qui peut générer des cas de tragédies des communs).

En nous inspirant des travaux de McNicoll d'une part et d'Ostrom d'autre part, nous explorons ici une autre façon d'envisager, dans un cadre résolument systémique, la relation population-environnement.

Le cadre systémique proposé : « action-rétroaction-réaction »

La relation, à quelque échelle systémique que ce soit, entre une société humaine et l'environnement peut être envisagée selon la séquence suivante :

. un premier temps de la relation -l'*Action*. Il s'agit d'une action exercée sur l'environnement par un ensemble d'acteurs qu'il faudra identifier (ces acteurs pouvant agir à des échelles systémiques diverses) ;

. un deuxième temps de la relation -la *Rétroaction*. L'environnement, sous l'effet de l'action, subit des modifications qui génèrent des perturbations pour une catégorie plus ou moins importante de la population, victime de cette rétroaction écologique ;

. un troisième temps de la relation -la *Réaction*. Des réponses d'ordre divers, institutionnel, technologique et comportemental, émergent afin de modifier la nature du lien à l'environnement et de rétablir une relation viable entre population et environnement. Les acteurs de cette réaction sociétale aux atteintes environnementales sont alors à l'origine d'un changement du système population-environnement.

Trois types d'acteurs peuvent être distingués (figure 1 ci-dessous) :

- . *A*, les acteurs de l'action,
- . *V*, les victimes de la rétroaction environnementale,
- . *R*, les acteurs de la réaction sociétale.

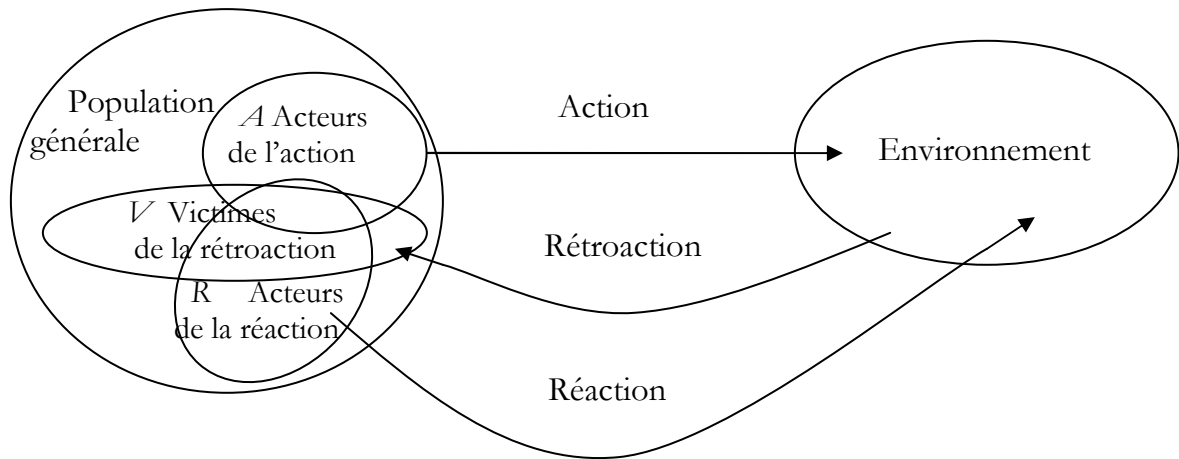


Figure 1. Le cadre systémique de l'analyse

Les catastrophes naturelles telles que le récent Tsunami en Asie du Sud et Sud-Est et les réactions adaptatives que l'on observe par la suite peuvent apparaître comme un cas particulier de ce schéma où seules les deux dernières séquences seraient envisagées (effet environnemental et réaction). Cependant, comme nous l'avons rappelé en introduction, l'ampleur même de la catastrophe est directement fonction d'actions et de choix antérieurs d'établissement de populations humaines dans des zones à risques. Donc on peut également inclure le premier temps de la séquence dans l'analyse de nombreuses catastrophes dites naturelles, mais qui ont de fait aussi une origine humaine.

1. Conditions de l'émergence d'une réaction sociétale

Le troisième temps de la relation -la réaction sociétale aux atteintes environnementales- représente bien évidemment une phase critique dans l'évolution de tout système population-environnement. En l'absence de ce troisième temps de la relation, on peut rester dans une logique de trappe malthusienne. Les stratégies "à la Ester Boserup" de sortie de la trappe malthusienne par des innovations sociales, institutionnelles et technologiques n'émergent pas toujours, ou pas toujours à temps pour « sauver » le système en le transformant. Aux échelles nationales et internationales, on peut observer des systèmes « bloqués » pour des raisons variables :

- un « *technological lock-in* » qui empêche le passage à d'autres types de technologies écologiquement mieux adaptées,
- une rigidité du système institutionnel et politique (sociétés autocratiques ou démocraties affaiblies par une désaffection des citoyens pour la chose publique).

A des échelles plus locales, de nombreuses études de cas font état de systèmes population-ressources bloqués sur un mode dysfonctionnel de gestion et incapables d'évoluer (Ostrom, 1990).

Pour qu'une réaction sociétale émerge, les sociétés humaines concernées par une atteinte écologique particulière doivent avoir pris la véritable mesure des atteintes écologiques qu'elles subissent (temps 2 de la relation : rétroaction environnementale). La question de la « visibilité » et de la « transparence » se pose alors.

1.1. La visibilité des rétroactions environnementales

La visibilité « physique » des atteintes environnementales est une condition presque *sine qua non* d'une prise de conscience par les sociétés pouvant générer une action. Mais cette question de la visibilité s'envisage à plusieurs niveaux, selon que les êtres humains sont directement affectés ou non.

Tant qu'il n'existe que des atteintes écologiques n'ayant pas d'effets négatifs ressentis de manière évidente par des populations, tels que la perte de biodiversité par exemple, des *réactions* sociétales sont moins probables. Elles le sont davantage quand sont visibles des effets négatifs clairs et non ambigus pour les êtres humains (sur leur santé, leurs moyens de subsistance, etc.). Plus les phénomènes de rétroaction environnementale sont différés dans le temps et empreints d'une grande incertitude, plus l'émergence de réponses adaptées sera compromise.

1.2. La transparence sociale conférée aux rétroactions environnementales

Outre la visibilité physique des rétroactions environnementales, il existe aussi une plus ou moins grande visibilité sociale des atteintes subies par une partie de la population. Si les victimes de ces atteintes sont très démunies en ressources et en moyens de faire entendre leurs voix auprès des autorités politiques, ces atteintes resteront largement « invisibles » pour le système socio-politique. Nous distinguerons cette visibilité sociale de la visibilité physique précédente, en la qualifiant de « transparence » socio-politique. Le terme de transparence fait partie du vocabulaire des sciences politiques et sert à qualifier le degré d'ouverture et de démocratisation des systèmes de gouvernance. La transparence et la responsabilisation des élites gouvernantes comme des administrations sont des facteurs essentiels à la prise en compte, par les instances de décision, des revendications des victimes.

Dans un cas comme celui du Tsunami, la couverture médiatique a donné (seulement temporairement ou sur le plus long terme ?) une visibilité politique aux populations côtières d'Indonésie, du Sri Lanka et de Thaïlande, premières victimes de la catastrophe et les plus démunies économiquement. Si la transparence opérée par l'attention des médias se prolonge, les gouvernements de ces pays seront amenés à apporter des solutions écologiquement raisonnables et économiquement viables pour la réinstallation de ces populations dans des conditions décentes.

Ces notions de visibilité et de transparence sont bien des conditions préalables de

l'émergence de réactions de sortie de crise⁷.

1.3. Questions d'échelle : vers l'élaboration d'une typologie méthodologique

Afin de repérer les mécanismes par lesquels les acteurs entrent en jeu, nous distinguerons les niveaux systémiques d'acteurs suivants :

- le niveau individuel (individu/ménage) dans ses comportements de consommation ou de production destinée à sa propre consommation (agriculture de subsistance) ;
- le niveau local 1 : leadership d'une communauté rurale ou urbaine de petite taille ;
- le niveau local 2 : leadership de ville de taille moyenne, PME et entreprises de taille nationale,
- le niveau « régional » : gouvernements de pays à influence internationale faible ;
- le niveau mondial : gouvernements de pays à influence mondiale, organisations internationales, leadership des plus grandes entreprises multinationales, société civile globale⁸.

De la même manière nous distinguerons les niveaux écosystémiques suivants :

- écosystèmes d'échelle locale 1 (correspondant à un territoire limité, typiquement écosystème de soutien d'une communauté rurale) ;
- écosystèmes d'échelle locale 2 (de taille supérieure aux précédents mais d'échelle infranationale) ;
- écosystèmes d'échelle régionale 1 (pouvant impliquer plusieurs pays mais dont les perturbations n'ont pas de répercussions à l'échelle planétaire) ;
- écosystème d'échelle régionale 2 ayant une importance capitale pour les équilibres fondamentaux de la biosphère (arctique, antarctique, forêts équatoriales, écosystèmes sous-marins coralliens, ...) ;
- biosphère (écosystème planétaire global).

Le niveau « local » peut être d'échelle géographique variable : il peut s'agir d'écosystèmes ruraux communautaires (village), d'écosystèmes urbains, d'un ensemble d'écosystèmes formant un Etat, alors que les effets « globaux » touchent les capacités de régénération de l'écosystème planétaire ; l'échelle intermédiaire correspond à des écosystèmes de taille géographique régionale importante (écosystème du bassin méditerranéen, écosystème du désert du Sahara, écosystèmes des forêts tropicales et équatoriales, etc.) parmi lesquels nous distinguerons entre ceux dont les transformations ont ou non des répercussions directes sur les grands équilibres globaux .

⁷ C'est en cela que des outils scientifiques quantitatifs tels que l'empreinte écologique ou les modèles-monde à la Forrester-Meadows peuvent jouer un rôle de sensibilisation de l'opinion publique, en conférant une visibilité à des changements globaux par ailleurs invisibles.

⁸ Grandes ONG internationales , World Social Forum de Porto Alegre, etc.

1.4. Mise en relation des échelles systémiques sociétales et écologiques

Temps 1 de l'action

Pour chaque niveau d'action A sur l'environnement, l'effet sur l'environnement peut se situer :

- 1) à une échelle correspondant à celle des acteurs de l'action sur l'environnement ;
- 2) à une échelle infra ;
- 3) à une échelle supra.

Temps 2 de la rétroaction

La rétroaction environnementale sur la population peut avoir lieu à diverses échelles sociétales. Les effets subis à l'échelle individuelle (sur la santé par exemple) pourront être plus ou moins « transparents » au système socio-politique, selon les modes de gouvernance et le degré d'importance globale géo-stratégique des sociétés concernées.

Temps 3 de la réaction sociétale

Les acteurs de la réaction peuvent se situer à des échelles institutionnelles variées.

On peut dresser une typologie de cas-types de relation action-rétroaction-réaction faisant intervenir des échelles systémiques socio-politiques et écologiques diverses, qui contextualise la relation population-environnement en donnant un visage et une voix à tous les acteurs par qui se joue, à un degré plus ou moins important, cette relation.

Une fois ces cas-types bien définis et après contextualisation des facteurs qualitatifs systémiques, on peut, dans une seconde étape de l'analyse, opérer des quantifications de ces facteurs. On notera que l'agrégation des comportements et actions de ces différents acteurs (telles qu'elle est opérée sommairement au sein de formules IPAT) peut ne pas avoir de sens lorsqu'il y a une grande hétérogénéité entre acteurs opérant à des échelles systémiques différentes, du plus dominé au plus puissant, de l'individu à la grande entreprise multinationale. C'est seulement dans les cas où il existe une grande homogénéité de comportements et d'action et un fort degré d'égalité entre acteurs face aux actions considérées que l'on peut opérer une approche quantitative à la IPAT, produisant des indicateurs pouvant entrer dans des modèles systémiques du type évoqué en première partie. On pourra alors agréger les différents types d'impacts envisagés sur un ensemble d'acteurs relativement « égaux » qu'ils soient à l'origine d'un impact environnemental (population A des auteurs de l'action), qu'ils en subissent les conséquences négatives (population V des victimes) ou qu'ils soient à l'origine de comportements bénéfiques pour l'environnement (population R). Cependant cette étape ultérieure de l'analyse visant à une agrégation et à une quantification, nous apparaît comme secondaire à l'analyse, l'étape première et principale consistant à la description fine des interactions entre catégories d'acteurs et au « jeu » des acteurs, conflictuels et/ou consensuels, ainsi qu'à l'émergence d'acteurs et de stratégies nouvelles (temps de la « Réaction »).

Les facteurs de médiation de la relation population-environnement que nous étudierons dans ce contexte sont les suivants :

- la technologie (facteur *T* de IPAT), les institutions politiques et leurs capacités à réguler ou non le lien avec l'environnement (en s'attachant en particulier à comprendre les dysfonctionnements structurels, les incapacités du leadership et les paralysies du système socio-politique, etc...), le degré d'ouverture économique et d'intégration au marché mondial, etc...

2. Interprétation de cas-types dans le cadre systémique proposé

2.1. Deux idéaux-types diamétralement opposés des systèmes population-environnement

Idéal-type 1

La séquence action-rétroaction-réaction opère uniquement à l'échelle locale : les comportements de base (individus/ménages) sont fortement liés à un modèle communautaire (poids des traditions, coutumes, usages) - les rétroactions environnementales sont ressenties par l'ensemble de la communauté qui réussit ou non à générer des changements d'ordre institutionnels/technologiques modifiant la donne de la relation à l'environnement pour rétablir une relation viable de long terme. L'exemple type est celui d'une population rurale vivant en économie de subsistance sur ses ressources naturelles locales immédiates. Entrent dans ce cas de figure la plupart des études de cas observées par E. Ostrom dans sa typologie des systèmes de gestion des biens communs, où l'on observe soit des cas de réussite de long terme (durabilité des systèmes) soit des cas d'effondrement des systèmes en cas de manque de réponse adaptative appropriée.

Des cas de tragédies des communs apparaissent en particulier quand les externalités négatives exercées par des actions locales (d'échelle locale 1) sont ressenties non pas à cette même échelle mais par des populations situées dans un autre lieu (cas des inondations en plaine liées aux déforestations en amont). La séquence action-rétroaction se joue alors sur des systèmes de populations différents action en local 1 – rétroaction en local d'échelle 1' ou 2, la troisième phase de réaction n'ayant pas lieu. Cette troisième phase n'a en effet lieu que si des instances d'échelle englobant les systèmes locaux d'échelle 1 et d'échelle 2 (instances nationales) prennent des mesures suivies dans les faits. Or on rappellera à ce sujet que bien des lois et règlements édictés par les Etats-Nations en matière de régulation environnementale ne sont que peu ou pas du tout appliqués (en particulier par manque de motivation des Etats à les faire appliquer – les cas de déforestation en font bien sûr partie).

Idéal-type 2

La séquence action-rétroaction-réaction se joue aux échelles suivantes : individuel atomisé - global – global. On est dans le cas des problèmes environnementaux globaux tels que le changement climatique. Les individus à la base des comportements générateurs d'impacts

sont « atomisés », au sens où leurs décisions sont prises de manière isolée et à une échelle strictement individuelle ; les facteurs techno-économiques qui génèrent les effets en émissions de CO2 sont des données lourdes, non modifiables. Les individus n'ont aucune marge de manoeuvre pour modifier à leur échelle leurs impacts en CO2 (sauf à choisir des modes de vies radicalement en rupture avec le système économique - boycott des achats d'automobiles, des transports aériens, etc. Ces impacts ont clairement des effets d'ampleur globale. Mais aux rétroactions environnementales en termes de changement climatiques, les sociétés vont-elles répondre par l'inaction ou par une réaction appropriée et appliquée à temps ?

Ce sont ici des acteurs d'échelle systémique intermédiaires et globales d'où peut émerger ou non une réaction significative en termes de diminution des émissions de gaz à effet de serre. Ces acteurs sont les gouvernements des pays les plus riches et les plus gros consommateurs d'énergies fossiles, ainsi que toutes les grandes entreprises multinationales dont la production est directement liée à l'utilisation d'énergies fossiles, en tout premier lieu les entreprises extractrices de pétrole, mais aussi les grandes multinationales productrices d'automobiles, les compagnies de transport aérien, etc.

Il a été souvent rappelé, dans la littérature récente sur le contexte politique de prise de décision en matière de principe de précaution face au changement climatique, inspiratrice des accords de Kyoto, que, du fait du grand nombre d'acteurs impliqués et de leur très grande hétérogénéité, le cas de figure du lien consommation d'énergies fossiles – changement climatique est un des plus problématique dans l'émergence de réactions sociétales adaptées aux enjeux globaux. L'exemple au contraire des émissions de CFCs, à l'origine du trou de la couche d'ozone, est un cas où le nombre d'acteurs à l'origine de cette production était relativement faible et, au surplus, où une technologie de substitution était immédiatement disponible et à un coût comparable. Contrairement à ce qui s'est passé pour les accords de Kyoto, la mise en place de la troisième phase de réaction au travers du Protocole de Montréal fut donc rapide et réussie.

Le tableau 3 présente, outre les deux cas-types détaillés ci-dessus, deux autres cas-types intermédiaires où la séquence *action-rétroaction-réaction* se joue à des échelles différentes. Il existe bien sûr de nombreux autres cas intermédiaires où la séquence action-rétroaction-réaction se situe entre plusieurs échelles systémiques.

Conclusion

La construction d'une typologie alternative des approches de la relation population-environnement, fondée sur une dichotomie nombres-systèmes, nous a permis de mettre en évidence les limites de nombreux travaux, dans leur prise en compte de la complexité des relations entre population et environnement. Même lorsqu'il est question de systèmes démographiques, les relations considérées restent d'inspiration très mécaniste. Privilégiant une démarche plus systémique encore, il nous a semblé possible d'analyser la relation entre

Tableau 3 – La séquence « action-rétroaction-réaction » à différentes échelles

Échelles systémiques sociétales	A → E Action A sur l'environnement	E → V Rétroaction environnementale perturbatrice	R → E Réaction sociétale adaptée
Échelle communautaire locale	Exploitation des ressources des écosystèmes locaux	Surexploitations conduisant à des perturbations ressenties : - à l'échelle individu/ménage (diminution des moyens de subsistance) - à l'échelle de l'ensemble de la communauté	→ émergence de réactions si « transparence » sociale des atteintes subies – sinon, en cas de marginalisation des catégories touchées : inaction → forte probabilité d'émergence de stratégies communautaires de sortie de crise
Échelle locale ou régionale	Exploitation des ressources des écosystèmes locaux et rejets de déchets ou pollutions	Externalités négatives subies par d'autres communautés locales ou régionales. Exemples : inondations en plaine causées par déforestation en amont	Pas de réaction, sauf régulation à l'échelle système supérieure (englobant systèmes acteurs et victimes) – exemple : lutte contre déforestation - replantations N.B. Cas fréquents où des solutions trouvées à l'échelle d'un système sont prises au détriment de systèmes environnants : ex. rendre les villes plus propres en transférant externalités négatives vers les campagnes (centrales thermiques et incinérateurs placés en milieu rural mais traitant la demande en énergie et les déchets des villes)

Tableau 3 – La séquence « action-rétroaction-réaction » à différentes échelles (suite)

<p>Échelle régionale ou nationale</p>	<p>Ensemble des effets écologiques d'un système urbain/national : pression sur les ressources et pollution de l'eau, l'air et les sols</p>	<p>Atteintes environnementales subies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à l'échelle individuelle : problèmes d'accès aux ressources mal distribuées (eau), santé environnementale - à l'échelle de l'ensemble du système d'échelle R1, prise de conscience de tous les acteurs y compris des décideurs politiques 	<p>→ émergence de réactions si « transparence » sociale des atteintes subies – sinon, en cas de marginalisation des catégories touchées, inaction.</p> <p>→ émergence de stratégies/ politiques environnementales Ex : politique des transports, Agenda 21</p>
<p>Échelle individuelle des consommateurs atomisés combinée à l'échelle mondiale du système économique global</p>	<p>Tous les effets de la consommation de masse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - agro-alimentaire (engrais, pesticides) - électroménager - automobiles - textiles - plastiques - produits chimiques (solvants, peinture) etc. 	<p>A l'échelle individuelle : santé affectée par pollutions diffuses en produits toxiques</p> <p>A l'échelle globale :</p> <p>1) Émissions de Gaz à effet de serre : changement du climat mondial</p> <p>2) Émissions de CFCs : destructions Couche d'Ozone</p>	<p>→ inaction en raison des incertitudes scientifiques dans relations doses-effets (hausse des cancers, anomalies génétiques, baisse de la fertilité ...) et du fort lobbying des grands groupes industriels multinationaux</p> <p>Actions nécessaires mais insuffisantes aux échelles individuelles (rouler en bicyclette !) et locales : agenda 21 locaux. A l'échelle mondiale : accords de Kyoto, non ratifiés/ non appliqués par acteurs déterminants : USA, Chine et Inde Échec de la régulation mondiale !</p> <p>→ Protocole de Montréal : succès de la régulation mondiale car petits nombre d'acteurs (grands groupes chimiques) disposant de produits de substitution à des coûts comparables</p>

dynamique de la population et modifications de l'environnement , en identifiant les échelles spatiales et temporelles pertinentes pour rendre compte des comportements et stratégies des différents acteurs. Adoptant un point de vue plus qualitatif que quantitatif, nous pensons la question écologique à partir de la séquence « action-rétroaction-réaction », nous permettant de distinguer l'*action* de la population sur l'environnement, de la *rétroaction* environnementale, susceptible de donner lieu à des réponses sociétales d'adaptation : la *réaction*. Nous avons vu que celle-ci dépend largement de la visibilité et de la transparence sociale des rétroactions environnementales.

Nous entendons poursuivre cette réflexion par une mise à l'épreuve de notre cadre théorique, à partir d'une analyse plus approfondie de cas-type. Il s'agit en particulier pour nous de montrer l'importance d'une prise en compte des stratégies d'acteurs dont les intérêts divergent et dont les degrés de perception des questions environnementale se différencient. Il s'agit aussi d'intégrer les facteurs d'inertie de l'action politique, dans une acception large de celle-ci.

Références

J. E. Cohen, *How many people can the Earth support ?* New York: Norton, 1995.

B. Commoner, *The closing circle*, London : Jonathan Cape, 1972.

P. Demeny, « Demography and the Limits to Growth », A supplement to Vol. 14, 1988. Population and Ressources in Western Intellectual Traditions, *Population and Development Review*, p. 213-244.

N. Dolšak et E. Ostrom (eds), *The Commons in the New Millenium: Challenges and Adaptations*, Cambridge, Mass.: MIT Press., 2003.

P.R. Ehrlich, *The Population Bomb*, New York, 1968. Trad. Franç., La Bombe P, Paris, Fayard, 1972.

P.R. Ehrlich and J.P. Holdren, « Impact of Population Growth », *Science* 171 : 1212-1217. 1971.

J. Forrester, *World Dynamics*, Second edition in 1973, Wright-Allen Press, Cambridge, Massachusetts, 1971.

M. Loriaux, « La fin des certitudes, modèles démo-socio-économiques à reformer, systèmes informationnels à inventer », *Cahiers du CIDEP*, n° 4, Juillet 1990.

W. Lutz (ed.), *Population-Development-Environment. Understanding their interactions in Mauritius*, Heidelberg: Springer Verlag, 1994.

W. Lutz, A. Prskawetz, W. Sanderson, « Population and Environment: methods of Analysis ». A supplement to Vol. 28, 2002. *Population and Development Review*.

G. McNicoll, « Managing Population-Environment Systems: problems of institutional Design», in Lutz et. al., *Population and Environment: Methods of Analysis*, 2002.

D.L. Meadows et al., *The limits to Growth*, New York: Universe Books, 1972

D.H. Meadows and D.L. Meadows, *Beyond the Limits: confronting global collapse, envisioning a sustainable future*, University of New Hampshire Press, 1992.

E. Ostrom, *Governing the commons: the evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, 1990.

R. Passet, *L'Économique et le vivant*, Paris, Payot, 1979.

W. Rees and M. Wackernagel, *Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the Earth*. Gabriola Island, BC and Stony Creek, CT: New Society Publishers, 1996.

J. Simon, *The Ultimate Resource*, Princeton, 1981, traduction française sous le titre *L'homme, Notre dernière chance, croissance démographique, ressources naturelles et niveau de vie*, Paris, PUF, 1985.