

# **“Comment intervenir dans l’anthroposystème ?”**

Rapporteur: Luc Abbadie

Avec la collaboration de: James Aronson, Robert Barbault, Patrick Bourgeron, Lionel Charles, Jacques Gignoux, Bernard Kalaora

## **Champ de l’atelier**

L’atelier a traité de la transformation intentionnelle des milieux: il a donc délaissé ce qui relève de la problématique des impacts qui sont traités par les ateliers “ Changements climatiques, évolution de l’environnement terrestre et crises environnementales ”, “ Transformations actuelles des surfaces terrestres ”, “ L’industrie et notre environnement ”. Les questions de la représentation sociale de l’environnement, des interactions entre l’environnement et la santé, d’écologie urbaine et d’écologie industrielle, du rôle des institutions, sont pertinentes par rapport au thème de cet atelier. Mais, là encore, elles ont été traitées ailleurs et n’ont donc pas été développées dans ce texte (voir les ateliers “ Valeurs, pratiques et représentations sociales dans le domaine de l’environnement ”, “ Risques naturels et sociétés ”, “ Le rôle des institutions et des acteurs dans la gouvernance de l’anthroposystème ”, “ Développement urbain et écologie urbaine ”).

L’atelier s’est focalisé sur la composante vivante des milieux. L’exploitation, la réhabilitation ou la restauration des milieux a toujours combiné la modification de facteurs physiques de l’environnement et l’introduction ou l’éradication d’organismes. Toutefois, notre époque connaît deux innovations: la manipulation du vivant à des niveaux d’organisation situés au de là de l’individu ou de la population, et la prise en compte du milieu en tant que système, lui-même dépendant et influençant d’autres systèmes, notamment humains. Cette approche intégrative, parfois dénommée “ingénierie écologique”, fait intervenir des échelles de temps et d’espaces d’une ampleur sans précédent, qui posent à l’ensemble de la collectivité des questions nouvelles de choix de société et d’éthique.

## **Intervenir dans l’anthroposystème pour quoi faire ?**

Le concept d’anthroposystème souligne le rôle central que jouent les sociétés humaines dans l’organisation et le fonctionnement des écosystèmes. Cette posture scientifique peine à engendrer en France une véritable structuration de la communauté scientifique concernée par l’environnement alors que, dans le monde anglo-saxon, elle motive depuis plusieurs années un important effort de recherche. Cette notion d’anthroposystème suggère aussi que l’on est passé de processus spontanés d’organisation et de fonctionnement des écosystèmes, dominés par les interactions physique-vivant, à des processus dominés ou construits par l’homme. Elle invite enfin à considérer l’homme comme un facteur prépondérant de la dynamique des écosystèmes et de la biosphère.

Si on se place dans une perspective historique, on peut sans doute distinguer trois grandes périodes, largement chevauchantes, dans l’accentuation du poids de l’homme dans la dynamique de son

milieu de vie. La première est celle de l'exploitation simple, minière, du milieu. Des éléments, le plus souvent vivants, ont valeur de *ressources* et sont simplement *retirés* du milieu. Les acteurs et les processus sont parfois manipulés afin d'accroître la production de la ressource et de garantir sa durabilité mais, fondamentalement, leur nature n'est pas changée, le système demeure résilient. L'efficacité de la manipulation a été renforcée au cours du temps par des *essais successifs*, éprouvés dans la durée, au cours d'une démarche empirique dont la logique qui n'est pas sans rappeler celle de la sélection naturelle.

La seconde période est marquée par l'*artificialisation* du milieu: l'exigence de productivité implique l'accroissement considérable de flux existants (entrée d'azote dans les milieux continentaux par exemple) ou la mise en place de flux nouveaux (pesticides par exemple); des acteurs exogènes sont introduits (espèces, génotypes) et exigent, pour se maintenir, une modification de fond de l'environnement biotique et-ou abiotique; enfin, des dynamiques indésirables apparaissent et impliquent le recours à des correctifs successifs afin de ramener le système sur la trajectoire souhaitée: la capacité de résilience du système est dépassée. Ce qui caractérise cette période c'est, d'une part, le changement profond de la nature du milieu et, d'autre part, l'absence de mise à l'épreuve de ce milieu en raison d'une succession trop rapide de pratiques différentes. Assez paradoxalement, la croissance de l'artificialisation s'accompagne donc d'une *perte* progressive de connaissance et de *contrôle* de la dynamique à long terme du milieu.

La troisième période est marquée par une double rupture. La première est l'avènement d'une *vision systémique* du monde (ou qui se veut systémique). Le milieu est appréhendé en tant qu'ensemble auto-régulé d'éléments en interactions: il devient impossible de changer un élément sans changer l'ensemble. Ce constat favorise l'abandon de l'empirisme au profit d'une *approche plus conceptuelle*, qui permet d'envisager la programmation à long terme de la dynamique du milieu en vue de la réalisation d'un objectif précis ou, plus généralement, d'une combinaison d'objectifs. Par ailleurs, le milieu est lui-même considéré comme la pièce d'un ensemble plus vaste, d'importance régionale ou planétaire. En d'autres termes, l'appréhension de l'environnement en tant que système réduit le caractère local (dans l'espace et dans le temps) de toute intervention sur le milieu et en accroît d'autant le caractère global. Toute action sur le milieu dépasse nécessairement l'objectif assigné au départ. Tout acteur local de l'environnement, individu ou collectivité, endosse de fait des responsabilités qui vont au de là de sa sphère d'influence habituelle. La seconde rupture est engendrée directement par la conceptualisation du milieu en tant que système, qui rend possible la *création de milieux nouveaux* (restauration et création de milieux) par ré-assemblage de composantes physiques et biologiques existantes, ou nouvelles (dans les cas de l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés par exemple). Les ensembles ainsi générés sont souvent copiés sur la nature, mais des milieux totalement différents sont possibles (agro-écosystèmes créés en plein désert, réservoirs, bio-réacteurs dans l'industrie par exemple).

## Quoi de neuf ?

En quoi l'intervention sur les milieux est-elle aujourd'hui différente de ce qu'elle était hier ?

L'intervention sur le milieu a toujours nécessité la mise en œuvre de techniques et d'outils de plus en plus spécifiques en fonction d'une certaine représentation de la nature. Celle-ci se veut aujourd'hui essentiellement *scientifique et technologique*. Le milieu est considéré comme modélisable: ses composantes principales et leurs interactions sont identifiables par l'observation et l'expérimentation et il est en principe possible de comprendre les règles de hiérarchisation des composantes. La diversité des milieux peut donc se résumer à des représentations systémiques générales qui devraient permettre de penser une action explicite, c'est-à-dire dont les effets sont en principe prévisibles dans leur diversité à différentes échelles de temps et d'espaces. Bien entendu, il reste des incertitudes sur les trajectoires à long terme que suivront tel ou tel milieu, mais l'approche systémique est sensée réduire cette incertitude.

Le caractère scientifique, supposé ou réel, de l'intervention sur le milieu, ouvre la voie à la manipulation du milieu pour la réalisation d'*objectifs multiples*, que ce soit pour tirer un meilleur parti des services écologiques, ou répondre à des contraintes jugées excessives, engendrées par les changements planétaires par exemple. Il ouvre aussi la voie à la scénarisation des futurs possibles et-ou souhaitables de l'anthroposystème notamment au moyen de la simulation numérique. En d'autres termes, la *durabilité* de l'intervention sur l'anthroposystème peut être *raisonnée*, testée et, d'une certaine manière éprouvée au sens où elle l'était autrefois par l'empirisme de l'évolution des pratiques et des techniques.

L'ampleur des changements planétaires et la diversité des situations à corriger d'une part, les possibilités offertes par la compréhension scientifique des milieux et par les développements technologiques d'autre part, permettent de concevoir et de mettre en œuvre le pilotage à *grande échelle* des milieux. A grande échelle dans le temps, pour contrer ou induire des dynamiques à long terme en mettant en œuvre des politiques dont les effets ne sont pas sensibles rapidement et qui engagent plus ou moins les générations futures. A grande échelle dans l'espace car l'intensité des phénomènes à corriger est telle que les actions locales sont sans effet au profit d'actions régionales, voire planétaires. Très concrètement, il s'agit souvent de maximiser un ou quelques processus à travers des interventions techniques (fertilisation azotée des forêts pour séquestrer du carbone par exemple) ou par manipulation de populations animales ou végétales ce qui revient, en quelque sorte, à une diminution de l'hétérogénéité du milieu qui peut poser des questions en matière de dynamique écologique ou d'éthique. Les objectifs poursuivis sont variés et vont de la préservation de la biodiversité pour elle-même ou pour son importance dans le fonctionnement des écosystèmes à l'atténuation de l'impact de l'homme sur les autres espèces ou sur la biosphère.

Finalement, par son caractère scientifique et technique sans cesse plus revendiqué, l'intervention sur l'anthroposystème relève de plus en plus d'une *instrumentalisation forte du milieu*. A la manipulation locale d'une ou de quelques composantes du milieu est substituée une manipulation du système dans son ensemble, nécessairement plus efficace, mais aux conséquences forcément multiples. Le vivant apparaît dans ce contexte comme un moyen de plus en plus puissant d'action en profondeur sur les systèmes bio-physiques, notamment par manipulation de la composition des peuplements. Ce niveau d'organisation du vivant vient s'ajouter à celui, ancien, de la manipulation des populations et des génomes, débouchant ainsi sur une *extension* du domaine des *biotechnologies* alors que, dans le même temps, l'ampleur des aménagements hydrauliques, topographiques, etc. s'accroît elle aussi.

## Quels enjeux pour la recherche ?

Les modifications des milieux sont d'une extension et d'une puissance sans précédent. Elles génèrent deux grands champs de préoccupations: celui de la *détection* et de la *compréhension* des impacts locaux ou planétaires des activités humaines et celui de la *manipulation* des milieux pour atténuer ces impacts ou accroître l'*adaptabilité* des milieux aux changements. Dans les deux cas, la prédiction des dynamiques à courts et longs termes des systèmes bio-physiques et des systèmes sociaux peuvent apparaître comme des préalables à toute action correctrice sur le milieu ou à toute mesure d'ajustement socio-économique. Or, les *connaissances* sur les milieux bio-physiques en tant que *systèmes complexes*, caractérisés par des interactions nombreuses aux dynamiques non linéaires, sont encore *fragmentaires* et n'ont pas atteint le niveau de généralité indispensable pour permettre l'élaboration de solutions durables. De plus, l'évaluation de la pertinence des interventions sur l'anthroposystème reste problématique, aussi bien dans la sphère bio-physique (généricité des bio-indicateurs, intérêt et limites des modèles pour évaluer la qualité d'un milieu) que dans la sphère sociale (avec, notamment, la question de l'évaluation d'un service non marchand). Le premier enjeu pour la recherche est donc de réduire progressivement le fossé existant entre ce que nous comprenons aujourd'hui du fonctionnement et de la dynamique des anthroposystèmes et ce

que nous devrions savoir pour mieux assurer la pertinence et la durabilité de nos actions. Cela passe par un accroissement de l'effort de recherche fondamentale sur la dynamique de la biodiversité et sur le fonctionnement des écosystèmes, qui doit être reconnu comme impératif social de premier plan.

La modification des populations animales, végétales ou microbiennes *in situ*, ou des composantes physiques des milieux, à diverses échelles de temps et d'espace, sont des pratiques qui se développent rapidement au nom de l'optimisation des services écologiques rendus par les écosystèmes, de la protection des paysages et de la biodiversité en tant que patrimoines de l'humanité, de la restauration de la qualité écologique des eaux, des sols, etc. Les actions engagées peuvent concerner de vastes espaces, modifier la vie de populations humaines et engager les générations futures: elles posent donc des questions sociales et économiques bien sûr, et plus généralement des questions de *choix de société*. On rejoint par conséquent le domaine de l'*éthique* et celui de la *politique* au sens fondamental du terme. Existe-t-il aujourd'hui une éthique de l'environnement ? Comment se relie-t-elle aux autres dimensions de l'éthique ? Les grands courants de pensée politique peuvent-ils intégrer la vision environnementaliste du monde ? L'ont-ils déjà fait et comment ?

Il est clair que la manipulation du vivant au niveau de la population ou de l'écosystème n'attire pas la même attention qu'au niveau génétique; pourtant, la mise en œuvre comme les effets de ces manipulations peuvent être drastiques, voire violents. L'intervention sur le milieu comporte donc une dimension morale importante qui semble aujourd'hui sous-estimée bien qu'elle conditionne en partie l'acceptabilité sociale de cette intervention. Il faut s'interroger sur cette sous-estimation et sur la manière d'incorporer ces niveaux de *manipulation du vivant* et de son environnement dans le champ de la *bioéthique*. De plus, la manipulation des milieux est inévitablement conçue en fonction d'une représentation de la nature variable dans le temps, d'un contexte biophysique également variable dans le temps et en fonction des niveaux techniques et scientifiques du moment. Ce dernier est encore impuissant, et le demeurera longtemps, à prévoir à coup sûr la trajectoire d'évolution des écosystèmes. En réponse aux *incertitudes*, l'intervention sur le milieu ne devrait être conçue que sur les modes *adaptatifs* et *réversibles*. Disposons-nous des connaissances et des techniques nécessaires pour assurer la réversibilité ? Comment assurer un suivi efficace des milieux, manipulés ou non ? L'organisation actuelle de nos institutions est-elle compatible avec la gestion adaptative à long terme des milieux ?

La manipulation des milieux produit des effets multiples à diverses échelles d'espace et de temps, effets qui sont encore très partiellement prévisibles. Elle engendre donc des aléas qui peuvent constituer des *risques* pour les sociétés humaines. Par ailleurs, elle concerne parfois de vastes territoires et des populations humaines qui vivent dans des conditions différentes. L'intervention sur les anthroposystèmes se situe donc dans un contexte d'*intérêts* divergents (le réchauffement de l'atmosphère peut être perçu comme négatif au Sahel et positif dans les plaines d'Asie centrale), potentiellement très *conflictuel*, ce qui pose très concrètement le problème de la faisabilité de la réponse locale à des problèmes globaux. De nombreuses questions sont à résoudre sur l'encadrement *juridique* des manipulations de l'environnement, sur l'adaptation des normes existantes et l'élaboration de normes nouvelles, voire évolutives, sur la conciliation des intérêts locaux et globaux, sur la prise en compte de l'intérêt des générations futures, etc. La gestion adaptative, multi-échelles et multi-objectifs de l'anthroposystème requiert une *organisation politique et institutionnelle* probablement différente de ce que nous connaissons aujourd'hui. De quelle organisation avons-nous besoin ? Comment adapter les institutions publiques et privées existantes ? Comment faire converger les institutions vers une gestion plurielle de l'anthroposystème ? Quel est le bon niveau de diversité institutionnelle publique et privée pour maximiser la pertinence et l'efficacité de la *prise de décision* ?

La manipulation des milieux a un coût financier, immédiat et différé. Ce coût est souvent une source de conflit (qui paye quoi ?) et constitue un critère clé de la prise de décision ou de l'absence

de prise de décision. L'économie intervient à de multiples niveaux dans la dynamique de l'anthroposystème : les fluctuations temporelles de l'activité économique et la variabilité de sa distribution géographique modulent l'exploitation des ressources naturelles, l'intensité de l'impact des activités humaines sur les écosystèmes et la disponibilité des ressources financières pour transformer ou réhabiliter les milieux bio-physiques. Dans ce contexte, la gestion et la restauration des *services écologiques* est dépendante de leur *évaluation économique*. Cela suppose une identification consensuelle des principaux services et la mise au point d'une méthode d'évaluation qui permette, notamment, de prendre en compte la dimension “ long terme ” de ces services. Compte tenu de leur caractère régional ou planétaire, certains services écologiques requièrent une approche mondialiste (par exemple, la biodiversité et le sous-développement sont au sud, l'argent, la science et la technologie sont au nord). Cette approche mondialiste est-elle compatible avec les organisations économique et politique actuelles ? En quoi la mondialisation des échanges économiques complique-t-elle ou débouche-t-elle sur de nouvelles opportunités de gestion des services écologiques ?

*Il est clair que la pertinence et la durabilité des interventions sur l'anthroposystème exigent aussi la compréhension des interactions entre les dynamiques écologiques et les dynamiques sociales. En d'autres termes, l'objectif est de dépasser la problématique des “ impacts ” de l'homme sur l'environnement bio-physique pour s'emparer de celle des **interactions** entre sphère **bio-physique** et sphère **socio-économique**, de ce qu'on appelle de plus en plus les systèmes socio-écologiques. Pour l'essentiel, il s'agit de mettre en scénarios les futurs bio-physiques et sociaux de la planète au moyen de modèles de fonctionnement et de dynamique de l'anthroposystème. Ces modèles sont à construire d'emblée sur un réseau de boucles de rétroaction liant les variables bio-physiques aux variables socio-économiques et sur des variables qui définissent les interfaces entre les différents sous-systèmes. Les scénarios du futur ainsi élaborés pourront constituer des outils d'aide à la décision ou, à tout le moins, d'aide à la réflexion pour la décision, s'ils sont élaborés dans un cadre géographique explicite (régional par exemple) et s'ils associent, au moment de leur conception, toutes les composantes pertinentes de la société (entrepreneurs, élus, citoyens, etc.). Ces outils pourraient ainsi faciliter la prise en compte sur des bases scientifiques des contraintes de la conservation des espèces, des services écologiques et des milieux dans l'aménagement du territoire.*

## Que faire à l'INSU(E) ?

L'atelier a identifié un certain nombre d'actions concrètes qui peuvent être menées dans le cadre de la transformation de l'INSU en INSUE. Ces actions sont susceptibles de favoriser l'innovation dans le domaine de la manipulation des anthroposystèmes, de structurer des communautés de chercheurs dans une démarche interdisciplinaire et de mieux impliquer le monde scientifique dans la résolution des problèmes auxquels la société doit faire face.

- *Mettre en place les dispositifs de recherche nécessaires à la conceptualisation du fonctionnement et de la dynamique des écosystèmes et à la détection de la réponse des écosystèmes aux changements: écosystèmes de référence instrumentés, dispositifs expérimentaux de terrain ou en milieu contrôlé. Les Observatoires de Recherche en Environnement (ORE) comme les Zones Ateliers (ZA) vont dans ce sens et doivent être confortés (financement récurrents, mise en réseau, évaluation).*
- *Construire une politique de la recherche interdisciplinaire, notamment à l'interface sciences de la nature-sciences de l'homme en soutenant la construction d'unités de recherche mixtes par regroupement d'équipes autour d'objets et de questions communes.*
- *Organiser le dialogue avec la société: démontrer et affirmer la dimension stratégique de l'environnement, organiser l'expertise scientifique, se donner les moyens de valoriser la recherche en environnement au sein des organismes de recherche, des collectivités publiques et des entreprises, promouvoir les interactions entre monde de la recherche et monde de la*

décision et de la gestion. Les ORE et ZA sont évidemment des instruments privilégiés pour atteindre ces objectifs, mais ils ne dispensent pas d'une politique plus globale d'engagement des organismes dans la recherche et la valorisation de la recherche en environnement.

- *Lancer des appels d'offres de recherche à caractère interdisciplinaire*, construits et financés en partenariat par diverses divisions de l'INSU (Océan-atmosphère, Surfaces et interfaces continentales et Sociétés et environnement par exemple). Ces appels d'offres pourraient être relativement ciblés afin d'accélérer la constitution de communautés de recherche identifiables par les milieux scientifiques et non scientifiques sur des questions clés.

### **Quelques exemples de sujets pour des appels d'offre (liste non limitative):**

- Les surfaces continentales, sources et puits de carbone: état des connaissances sur les processus, impact des modes de gestion actuels, tests d'hypothèses sur les possibilités de maximisation de la séquestration du carbone dans la végétation et les sols, politiques économiques à mettre en place, etc.
- Interactions entre la dynamique des communautés et la dynamique des maladies humaines: mécanismes, modification de ces interactions par les changements d'usage des terres et le changement climatique, risques nouveaux engendrés, dynamique des espèces réservoirs, possibilités de manipulation des populations et des milieux, etc.
- Les changements de temporalités et de fréquence des événements extrêmes dans le climat: conséquences sur la biodiversité, sur les cycles biogéochimiques, rétroactions sur le climat, adaptation des modes d'agriculture et d'exploitation des ressources biologiques, incidences sur l'organisation de l'espace, définition de risques nouveaux, prise en compte et adaptation à ces risques nouveaux dans la sphère socio-économique, etc.
- Scénariser le futur par modélisation des systèmes socio-écologiques: comment identifier les acteurs et les processus pertinents (aux interfaces notamment), comment les hiérarchiser et-ou les exprimer dans un cadre spatial explicite, comment associer des données quantitatives et qualitatives, quels sont les apports possibles des mathématiques, comment tester la fiabilité de ces modèles, etc.