

# Johannesburg

Sommet Mondial du Développement Durable

## 2002

**Quels enjeux?  
Quelle contribution des  
scientifiques?**

Robert Barbault  
Antoine Cornet  
Jean Jouzel  
Gérard Mégie  
Ignacy Sachs  
Jacques Weber

**Ministère des Affaires étrangères  
adpf●**

## **Remerciements des auteurs**

Nous voudrions remercier le ministère des Affaires étrangères, et particulièrement Madame Beton-Delègue, directrice de la Coopération scientifique, universitaire et de recherche; Monsieur Pierre Colombier, sous-directeur de la Recherche; Monsieur Yves Mabin, chef de la Division de l'écrit et des médiathèques; Monsieur Alain Leplaideur, chargé de mission Recherche: — pour nous avoir donné l'occasion de préparer cette contribution pluridisciplinaire à la compréhension des enjeux du sommet mondial sur le développement durable, — pour nous avoir laissé toute liberté de conception, de pensée et d'écrit. Cet ouvrage, publié sous l'égide du ministère des Affaires étrangères, est celui des auteurs. En tant que tel, il n'engage nullement la responsabilité du Ministère, responsabilité qui reste celle des seuls auteurs.

Philippe Cury et Pierre Fréon, directeurs de recherche à l'IRD, Michel Trometter, chargé de recherche à l'INRA, Bruno Locatelli, chercheur au CIRAD, et Cyril Loizel, de l'Office national des forêts, nous ont fait l'amitié de nous offrir des encadrés, respectivement sur les pêches, les ressources génétiques, les puits de carbone. Ils ont notre amicale reconnaissance.

Nicolas Merveille, qui fut l'assistant technique de cet ouvrage.

Anne Parian, éditrice de l'ouvrage à l'Association pour la diffusion de la pensée française (ADPF), a droit à des remerciements particuliers. Les retards et imperfections de notre travail n'ont pas réussi à entamer un calme tout diplomatique au service d'un grand professionnalisme. Merci, Anne.

**Ministère des Affaires étrangères.  
Direction générale de la coopération internationale  
et du développement.  
Direction de la coopération culturelle et du français.  
Division de l'écrit et des médiathèques.**

**Direction de la coopération  
scientifique universitaire et de recherche.**

Les traductions anglaise et espagnole de cet ouvrage sont disponibles sur [www.adpf.asso.fr](http://www.adpf.asso.fr).

quels enjeux ?

quelle contribution des scientifiques ?

- A Préface
- B Présentation des auteurs
- C Présentation de l'ouvrage

- 13 **Enjeux économiques et sociaux du développement durable.**  
Jacques Weber
- 45 **La gestion des ressources génétiques végétales :  
d'une approche empirique à une institutionnalisation  
internationale.**
- 53 **La biodiversité : un patrimoine menacé, des ressources  
convoitées et l'essence même de la vie.**  
Robert Barbault
- 83 **Pêcheries, Ressources Marines et Conservation :  
vers un renouveau du concept de développement durable  
en milieu marin ?**
- 93 **La désertification à la croisée du développement  
et de l'environnement : un problème qui nous concerne.**  
Antoine Cornet
- 135 **Les changements climatiques.**  
Gérard Mégie et Jean Jouzel
- 164 **Controverses sur les puits de carbone.**
- 177 **Johannesburg: une chance à saisir.**  
Ignacy Sachs
- 187 **Pour aller plus loin.**  
Bibliographie commentée  
Audiovisuels  
Sites internet

## Préface

Né de la prise de conscience collective de la fragilité de la planète, le développement durable est un enjeu de ce nouveau siècle. Il renvoie à la capacité de nos sociétés humaines à satisfaire leurs besoins présents sans compromettre ceux des générations futures. Il questionne des modèles de développement promus par les pays du Nord qui sont à l'origine d'avancées technologiques fondamentales mais aussi de graves problèmes écologiques. Il renvoie à de nouvelles interrogations sur la manière d'organiser la maîtrise des évolutions et des interactions complexes qui existent entre l'homme, les activités de production et d'échange qu'il a su générer, et les ressources naturelles, qui sont limitées.

Pour bien agir, il faut comprendre les processus en cours. On demande à la science de situer les vrais risques, d'inspirer les opinions et d'orienter les décisions. Cette tâche est d'autant moins aisée que, dans ce domaine, l'incertitude scientifique prédomine, laissant une large place aux débats d'idées entre spécialistes. Les scientifiques français contribuent activement à l'évolution des connaissances et des débats internationaux sur ces sujets, que ce soit en tant que membres des comités d'experts internationaux, en tant qu'acteurs alimentant la réflexion en amont et en aval des conférences internationales ou comme chercheurs impliqués dans la mise en œuvre du développement durable en France ou en partenariat avec les pays du Sud.

L'idée de ce livre est de présenter l'apport des scientifiques français sur certains sujets clés. Dans un langage accessible, ils présentent l'avancée des recherches sur les sujets de la biodiversité, du changement climatique, de la désertification et des enjeux économiques et sociaux qu'ils sous-tendent. Leur travail manifeste leur attachement à l'information éclairée du public, dans le respect de la déontologie scientifique : jugement par les pairs ; exposé des vérités et des controverses ; séparation nette entre la transmission de l'état de l'art et l'opinion personnelle.

L'ouvrage est rédigé par des personnalités issues de plusieurs institutions scientifiques, université, CIRAD, CNRS, INRA, IRD..., et de disciplines multiples dialoguant entre elles pour mieux préparer le jugement du lecteur. Éclairer l'opinion, lui donner les moyens de forger ses avis et en aucun cas lui imposer une doctrine unique, tel est l'objectif des auteurs. Pour atteindre ce but, ils ont choisi un fil conducteur qui passe par le rappel des étapes de la prise de conscience internationale au cours des quarante années passées et qui aboutit, aujourd'hui, au terme du « développement durable ». Ils témoignent ainsi en faveur de l'établissement de nouvelles modalités d'échanges au sein d'une mondialisation qui soit humanisée et régulée, thème dont le Président de la République affirmait la nécessité lors de la conférence de Monterrey, en mars 2002. Ainsi ce livre apporte-t-il une pièce au nouveau débat ouvert par le sommet mondial du développement durable de Johannesburg.

M. Bruno Delaye,  
directeur général de la coopération et du développement

**Robert Barbault** Né en 1943, Robert Barbault est professeur d'écologie à l'Université Pierre et Marie Curie. Il y dirige l'Institut fédératif d'écologie fondamentale et appliquée et il est membre du Conseil national pour la science, membre de l'Academia Europa et président du Comité français du programme UNESCO « L'homme et la biosphère ». Il préside ou participe à plusieurs conseils scientifiques. Spécialiste de la dynamique des populations et des peuplements de vertébrés, il s'est fortement engagé dans le développement des recherches sur la dynamique de la biodiversité et a contribué à la création du premier programme national français sur le domaine, en connexion étroite avec la mise en œuvre du programme international Diversitas, auquel il a participé. Il est l'auteur de nombreuses publications et ouvrages (voir bibliographie générale de l'ouvrage).

**Antoine Cornet** Né en 1945, directeur de recherche à l'institut de recherche pour le développement (IRD), il est ingénieur agronome et docteur-ingénieur en écologie générale et appliquée. Membre du Conseil scientifique du Fonds français pour l'environnement mondial, il est aussi président du Comité scientifique français de la désertification et représentant de la France au Comité de la science et de la technologie de la Convention sur la désertification. Il a dirigé le département Milieux, environnement, agriculture de l'ORSTOM (aujourd'hui IRD) et dirige le centre IRD de Montpellier. Auteur de nombreuses contributions sur l'aridité et la désertification (voir bibliographie de l'ouvrage).

**Jean Jouzel** Né en 1947, docteur ès sciences (1974), directeur de recherches au CEA, Jean Jouzel a fait l'essentiel de sa carrière scientifique dans cet organisme. Directeur de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), qui se consacre aux recherches sur l'environnement global et Président de l'Institut polaire Paul-Émile Victor (IPEV). Il a participé au titre d'auteur principal aux second et troisième rapports du Groupe international d'experts sur le climat, dont il est membre du bureau et vice-président du groupe de travail scientifique. Il est auteur de près de 250 publications et membre de nombreux comités internationaux. Ses travaux, largement consacrés à la reconstitution des climats du passé à partir de l'étude des glaces de l'Antarctique et du Groenland, ont été récompensés par des prix et distinctions, dont la médaille Milankovitch, décernée par la Société européenne de géophysique, et un prix de l'Académie des sciences.

**Gérard Mégie** Né en 1946, Gérard Mégie est ancien élève de l'École polytechnique (1965) et docteur ès sciences (1976). Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie et membre de l'Institut universitaire de France, il a dirigé le Service d'aéronomie du CNRS de 1996 à 2000 et l'Institut Pierre-Simon Laplace des sciences de l'environnement de 1991 à 2000. Membre de nombreux comités scientifiques européens et internationaux, Gérard Mégie est correspondant de l'Académie des sciences. Il est actuellement président du Centre national de la recherche scientifique. Gérard Mégie est l'auteur de plus de 240 publications scientifiques, dont 80 publications dans des revues internationales à comités de lecture, et 130 actes de colloques et rapports scientifiques.

**Ignacy Sachs** Né en 1927, Ignacy Sachs a fait des études au Brésil, en Inde et en France. Socio-économiste, directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales depuis 1968. A participé, aux côtés de Maurice Strong, à la préparation des conférences de Stockholm et de Rio de Janeiro. Principaux ouvrages en français : La Découverte du tiers-monde (1971), Pour une économie politique du développement : études de planification (1977), Développer les champs de planification (1984), Quelles villes, pour quel développement ? (1996), L'Écodéveloppement (1997).

**Jacques Weber** Né en 1946, Jacques Weber est économiste et anthropologue. Chercheur à l'ORSTOM (aujourd'hui IRD) de 1971 à 1983, directeur du département d'économie à l'IFREMER de 1983 à 1992, responsable d'unité de recherche sur la gestion des ressources et de l'environnement au CIRAD à partir de 1993, il a mené et dirigé des recherches dans de nombreux pays tropicaux et en Europe. Il dirige actuellement l'Institut français de la biodiversité. Chargé de conférences à l'École des hautes études en sciences sociales et à l'Université de Paris X-Nanterre, il est membre de plusieurs comités scientifiques nationaux et internationaux, et vice-président du Comité français du programme « L'homme et la biosphère » de l'UNESCO. Son domaine principal d'intérêt est relatif aux interactions entre dynamique sociale et dynamique naturelle, dans le domaine de la biodiversité et des ressources renouvelables. Il est l'auteur de 80 publications en revues, ouvrages collectifs et communications à congrès, et de nombreux rapports de recherche et de consultance.

## Présentation

Il est couramment convenu que le sommet mondial de Johannesburg peut aussi être appelé «Rio +10». Cette appellation, vraie d'un point de vue calendaire, peut prêter à de sérieuses confusions. Certains pourront penser que la communauté internationale a attendu 1992 pour discuter des relations entre développement et environnement. Il serait peut-être plus pertinent de parler de «Stockholm +30» dès lors que les premières mesures à prendre y sont listées en 21 points qui seront à la base des discussions ultérieures. Dans la mesure aussi où Stockholm a produit la première analyse détaillée de ce qui était perçu de façon sectorielle jusque-là : l'environnement. Dans la mesure également où les liens entre développement et environnement y sont, pour la première fois, analysés de façon approfondie.

Un événement historique majeur est à l'origine d'une prise de conscience presque traumatique de la « fragilité » de l'écosystème terrestre : il s'agit de l'alunissage d'Apollo en 1969. Un monde jusque-là ressenti comme vaste est brusquement observé depuis la Lune comme une « fragile » boule bleue dérivant dans l'immensité noire de l'espace. Ce jour-là commençait l'histoire d'un monde perçu comme limité ; comme un « vaisseau spatial ». Que s'est-il passé depuis ? La crise énergétique de 1971-1973, appelée « premier choc pétrolier », a généré une angoisse relative aux stocks de pétrole, considérés comme limités à une trentaine d'années de consommation mondiale. Le Club de Rome a publié le fameux rapport Halte à la croissance, mauvaise traduction du titre original : The Limits to Growth, en 1972. Dès 1971, l'ONU organisait sa première conférence sur l'environnement à Founex.

Le mouvement était lancé, qui, de conférence en convention, allait mener à Rio de Janeiro en 1992 : Stockholm, Nairobi, Cocoyoc en marquant les grandes étapes. Elles interagissent avec la signature de conventions internationales, sur les zones humides, la sécheresse, la biodiversité, le climat, les gaz à effet de serre.

À Rio de Janeiro, le monde se donne un vrai programme, l'Agenda 21, qui détaille les mesures à prendre pour tendre vers une intégration de l'environnement et du développement, pour aller vers un développement qui soit « durable », ou « sustainable » en anglais. Des conventions sont signées, dont la Convention sur la biodiversité, et la communauté internationale se dote d'un instrument financier : le Fonds pour l'environnement mondial (FEM).

Depuis Rio, bien des choses se sont passées. Des groupes internationaux et multidisciplinaires d'experts ont été constitués pour affiner l'analyse des dynamiques à l'œuvre sur la planète, l'un des plus célèbres étant le Groupe international d'experts sur le changement climatique (GIECC). L'instrumentation a considérablement évolué, permettant des mesures très précises et crédibles. On a vu également, à travers les controverses, que les mesures les mieux établies et accep-

tées peuvent alimenter des interprétations divergentes. Des innovations majeures ont pris une importance considérable, au premier rang desquelles le génie génétique, à l'origine d'autant d'espoirs que de craintes.

De nouveaux concepts sont apparus. Développement Durable est défini internationalement en 1987, dans le rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, connu comme Rapport Bruntland, du nom de sa présidente. Un autre concept, le principe de précaution, apparaît en 1987 dans la Déclaration ministérielle de la Deuxième conférence internationale sur la protection de la mer du Nord : il aura un bel avenir, comme justification de décisions politiques en situation d'incertitude scientifique. Biodiversité est également un concept qui préexiste à Rio mais auquel la Conférence de 1992 a donné sa légitimité politique avec la Convention internationale sur la biodiversité. Enfin, un signe a pris une importance majeure dans les débats sur le développement durable et la biodiversité : il s'agit des OGM ou organismes génétiquement modifiés. Ils existent bien avant Rio, mais explosent dans la décennie qui sépare Rio 1992 de Johannesburg 2002. Des enjeux sociaux et politiques ont pris une importance majeure. La pauvreté s'est accrue d'ajustement structurel en ajustement structurel, de crise en crise, de rupture en rupture. « Bien que trente ans se soient écoulés depuis la signature de la Charte des Nations Unies, point de départ tendant à établir un nouvel ordre international, l'humanité se trouve aujourd'hui devant un choix critique. L'espoir de donner une vie meilleure à la famille humaine tout entière a été largement déçu (...). Au contraire, il y a plus d'affamés, de malades, de sans-abri et d'analphabètes que lors de la création des Nations unies. » Le présent ouvrage est rédigé en 2002, cinquante-six ans après la signature de la Charte des Nations unies, et il n'y a rien d'autre à modifier dans ce premier paragraphe de la déclaration de Coyoacán en 1974. Les événements du 11 septembre 2001 planent au-dessus de la préparation du sommet mondial de Johannesburg et tout le monde est conscient que les pays développés ne pourront pas, ne pourront plus, venir à un sommet mondial comme celui de 2002 pour se contenter de déclarations non contraignantes. Pour paraphraser le titre de l'ouvrage récent de Gérard Winter, « les pauvres sont impatients ».

Comment se présente cet ouvrage, qui voudrait offrir au lecteur la possibilité de comprendre les grands enjeux présents et sous-jacents au sommet mondial de Johannesburg ? En premier lieu, il résulte d'un choix : La démographie, mise en cause dès 1970 comme responsable de la dégradation environnementale, sur la base d'un raisonnement étroitement malthusien : la population croissant plus vite que ne le permet la « capacité de charge » de la planète, la démographie « galopante » (sic !) conduirait l'humanité à sa perte. De très nombreux ouvrages ont été publiés sur ce thème, que l'on trouvera dans la bibliographie générale. Nous avons choisi de ne pas traiter cette question dans le présent ouvrage. Non par désinté-

rêt ou minimisation mais parce que la démographie est reprise dans ses implications en termes de ressources, d'accès aux ressources, de biodiversité, de lutte contre la sécheresse, de changement climatique et, surtout, de pauvreté. Les enjeux retenus pour être traités dans cet ouvrage sont les suivants : La biodiversité, fondement même de la vie sur terre, est aujourd'hui un enjeu majeur, en raison des menaces qui pèsent sur son devenir. Robert Barbault en explicite les grands enjeux. Le changement climatique est présenté par Gérard Mégie, président du CNRS, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, et Jean Jouzel, directeur de recherche à l'Institut Simon-Laplace. La lutte contre la désertification et les enjeux liés à l'eau sont l'objet du texte de Antoine Cornet, directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement, président de la Commission française pour la lutte contre la désertification. Les enjeux économiques et sociaux et les étapes de la prise de conscience internationale sont l'objet du premier chapitre, rédigé par Jacques Weber, chercheur au CIRAD et directeur de l'Institut français de la biodiversité.

L'ouvrage se termine par une ouverture sur ce qui est attendu de Johannesburg, par Ignacy Sachs, directeur de recherche à l'École des hautes études en sciences sociales et secrétaire scientifique de la conférence de Rio de Janeiro. Un glossaire des principaux termes employés dans les publications sur le développement durable et l'environnement est offert au lecteur à l'issue de ces contributions. Des orientations bibliographiques commentées, un choix de sites Internet et des sources audiovisuelles permettront au lecteur qui le souhaite d'approfondir sa réflexion.

# Enjeux économiques et sociaux du développement durable.

Jacques Weber

CIRAD et Institut français de la biodiversité

## **INTRODUCTION.**

Opinions publiques et États de la planète ont pris lentement conscience des enjeux majeurs qui marquaient leur interdépendance et leur commune dépendance à l'égard du devenir de la Terre. Il aura fallu plus de trente ans, plus d'une génération, pour que les dynamiques globales, celles qui échappent à la bonne volonté comme au pouvoir des États pris séparément, soient reconnues, admises et deviennent l'objet de décisions planétaires. Cette lenteur, bien réelle, devient compréhensible si nous prenons en considération le travail considérable accompli pendant ces trente années. Dans un premier temps, nous visiterons les étapes de cette prise de conscience globale, de Founex (1971) à Johannesburg (2002).

Les grandes dynamiques environnementales, comme le changement climatique, la biodiversité, la désertification, ont des impacts sur le devenir des économies et des sociétés, on le conçoit aisément. Moins évidente pour de nombreuses personnes et pour nombre de gouvernements est la globalité du désastre de la pauvreté et de ses conséquences actuelles et potentielles; encore moins évidentes sont les interactions entre pauvreté, ressources renouvelables et environnement. La seconde partie de cet exposé sera consacrée aux enjeux économiques et sociaux sous-jacents au sommet mondial de Johannesburg.

Il n'y a pas, d'un côté, un environnement changeant avec une tendance lourde à la dégradation et, d'un autre côté, des humains, des gouvernements, des sociétés et des économies: dynamiques sociales et dynamiques naturelles évoluent en interaction, et les phénomènes globaux qui feront l'objet du sommet mondial sont le produit de ces interactions. La troisième partie de ce texte leur sera consacrée.

### **1 ÉTAPES D'UNE PRISE DE CONSCIENCE INTERNATIONALE.**

#### **Événements et conférences sur le développement et l'environnement.**

*Conférences et conventions thématiques.*

Parallèlement aux conférences générales, et en retombée de celles-ci, de nombreuses conférences spécialisées se sont tenues depuis trente ans. Les examiner aide à comprendre pourquoi la prise de conscience internationale et le passage du discours à l'application peuvent sembler si lents: en fait, des pas très importants ont été accomplis. Mais, hélas, le temps des problèmes tels que la pauvreté, l'effet de serre, l'érosion de la biodiversité, la désertification, n'est pas le même que celui des processus de la prise de décision et de l'application de ces décisions dans un contexte international.

### **Changement climatique.**

Les étapes de la prise de conscience sont analysées en détail dans la contribution de Jean Jouzel et Gérard Mégie à cet ouvrage. Quelques-unes des étapes méritent que l'on s'y appesantisse, en raison de leur importance dans les processus internationaux de décision.

C'est en 1979, il y a vingt-trois ans, que le Programme mondial de recherche sur le climat fut lancé. Il ne l'était pas par les États, mais par l'Organisation météorologique mondiale. Et en 1986, six ans avant Rio, l'ICSU, Confédération internationale des unions scientifiques, bâtit le programme international Géosphère-Biosphère (PIGB). Au départ, la prise de conscience fut le fait des scientifiques et ce sont eux qui lancèrent l'alarme sur le changement climatique et l'effet de serre. Ce n'était pas la première fois que les scientifiques prenaient ainsi l'initiative. Mais, avec la diminution de la couche d'ozone et la mise en accusation des chloro-fluoro-carbone, ou CFC, pour la première fois les travaux initiés par les scientifiques allaient déboucher sur une décision de portée mondiale : il s'agit du protocole de Montréal, signé en 1987, qui interdisait l'usage des CFC.

**1979** Programme de recherche mondial sur le climat mis en place par l'OMM

**1986** Programme international Géosphère-Biosphère, lancé par l'ICSU (Confédération internationale des unions scientifiques)

**1987** Protocole de Montréal, prohibant les CFC pour la protection de la couche d'ozone : premier exemple de décision contraignante relative à l'environnement mondial

**1988** Création du Groupe international d'experts sur le changement climatique (IPCC ou GIECC)

**1992** Conférence de Rio, discussion de la convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), ratifiée en 1994. La conférence de Kyoto en 1997 et celle de Marrakech en 2001 étaient des conférences des parties à cette convention

**1997** Conférence des parties 3 (COP3). Le protocole de Kyoto prévoit une diminution globale de 5 % des émissions de CO<sub>2</sub> en 2008 par rapport à celles de 1990. Les États-Unis, qui devaient réduire leurs émissions de 7 %, les ont déjà augmentées de 24 % depuis Kyoto. Le protocole de Kyoto a adopté le principe de la gestion des émissions par instauration d'un marché mondial de permis d'émissions. Il institue aussi un « mécanisme de développement propre » autorisant la compensation d'émissions en un lieu par du stockage de carbone en un autre lieu

**2001** Marrakech (COP7) entérine la prise en compte des « puits de carbone » dans le calcul des réductions demandées à chaque pays.

TABLEAU 1. Étapes de la prise de conscience du changement climatique.

Ainsi, des décisions destinées à gérer des questions d'environnement mondial dues à des pressions anthropiques très inégalement réparties selon les États pouvaient être prises au niveau mondial avec une application mondiale et dans des délais brefs. Bien d'autres décisions ont été prises sur proposition scientifique, mais c'était la première fois qu'il s'agissait d'une décision à caractère contraignant. De plus, les conséquences potentielles d'une disparition de la couche d'ozone ont été pour beaucoup dans la prise de conscience internationale des enjeux globaux d'environnement.

À partir de là, la création du Groupe international d'experts sur le changement climatique (GIEC), en 1988, était rendue plus évidente. Le GIEC s'est révélé fondamental pour la suite, en se situant entre connaissance scientifique et mise en œuvre dans des processus de décision. Les rapports du GIEC, comportant des scénarios de changements climatiques assortis d'une analyse de leurs conséquences économiques et sociales, sont aujourd'hui au cœur des réflexions politiques nationales et internationales.

### **Biodiversité.**

La Convention sur la diversité biologique a été signée à Rio de Janeiro en 1992. Une fois encore, on peut considérer que Rio a unifié, mis en cohérence et renforcé des processus qui étaient engagés depuis des décennies. En 1946 était signée la Convention baleinière internationale, qui, certes, n'a pas empêché que l'on s'approche dangereusement de la disparition des grands cétacés, mais a aussi permis, par la suite, d'imposer un moratoire et permis la reconstitution, au moins partielle, de stocks de cétacés.

Dès 1959, le Traité de l'Antarctique prévoyait des mesures de protection de la faune et de la flore. Par la suite, des conventions plus spécifiques allaient préciser et renforcer le traité : en 1964 et 1980 pour la conservation de la faune et de la flore ; en 1972 pour la conservation des phoques. Puis, en 1979, était signée la Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices.

Dans le domaine marin, la Convention internationale de Genève sur la haute mer fut signée dès 1958, les zones côtières étant considérées comme relevant de la seule souveraineté des États. Dans son article 2, la convention porte bien la marque du consensus scientifique de l'époque, qui prévaudra jusqu'à nos jours : *« L'expression < conservation des ressources de la haute mer > signifie l'ensemble des mesures qui rendent possible un rendement optimal durable (optimum sustainable yield) de ces ressources, en vue d'assurer une offre maximale de nourriture et d'autres produits marins. Les programmes de conservation devront être formulés en assurant la première place à l'offre de nourriture pour la consommation humaine. »*

Cette convention n'a pas répondu aux espoirs qu'elle suscitait. En 1973, a lieu une conférence des Nations unies sur le droit de la mer,

qui se terminera neuf ans plus tard, en 1982, par la signature de la convention. L'une des mesures très importantes de cette Convention est l'institution des Zones économiques exclusives (ZEE) sur la zone des 300 milles au-delà des côtes nationales, avec souveraineté nationale. L'institution des ZEE laissait espérer que la maîtrise des États côtiers leur permettrait de contrôler les niveaux de captures par les flottes à longue distance ; de mettre en place des systèmes de licences assurant des rentrées monétaires permettant, entre autres, de couvrir les coûts de contrôle.

En 1995, la FAO<sup>1</sup> élaborait un « code de conduite pour une pêche responsable, signé par le plus grand nombre des États. Considérant que l'état des ressources halieutiques s'aggrave sans cesse, les États s'engagent à toute une série de modifications des comportements de pêche, visant la protection de certains groupes d'espèces et la prohibition des engins non sélectifs. Mais, plus important encore, la conférence de la FAO de 1999, qui actualise le code de conduite, abandonne la recherche d'un « rendement optimal durable » pour préconiser : « Une attention accrue devrait être accordée à la mise au point d'approches écosystémiques plus appropriées de la mise en valeur et de la gestion des pêches. » En cela, la conférence se met au diapason des avancées de la communauté scientifique internationale. Ces avancées seront entérinées et approfondies dans la Déclaration de Reykjavik (octobre 2001) sur les pêches responsables.

La *Stratégie mondiale de la conservation*, dont une première version fut publiée en 1980, deux ans avant la conférence de Stockholm, est un événement important dans la prise de conscience internationale. Publiée par l'UICN, le WWF<sup>2</sup> et le PNUE, cette stratégie adopte une vision globale de la dynamique de la biodiversité dans ses relations aux sociétés. Elle pose clairement que la conservation de la nature a pour finalité la satisfaction des besoins humains et doit donc tenir compte des contraintes économiques et sociales. Il s'agit d'une étape fondamentale de la pensée conservacionniste, jusque-là entendue surtout comme destinée à mettre des morceaux de nature hors d'atteinte des pressions anthropiques. La Stratégie mondiale donnait raison à l'approche de l'UNESCO à partir du concept de « réserve de biosphère », qui considère que les humains font partie de l'écosystème, qu'il s'agit de conserver. Robert Barbault revenant longuement sur ce point

dans sa contribution à cet ouvrage, nous ne l'approfondirons pas ici.

S'il fallait retenir une année particulièrement importante sur la route de Rio 1992, ce serait l'année 1982. C'est l'année de la Conférence de Stockholm, bien sûr, mais aussi celle

1 FAO : Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation.

2 UICN : Union internationale pour la conservation de la nature ; WWF : World Wild Fund. La Stratégie mondiale, révisée après Rio, a été republiée en 1994, et traduite en français par le Bureau des ressources génétiques (BRG).

de la Stratégie mondiale de la conservation et de la Convention sur le droit de la mer. La Convention de Rio sur la diversité biologique devait être l'aboutissement de ces négociations internationales dans des domaines particuliers.

**1959** Traité sur l'Antarctique **1972** Convention pour la protection des phoques en Antarctique **1980** Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines en Antarctique  
**1946** Convention Baleinière Internationale  
**1971** Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale  
**1973** Convention de Washington sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES)  
**1979** Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices  
**1992** Convention de Rio sur la diversité biologique  
**1994** Convention de Paris sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et la désertification, en particulier en Afrique

TABLEAU 2. Principales conventions internationales dans le domaine de la biodiversité.

#### **Eau.**

L'eau n'est pas un thème abordé en tant qu'enjeu majeur dans cet ouvrage. À l'instar de la population, il s'agit d'un domaine important.

Le chapitre XVIII de l'Agenda 21 est consacré à l'eau, et plusieurs conférences internationales lui ont été consacrées: les dernières, à Paris en 2000 et à La Haye en 2002. Ces conférences ont fait l'état des lieux des disponibilités, des usages de l'eau et de son accessibilité. Le Conseil mondial de l'eau (World Water Council) fait circuler une pétition en vue de la tenue d'une conférence spécifique devant aboutir à une convention cadre sur l'eau, qui, à ce jour, n'existe pas.

Le PNUD estime que 1,3 milliard de personnes n'a pas accès à une eau potable. Déjà, les humains utiliseraient 40 % des ressources en eau, dont les trois quarts à des fins agricoles. L'eau, comme les autres ressources, est d'accès inégalitaire à travers le monde. Ici, l'eau est privatisée, là son coût est prohibitif: dans les villes des PVD, les plus pauvres achètent l'eau à des porteurs, à un coût bien plus élevé que celle reçue à domicile par les plus riches. Les grandes multinationales de l'eau ont compris cet enjeu – et ce marché – et conçoivent des systèmes d'adduction d'eau pour les quartiers pauvres des villes des PVD, tel le programme « Eau pour tous » de la compagnie Ondeo.

Une idée répandue par la conférence de Paris est que l'eau serait l'objet de guerres au XXI<sup>e</sup> siècle. L'histoire de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle tend à montrer que les conflits ont eu lieu pour des espaces irrigués (exemple de la guerre Sénégal-Mauritanie) ou pour l'accès à l'eau dans des conflits entre agriculteurs et éleveurs. Par contre, l'eau elle-même, en tant que ressource « rare », n'a guère prêté matière à conflit et la plupart des fleuves de la planète sont plus des liens et des facteurs de paix que de guerre, à ce jour, en dépit de cas dramatiques comme le Tigre et l'Euphrate, le Mékong, le Jourdain, pour lesquels l'absence de coordination internationale des usages est une des principales causes.

On peut prévoir que l'eau sera discutée à Johannesburg. Mais l'on peut se demander si les enjeux seront correctement envisagés dans un contexte marqué, d'une part, par une extension massive des espaces irrigués, peu économes en eau, d'autre part par un accroissement de la puissance des grandes multinationales de l'eau. Si l'eau n'est pas abordée par une contribution spécifique dans cet ouvrage, c'est qu'elle est une ressource, présentant des enjeux semblables aux autres ressources que sont les espèces vivantes, végétales et animales, terrestres et marines : le choix effectué pour cet ouvrage était de privilégier les grandes dynamiques et leurs impacts économiques et sociaux.

### **Désertification.**

Antoine Cornet, dans le présent ouvrage, décrit l'évolution des conceptions et des actions relatives à la désertification. Il montre, entre autres, que les enjeux liés à l'eau et ceux liés à la désertification ne se recouvrent que très partiellement. Les deux se recoupent au moins sur un point : le manque d'engagement concret de la communauté internationale dans l'une comme dans l'autre.

Discutée à Rio, c'est en 1994 que sera signée la Convention de Paris sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et la désertification, en particulier en Afrique. Cette question est l'objet de la contribution d'Antoine Cornet à cet ouvrage, qui montre que la question a donné lieu à bien des débats, portant sur l'existence même de la sécheresse. Ces débats scientifiques ont montré qu'il s'agissait d'un phénomène variable et non toujours irréversible, dans lequel les activités humaines pouvaient jouer un rôle aggravant ou modérateur, selon les modes d'usage des terres. Comme dans tous les cas de ressources renouvelables, il apparaît que les modalités d'accès aux ressources, à la terre, à l'eau conditionnent amplement la dynamique des impacts économiques et sociaux de la désertification. Des régimes d'appropriation correctement définis sont un levier essentiel de toute gestion de l'environnement, ces régimes

ne pouvant se réduire à la propriété privée ou à la propriété étatique : une grande diversité de régimes de propriété commune a montré une réelle capacité à gérer des ressources et des écosystèmes dans la longue durée.

### Du développement au développement durable.

Lors de la conférence de Founex, le développement économique était au centre des préoccupations, et l'environnement envisagé en tant que contrainte, en tant que coût. À Stockholm, l'environnement était prioritaire, conjointement, avec l'économie et il en ira de même à Rio. On peut espérer qu'à Johannesburg, le développement social prendra le pas sur l'économie et l'environnement, tant les humains sont la seule destination des progrès économiques et environnementaux.

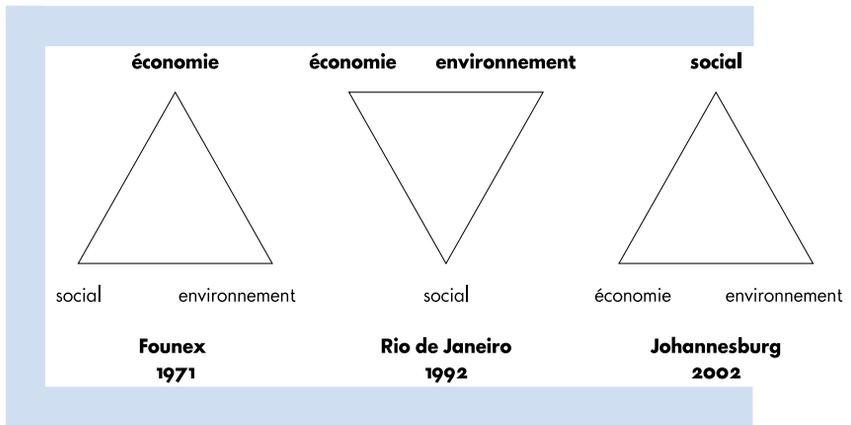


FIGURE 1. L'évolution de la hiérarchie des enjeux, de Founex à Johannesburg.

### Évolution des conceptions scientifiques.

Que s'est-il passé ? Les problèmes écologiques sur la planète ne sont pas nouveaux ; les problèmes de développement non plus. Par contre, la façon dont nous voyons les problèmes a presque entièrement changé depuis la fin des années soixante.

En raison de leur nombre et de leur technologie, les humains influencent le devenir global de la planète. Il est possible que la croissance industrielle produise des irréversibilités dans l'évolution de l'écosystème terrestre global. Les hommes commencent à avoir peur des conséquences de leurs actes sur le devenir de la planète, donc sur le sort de leurs descendants.

Nos instruments d'observation et de mesure ne sont plus ce qu'ils étaient en 1969. Les progrès techniques, considérables dans les domaines du spatial, de l'informatique, mais aussi des modèles d'interprétation du monde physique

et biologique, ont eu pour résultat que les lunettes avec lesquelles nous regardons le monde ne sont plus les mêmes.

Jusqu'au milieu des années quatre-vingt, le monde était largement perçu comme à l'équilibre. Les livres des mouvements écologistes parlaient de « préserver » ou de « restaurer » des « équilibres naturels ». L'écologie scientifique a, pour sa part, appris à vivre dans un monde où le changement, l'instabilité, la variabilité sont la norme, et l'équilibre, l'exception. Ainsi a-t-on découvert, contrairement au sens commun, que l'instabilité génère de la biodiversité, au moins à l'intérieur de limites de viabilité. La notion d'« équilibre naturel » n'est plus ce qu'elle était, ni pour les chercheurs, ni pour les praticiens concernés par la gestion des espaces « naturels ».

Dans le même temps, nous nous trouvons confrontés à la production de points de vue contradictoires, selon l'échelle d'observation à partir de laquelle ils sont construits. Ainsi, une forêt tropicale est stable vue comme un tout : faible amplitude de température, hygrométrie quasi constante. Par contre, cet écosystème forestier tropical humide est constitué de niches écologiques à diverses échelles, emboîtées et interagissant, générant ainsi de l'instabilité à toutes les interfaces entre niches. Et l'on peut penser que cette instabilité locale est l'explication première de la diversité biologique de ces systèmes.

Ainsi, il y a la réalité du monde et les interprétations de cette réalité. Il y a l'avenir et les interprétations de cet avenir. De la réalité comme de l'avenir, nous ne connaissons que les interprétations que les hommes en ont, et qui sont fonction des instruments et des échelles d'observation, comme des philosophies et de l'état de l'opinion publique. Les savants sont de chair, de sang, et pas seulement de neurones.

#### *Nouveaux concepts, nouvelles approches.*

De nombreux concepts sont nés de ces conférences sur l'environnement et le développement, ou de l'évolution de la recherche.

Le développement durable est bien le plus célèbre. La définition, issue du rapport Brundtland, en a été donnée. Rappelons-la quand même : *un développement qui satisfait les besoins de la génération présente en préservant pour les générations futures la possibilité de satisfaire les leurs*. Sur la base de cette définition unique, les interprétations vont diverger, en s'appuyant sur les diverses conceptions des relations entre les humains et la nature. D'un côté les tenants de la « durabilité forte », pour qui les espèces et les écosystèmes ne sont pas remplaçables, et pour qui la durabilité impose la conservation intégrale de la nature. De l'autre, les tenants de la « durabilité faible », pour lesquels le progrès technique permet de substituer des produits à une nature qui n'est plus indispensable (Godard, 1994). Les tenants de la *durabilité faible* envisagent même

que les « services » rendus par la nature (voir Robert Barbault dans cet ouvrage) puissent être substitués par le progrès technique. On retrouve là le clivage entre la conservation, qui autorise l'exploitation de l'écosystème sous réserve de conservation des éléments nécessaires à sa reproduction dans le temps, et la préservation, qui implique une conservation totale des écosystèmes.

On voit aussi émerger le *principe de précaution*, qui aura également une belle destinée dans les processus de décision comme dans les médias (Godard, 1997 ; Kourilski et Viney, 2000). Souvent entendu comme une abstention d'agir, le principe de précaution est, au contraire, un principe et une *obligation* d'agir : « *En présence d'un risque avéré, on ne saurait s'abriter derrière l'absence de certitude scientifique pour ne pas décider.* » Le principe de précaution restitue aux politiques la responsabilité d'une décision que ne peut fonder la science en l'état actuel des connaissances.

Dans le domaine des sciences sociales, les vingt dernières années auront vu l'émergence d'une « économie de l'environnement ». Ce champ disciplinaire se crée à partir à la fois de l'économie des ressources et de l'économie de l'énergie. Ce développement de l'économie de l'environnement est fortement influencé par l'écologie. Ainsi, dans la lignée de Odum, des économistes ont tenté et tentent encore de construire des comptabilités énergétiques. Par exemple, pour comparer des filières sur la base de leur contenu en énergie : combien de TEP (tonnes équivalent pétrole) faut-il pour produire une tonne de maïs dans les Andes ou au Mexique, et en agriculture intensive comme dans le sud-ouest de la France ? La comparaison aurait pu déboucher sur un système taxant les filières énergétivores pour subventionner les filières économes en énergie.

Un autre exemple d'influence écologique est celle de Holling, qui privilégie l'étude et la recherche de comportements adaptatifs dans la nature et de stratégies de gestion de l'environnement qui soient également adaptatives. Au lieu d'éliminer la variabilité du raisonnement, il s'agit non seulement de prendre en compte cette variabilité, mais de s'en servir pour gérer l'environnement.

La montée des préoccupations environnementales, jointe aux évolutions scientifiques, a conduit à l'élaboration de nouvelles conceptions du développement agricole connues sous le nom médiatique de « *révolution doublement verte* ». La démarche part du constat que la première révolution verte avait réussi dans les pays à excès d'eau et de population, au prix d'une artificialisation des milieux, une sélection poussée des plantes et une utilisation intensive d'intrants, engrais et pesticides : ce faisant, la réussite de cette révolution se traduisait par des coûts devant être supportés par les générations futures, tels que dégradation des milieux, rémanence des pollutions par pesticides, pertes de biodiversité.

Sur cette base, l'idée de « révolution doublement verte » suggère de rechercher des modèles d'agriculture basés sur la biodiversité, se servant de la variabilité naturelle au lieu de l'écartier, jouant avec la biodiversité sans en obérer le futur. De nombreuses expériences ont été menées à travers le monde dans cette direction. Le semis direct sous plante de couverture, largement diffusé aujourd'hui et dans lequel la recherche française a eu une part importante, va dans ce sens. Il revient à abandonner le labour et à semer directement sous plante de couverture, ce qui assure le maintien de l'humidité et empêche la pousse de « mauvaises » herbes. On peut espérer que l'avancée des connaissances aboutisse à un rééquilibrage de l'effort de recherche en faveur d'agricultures alternatives au modèle productiviste industriel.

Ce qui a peut-être le plus évolué au cours des vingt dernières années est relatif à la conception du travail scientifique, qui est passé de la stricte orthodoxie disciplinaire à la reconnaissance que la complexité des questions environnementales rend impérative une interdisciplinarité qui ne soit pas simplement proclamée mais effective. C'est ainsi, pour ce qui concerne la France, que le CNRS a créé des programmes interdisciplinaires dès le milieu des années quatre-vingt, tandis que d'autres instituts se dotaient de départements thématiques regroupant de multiples disciplines. Et, récemment, le CNRS décidait de placer l'interdisciplinarité au cœur de sa stratégie. Les nombreux appels à propositions de recherche lancés dans le cadre du Programme Environnement du CNRS, ainsi qu'à l'ORSTOM, devenu l'IRD, à l'INRA, au CIRAD et dans d'autres instituts, ont contribué à la formulation des questions environnementales en termes interdisciplinaires. Il s'agit là d'une évolution très importante de la recherche, même si elle est loin d'être parvenue à son terme au bout de vingt ans.

Enfin, depuis Stockholm, Internet a bouleversé les communications et l'accès à l'information dans des proportions considérables. Internet a rapproché les scientifiques entre eux et les a rapprochés des sources de données. Le travail scientifique n'est plus tout à fait le même qu'avant Internet. Ce considérable progrès n'est l'apanage que des plus riches, tant Internet reste inaccessible à l'immense majorité des humains.

## **2 ENJEUX SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES.**

### **La pauvreté comme dépossession.**

La prise en compte des générations futures a fait quelque peu oublier les générations présentes : un monde inéquitable *aujourd'hui* ne peut pas être durable. Le rapport de la commission Brundtland, dès 1987, le rappelait en termes clairs. Pourtant, il faut également reconnaître en termes aussi clairs

que le nombre des plus pauvres a augmenté, et que leur misère s'est aggravée depuis les indépendances. Le constat de départ de la déclaration de Cocoyoc, cité dans la présentation de cet ouvrage, est toujours d'actualité après tant d'années, tant de conférences plaçant la pauvreté au centre de leurs préoccupations et tant d'engagements internationaux *non contraignants* dont l'histoire montre, hélas, qu'ils n'étaient que des pétitions de principe.

Pour la Banque mondiale, la pauvreté se définit par un revenu quotidien égal ou inférieur à un dollar US : ainsi entendue, elle toucherait 1,3 milliard d'individus. De son côté, le PNUD, dans son rapport de 1999, rappelait que les 20 % les plus riches possédaient 86 % de la richesse mondiale. Tout est en cohérence avec cette terrible évidence : les 20 % les plus riches constituent 93 % des utilisateurs d'Internet et les 20 % les plus pauvres, 0,2 %. Au cours des trente-cinq dernières années, l'écart de revenus entre les cinq pays les plus riches et les cinq les plus pauvres a plus que doublé.

#### *État des lieux et définitions de la pauvreté.*

La Banque mondiale définit un seuil de pauvreté comme première approche, et à des fins de comparaison internationale. Et c'est un critère commode, permettant au moins partiellement de dire qu'il y a plus de pauvres ici que là... Les critiques font remarquer qu'un dollar permet ici de se nourrir correctement chaque jour, tandis qu'ailleurs, il ne permet au mieux que d'acheter une baguette de pain. Ils font également valoir que la pauvreté est un fait social, psychologique, culturel, non réductible à la seule pauvreté matérielle. Celle-ci serait l'expression d'un mal encore plus grave.

Les Français, dans l'ensemble, font des inégalités la cause première de la pauvreté, et de la lutte contre ces inégalités le principal moyen de combattre la pauvreté. Un ouvrage de Gérard Winter (2002) reflète bien cette position, que l'on retrouve également dans les critiques adressées par des économistes français au rapport de la Banque mondiale sur la pauvreté (2000). Plus précisément, leur préoccupation première est relative aux relations entre *équité* et *croissance*. Est-ce qu'une répartition *équitable* des revenus est, ou non, contraire à la croissance ? Or, les économistes savent bien que l'équité et l'égalité sont deux choses bien différentes : l'équité, relevant d'une norme socialement acceptée, peut correspondre à une inégalité des revenus, des statuts ou toute autre forme d'inégalité. Certes, la Banque avance que la pauvreté ne se réduit pas au manque d'argent, mais qu'elle inclut l'analphabétisme, l'impossibilité d'accéder à la santé ou même de s'exprimer. Il n'en reste pas moins qu'ayant dit cela, le rapport de la Banque mondiale sur la pauvreté part de catégories de pauvres, femmes, vieux, quintile le plus pauvre ou le plus riche : on est bien loin de la réalité sociale et de ses normes, qui contribuent à la persistance des pauvres.

Les progrès dans la compréhension de la pauvreté et des modalités de sa réduction sont, pour beaucoup, venus du PNUD et de Amartya Sen, prix Nobel d'économie, dont l'organisation internationale reprend les concepts et notamment celui de « *capability* », que traduit mal le mot « capacité ». Il s'agit des *potentialités réalisables* d'un individu, qui se réduisent à peu de choses en situation de pauvreté. Pour Sen comme pour le PNUD, la pauvreté est d'abord la traduction d'une absence de droits ou encore de l'insécurité, ou plus précisément *des* insécurités.

Insécurité économique dans un contexte de mondialisation et d'ajustements structurels qui ont réduit les dépenses de santé et d'éducation et condamné un grand nombre de salariés au chômage, comme la crise asiatique et celle qui frappe actuellement l'Argentine l'ont montré. La globalisation génère une instabilité locale dans le système, dont les pauvres sont les premières victimes. La compétition mondiale a conduit les États à réduire la sécurité de l'emploi et à étendre la flexibilité.

Insécurité de l'accès aux biens publics, tels que santé, éducation, justice, administration, aggravée par la pauvreté. Les pauvres sont susceptibles de bénéficier d'actions publiques ou privées à caractère caritatif, mais n'ont qu'un accès incertain aux services de base associés à la citoyenneté. Dans les pays ayant « bénéficié » d'ajustements structurels, la « vérité des prix » pour la santé, l'éducation ou la justice a rendu ces biens publics inaccessibles aux petites gens.

Pour mesurer la pauvreté et la richesse sur une même échelle, qui ne soit pas monétaire, Amartya Sen et le PNUD ont créé un Indicateur de développement humain, ou IDH, qui se situe entre 0 et 1 et prend en compte le revenu, la santé, l'éducation, l'espérance de vie. Un tel indice montre bien que la pauvreté n'est pas réductible à un manque d'argent. Le Kérala, État de l'Inde très pauvre, a un IDH proche de celui de la France (environ 0,8 au 111<sup>e</sup> rang mondial, dans une Inde qui se situe au 132<sup>e</sup> rang).

En cohérence avec la définition du PNUD, l'auteur de ces lignes suggère que l'on peut définir la pauvreté comme *une absence de maîtrise de son présent, donc de son futur*.

#### *Pauvreté et environnement, pauvreté et développement durable.*

Pourquoi parler autant de pauvreté dans un ouvrage dédié aux étapes de la prise de conscience environnementale ? Parce que les humains font partie intégrante de l'environnement, dont ils vivent et qu'ils contribuent à modifier, souvent à dégrader, parfois à améliorer. Depuis la conférence de Stockholm, des voix autorisées et respectées se sont élevées pour faire des pauvres les principaux responsables de la dégradation des écosystèmes. L'acte d'accusation a été formalisé par la Banque mondiale (1993),

sous le titre de *Environmental Nexus* que l'on pourrait traduire par « connexion environnementale ». La démographie serait « galopante », celle des pauvres galopant plus que celle des riches ; du fait même de leur précarité, les pauvres seraient souvent directement dépendants des ressources naturelles renouvelables qu'ils surexploiteraient selon des dynamiques dites de « tragédie des biens communs », selon l'expression de G. Hardin (1968). Il en résulterait une dégradation accélérée des écosystèmes. La survie de la planète supposerait, selon les tenants d'un malthusianisme basique, que l'on ramène la population à un niveau compatible avec la « capacité de charge de la planète », estimée par eux de 500 à 600 millions d'habitants, contre 6 milliards actuellement. La solution consistant, selon Hardin (1993), à bloquer les migrations internationales, puis à stériliser les femmes pauvres après leur second enfant. En France, ces conceptions ont été l'objet d'une critique radicale, entre autres par Hervé Le Bras (1993).

La notion de capacité de charge n'a de pertinence qu'en environnement fermé et à technologie constante. Au niveau local, cette notion n'a pas grand sens pour étudier les relations entre humains et nature, les conditions de validité du concept n'existant pas : l'environnement est ouvert et la technologie évolue. À l'échelle de la planète, il existe sans nul doute une capacité limite de la biosphère à absorber à la fois la croissance de la population et celle de l'industrie. Mais, cela dit, la calculer semble à l'heure actuelle tout à fait impossible.

En fait, la seule différence entre pauvres et riches est que les pauvres consomment moins de ressources renouvelables que les riches, mais qu'ils en sont directement dépendants, quand les plus riches peuvent se sentir indépendants du milieu parce qu'ils se procurent ces produits sur le marché et non à leur source. Pour le PNUD et le PNUE, et en accord avec les déclarations de toutes les conférences depuis Founex en 1971, les pauvres sont les principales victimes des dégradations environnementales, sur le plan sanitaire, sur le plan des ressources à leur portée, et en raison de l'appauvrissement des écosystèmes. Ce que les vingt dernières années ont amené à comprendre mieux réside dans l'importance des modes de gouvernance dans le traitement de la pauvreté. Ce terme, aujourd'hui d'usage fréquent, est peu souvent défini. Le PNUD en donne une définition précise : « *Gouvernance signifie le cadre de règles, d'institutions et de pratiques établies qui pose les limites et délivre des incitations comportementales pour les individus, les organisations et les firmes* » (PNUD, 1999 : 8).

En opposition au point de vue des socio-biologistes, de nombreux chercheurs considèrent que les dégradations d'écosystèmes résultent, chez les pauvres, non de la pauvreté en elle-même mais de la précarité : celle-ci conduit à tirer tout ce qu'il se peut d'un écosystème, le plus vite possible et sans chercher à en assurer le renouvellement. Ce comportement

et ses effets sont bien connus dans l'exploitation de ressources renouvelables en situation d'accès libre. La sortie de la pauvreté commence donc par la reconnaissance formelle de droits sécurisés, pour l'accès à la terre et aux ressources comme aux biens publics.

#### **Accès et usage des ressources.**

Qu'il s'agisse d'atmosphère, de poissons, de gibier, de forêts, d'eau et de toute ressource renouvelable, les enjeux peuvent être ramenés à des questions d'accès, d'usage et de dynamique des interactions entre ressources et usages.

#### *De quoi s'agit-il ?*

Les problèmes de gestion de la nature en général sont encore abordés de façon trop strictement écologique, et les mesures qui sont édictées à l'égard des hommes partent d'observations écologiques et bien peu encore de l'organisation sociale des humains. La protection des écosystèmes et les aires protégées sont des remises en cause de droits d'accès et d'usages de populations locales, sans compensation. Il arrive que soit ainsi instaurée une situation d'accès libre là où existait une propriété commune, laquelle régissait l'accès.

La plupart des ressources renouvelables sont des ressources communes, *en propriété commune*. Les législations nationales ont exproprié les communautés locales, soit en rattachant ces ressources au domaine privé de l'État, soit en les concédant, en pleine propriété ou non, à des intérêts privés. Sur le continent africain, ces lois datent de 1929-1930. Dépossédées, les communautés locales n'ont aucune incitation à participer au contrôle de l'accès.

La propriété de l'État sur les ressources engendre la nécessité du contrôle de l'accès et de l'usage de ces ressources à un coût rapidement prohibitif, même pour des pays moyennement développés. L'impossibilité d'assumer ces coûts de contrôle transforme les ressources du domaine privé de l'État en ressources en accès libre de fait. Dans la très grande majorité des situations d'accès libre observées à travers le monde, cette situation a été créée par les États ou, indirectement, par les projets de développement ou de conservation de la nature, initialement par manque de connaissance en sciences sociales. Les grandes organisations non gouvernementales, telles l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) ou le WWF (World Wild Fund), se sont progressivement dotées des compétences voulues.

#### *Des ressources renouvelables.*

Il convient de distinguer, de traiter à part les ressources renouvelables et de ne pas les noyer dans cet ensemble informel que constituent les « ressources naturelles ». En effet, on ne peut faire durer les mines ou les puits de pétrole

qu'en ralentissant le rythme de leur épuisement. Il est par contre possible de prélever éternellement des ressources *renouvelables*, en veillant à ne pas prélever plus que le renouvellement des ressources exploitées.

Parmi ces ressources renouvelables, les pêcheries, l'eau, la faune et la flore sauvage, donc la biodiversité naturelle terrestre et marine, ainsi que les forêts et l'atmosphère. Le problème posé est le suivant : *quel mode de coordination possible entre les exploitants, sous double contrainte de pérennité de la ressource et de profitabilité de l'exploitation ?*

En l'absence de limitation de l'accès à ces ressources, il entre sans cesse de nouveaux exploitants, aussi longtemps qu'un profit reste possible. Le système de l'accès libre conduit à la fois à la dégradation des ressources et à la ruine économique. C'est ce que Hardin a improprement appelé la « tragédie des communs » ; improprement dans la mesure où la propriété commune exclut l'accès libre.

Les biologistes ont tenté de gérer ces ressources sur la base de normes de sélectivité, des quotas, des restrictions spatiales et temporelles de prélèvement. Les forestiers se donnent un diamètre minimal des arbres à abattre, là où les biologistes marins proposent des tailles minimales à la capture et des tailles minimales de maillage ; les quotas existent pour toutes les ressources renouvelables, sauf, pour l'instant, en ce qui concerne l'atmosphère ; les restrictions spatiales et/ou temporelles sont présentes pour toutes, sauf, là encore, pour l'atmosphère.

Les économistes ont d'abord approché la question sur la base des interactions entre les exploitants de ces ressources, considérées *a priori* comme en accès libre. Toute décision prise par l'un des acteurs dans une exploitation en commun contraint les décisions que les autres acteurs peuvent prendre, dans la mesure où, rapidement, ce que prélève un agent ne sera pas disponible pour les autres et réduira leur part du gâteau. Ainsi se définit une *externalité technique*. Si la décision de mon co-exploitant me nuit, je ne peux lui demander aucune compensation, en l'absence de contrat ou de mécanisme de marché, ou d'institution régulatrice.

On parlera, dans ce cas, d'une *externalité négative*. Si, au contraire, l'action de mon co-exploitant m'est favorable et réciproquement, il s'agira d'une *externalité positive*. Ainsi posée en termes d'externalité, la question trouve un ensemble de solutions : il s'agira d'*internaliser les externalités*, c'est-à-dire de construire des mécanismes ou des institutions qui rendent possibles des compensations et la prise en charge des coûts par les acteurs eux-mêmes. Ces instruments sont des taxes, des prêts bonifiés, des licences, des licences transférables, des droits de propriété, des marchés de droits. Il est avéré que les régimes d'appropriation doivent être précisément définis. Ces régimes ne sauraient se réduire à la propriété privée ni à la propriété d'État : ils comportent

aussi de multiples formes de propriété commune ayant permis le maintien dans la longue durée de nombreux écosystèmes locaux. En France, il en existe de nombreux exemples : les communaux, espaces propriété de communes et accessibles à l'ensemble des citoyens de la commune selon des règles très diverses ; la Camargue gardoise, ou « Petite Camargue », est gérée en communal depuis le quinzième siècle, alors même que cet espace n'a cessé et ne cesse d'évoluer sur le plan des usages des marais, avec des activités parfaitement insérées dans le marché européen et dans le marché mondial. La gestion en commun n'a rien d'exotique ni de folklorique et a permis de maintenir la viabilité des écosystèmes et des sociétés qui en vivent depuis des siècles.

Dans les années quatre-vingt, la croyance en la propriété privée comme régulateur universel trouvait sa légitimité dans la « tragédie des communs » de Hardin. Si ce qu'il appelait propriété commune (en fait l'accès libre) conduisait à la ruine, alors la propriété privée était la solution. D'un autre côté, il était supposé que la généralisation de la propriété privée contribuerait à l'émergence de marchés, marchés considérés comme l'un des objectifs cruciaux du développement. Las ! nul ne sait si la propriété crée le marché ou l'inverse ! Toujours est-il que les tentatives de privatisation des terres de parcours d'éleveurs, dans le Ferlo au Sénégal et chez les Masai au Kenya et en Tanzanie, ont eu pour principal effet la disparition des règles de réciprocité et le départ des dépendants vers les bidonvilles. Au plan écologique, le résultat fut un surpâturage autour des puits et une dégradation des pâturages, la fin des transhumances ne permettant plus de les exploiter au mieux en fonction des saisons.

La reconnaissance de régimes très diversifiés d'appropriation, permettant de sécuriser des droits d'accès et d'usage temporaires ou permanents, constitue l'un des plus sûrs moyens de lutte contre la pauvreté : il est la condition d'une gouvernance locale permettant aux communautés locales de reprendre possession de leur présent, donc de s'inscrire dans une durée. Aujourd'hui, dans la plupart des pays pauvres, les éleveurs transhumants ont des difficultés croissantes tenant à la non-reconnaissance formelle de leurs droits d'accès, souvent ancestraux, niés par des projets de conservation de la nature, de *ranching*, ou plus simplement de développement agricole. Les peuples arctiques de l'Europe connaissent également des problèmes de cette nature. Quant aux Pygmées, leur citoyenneté est souvent bien peu reconnue dans les faits. Il ne s'agit là que de quelques illustrations du problème récurrent de la reconnaissance de droits aux plus pauvres, comme élément clé de leur reprise de contrôle sur leur présent et leur futur.

# Principales mesures de gestion des ressources renouvelables en usage.

*Sélectivité* désigne, de façon générale, la conception des outils d'exploitation, pour en limiter les effets négatifs. En pêche, le chalut est peu sélectif, ce qui est très partiellement compensé par des limitations de maillage. La sélectivité repose donc sur des *normes*: taille ou âge à la capture, diamètre minimal des arbres à l'abattage en sont des exemples. L'effet écologique dépend des modalités d'application: en situation d'accès libre, ces normes ont peu de chances d'être respectées, ou ne le seront qu'à coût de contrôle prohibitif.

*Quota*: le quota impose une quantité ou un volume maximal par exploitant. Il est décidé pour préserver le renouvellement de la ressource. Son respect implique des coûts de contrôle élevés. Son impact biologique peut être positif mais, en l'absence de limitation des capacités d'exploitation des agents, l'effet économique ne peut être positif: il se traduit par une limitation du stock accessible, à capacité de production inchangée.

*Taxe*: la taxe, inverse de la subvention, alourdit les coûts de production. Elle reconstitue une rente au mieux égale au volume de la taxe et peut être utilisée, le cas échéant, à dédommager les agents qu'elle oblige à quitter l'exploitation. La taxe peut aussi être utilisée de façon incitative, à l'instar de l'*écotaxe*: prélevée sur les activités polluantes, elle peut servir à subventionner ceux des agents qui mettent en œuvre des innovations réductrices de pollution. La taxe, directement liée à l'activité et retournant à l'activité, est considérée comme « fiscalement neutre ». Toutefois, des décennies d'observation internationale laissent penser que la taxe est un très bon instrument pour stopper une dynamique indésirable de l'exploitation, le temps de concevoir et mettre en œuvre un système de gestion, mais qu'elle n'est pas une mesure de régulation dans la durée. Il faut une année au moins pour la modifier, ce qui est trop long dans le cas de ressources spéculatives (la crevette par exemple); coûteuse à percevoir, elle tend à s'évaporer par diminution de l'élément taxé dans le système de production.

*Licence et permis*: un permis n'est pas une limitation mais une simple condition d'accès. Chacun peut accéder au permis de conduire. Par opposition, la licence repose sur un *numerus clausus*: seul un nombre strictement défini d'usagers pourra accéder à l'exploitation: l'accès libre n'existe plus. L'effet biologique est similaire à celui du quota au stade initial. Par la suite, la licence, pour être efficace, doit être accompagnée de limitations de prélèvements et de normes techniques. Par contre, l'effet économique est direct: la diminution des prélèvements s'obtient par dimi-

nution des exploitants, donc des capacités de production. La rente qui est attendue de la licence, par la reconstitution de l'abondance de la ressource, peut être utilisée pour dédommager les exploitants n'ayant pas accédé à une licence. Toutefois, l'observation historique montre que la mise en place de licences représente un coût initial pour l'État et que la non-limitation des prélèvements limite l'efficacité des licences.

*Licence négociable*: la licence peut être définie comme revendable sur un marché. En France, les permis, accessibles à tous, ne sont pas revendables: les licences, constituant un privilège d'usage, le sont. Ainsi l'expression « *permis négociables* » utilisée à propos des droits d'émission de CO<sub>2</sub> repose-t-elle sur un faux ami: la licence française se dit « *permit* » en anglais; réciproquement, la « *driving license* » anglaise est un permis de conduire. Le fait que les licences soient négociables permet d'avoir une indication de la productivité de l'activité, reflétée par le prix qu'elles atteignent.

*Marchés de droits*: sauf les quotas, en supposant qu'ils soient respectés, les instruments qui précèdent n'offrent pas une garantie de limitation des prélèvements dans la durée. Il a donc été imaginé, dans la seconde moitié des années soixante-dix, de distribuer des droits quantitatifs de prélèvement négociables. Dans le cas des pêches, il s'agit de *quotas individuels transférables* ou QIT; en agriculture, des quotas laitiers; dans le domaine de la pollution, de droits d'émission (communément appelés « droits à polluer »). Dans le cas de ressources renouvelables, il s'agit « d'internaliser » complètement les « externalités ». L'exploitant peut utiliser son quota négociable comme il l'entend, avec les moyens qu'il veut, dans la limite de ses droits. S'il le désire, il peut vendre ou acheter des droits aux autres exploitants. Le gestionnaire (l'État le plus souvent) peut lui-même racheter des droits pour en diminuer le volume global, ou en remettre sur le marché. L'efficacité biologique est importante, les quantités exploitables étant plafonnées, chaque agent ayant des droits définis. L'efficacité économique réside dans une baisse importante des coûts de production par disparition des externalités et dans la perpétuation d'une rente égale à la valeur du total des droits négociables. Il est mis fin à ce que les économistes appellent la « dissipation de la rente ».

*Cas particulier des ressources génétiques : accès et « partage des avantages ».*

Les ressources génétiques sont des éléments du vivant, prélevés *in situ* pour être utilisés à des fins d'amélioration variétale, par la pharmacie ou encore le génie génétique. La Convention internationale sur la biodiversité (CDB), signée à Rio et ratifiée par le plus grand nombre des États (mais pas par les États-Unis), a distingué les problèmes d'accès et les questions de partage des avantages (ou bénéfices).

L'accès est laissé à la souveraineté des États. Dans nombre des pays tropicaux, où se trouve la plus grande part de la diversité aussi bien marine que terrestre, cela revient à décréter l'accès libre, compte tenu de la difficulté de contrôler les prélèvements dans la nature. Certes, tous les instruments évoqués pour le contrôle de l'accès aux ressources renouvelables seraient utilisables ici, mais ils ne le sont pas, ou pas encore. Et le rejet du problème sous l'ombre de la responsabilité des États, s'agissant des plus pauvres, est une façon d'obtenir un maintien du libre accès : la définition de règles communes au plan international aurait facilité la tâche de ces États.

Concrètement, il est en principe obligatoire d'inscrire toute collecte de matériaux vivants dans un pays quelconque dans le respect des lois de ce pays ou de faire précéder cette collecte d'une convention explicite avec cet État. La recherche, qu'elle soit publique, privée ou associative est dans ce cas. Pour la recherche publique française, la convention doit comprendre d'une part les modalités d'accès, d'autre part les modalités de partage des avantages.

Le « partage des avantages » a été timidement abordé à Rio 1992, sous forme d'encouragements à trouver des formes de partage équitable. Lors de la Conférence des parties à la Convention de La Haye (COP6), cette question a été rediscutée, sans que des règles internationalement admissibles et contraignantes ne soient envisagées. Pourtant, l'OCDE (1999) a longuement discuté cette question et le groupe d'experts a montré que partage des avantages et accès pouvaient faire l'objet d'un traitement simultané, à travers des contrats et des marchés de droits. Ce groupe d'experts a considéré que la définition de droits de propriété « adéquatement définis » – donc aussi bien collectifs que publics ou privés selon les cas – était un préalable à la mise en œuvre de modalités équitables de partage des avantages. Un cas concret aidera à comprendre l'intérêt de droits reconnus. Un chercheur de l'Institut de recherche pour le développement, travaillant en Bolivie, découvre une famille de molécules actives pour le traitement de la Leishmaniose, à partir des connaissances des Amérindiens *Chimanes*. Leur nom est donné à la famille de molécules appelées *Chimanes*. L'association des *Chimanes* au brevet comme aux éventuelles royalties est rendue difficile par leur absence de personnalité juridique. L'Institut dépose donc le brevet à son nom, avec engagement

unilatéral de reverser la totalité des royalties éventuelles au gouvernement bolivien. Ce seul exemple illustre l'inséparabilité de l'accès et du partage des bénéfices ainsi que la nécessité de conventions internationales pour en fixer des modalités de portée universelle. Ce que peut faire un institut public de recherche pour le développement semble peu réaliste pour des firmes privées. Ce qui est appelé « biopillage » résulte, au moins en partie, d'une absence de règles établies et d'un accès libre quasi aux ressources.

Compte tenu de l'importance et de la complexité du problème, on voit mal comment les administrations des pays pauvres pourraient en venir à bout sans impliquer les populations locales dans le contrôle de l'accès, aussi bien aux ressources qu'aux savoirs. Les ressources génétiques sont souvent associées à des savoirs locaux, qui sont également collectés par les chercheurs, qu'ils soient publics, privés ou associatifs. La question de la protection de ces savoirs a progressivement émergé et pris une place de plus en plus importante au sein de la Conférence des parties à la Convention sur la biodiversité. À La Haye, en 2002, le besoin de protéger les savoirs locaux au même titre que les ressources a été reconnu. L'OCDE et l'OMPI (Office mondial de la propriété intellectuelle) ont été associés à la réflexion. De nombreux participants à La Haye 2002 craignent que l'implication de l'OCDE et de l'OMPI ne conduise à des solutions de protection individuelle sur des ressources et des savoirs collectifs. Les Français ont mis en avant les appellations d'origine comme exemple montrant qu'il est possible, en protégeant un produit, de protéger aussi les savoirs et techniques qui ont permis sa production.

#### **Évolution des droits de propriété et marchés de droits.**

##### *Mise en prix de la nature.*

Dans la démarche utilisée pour évaluer économiquement la nature, il est fait appel à des enquêtes auprès d'échantillons de personnes qui doivent exprimer un « consentement à payer » (pour préserver) et un « consentement à recevoir » (pour accepter la destruction du bien environnemental). Cette démarche de création de marchés fictifs pour des biens non marchands est appelée « évaluation contingente ». Il est également fait appel à des mesures directes de la valeur d'usage, par constat des prix de marché de certains biens ou par observation des prix des produits marchands susceptibles de remplacer le bien tiré directement du milieu.

L'universalité des méthodes d'évaluation contingente est fortement contestée, notamment leur pertinence dans des lieux où le marché fonctionne peu ou pas, ou dans des sociétés où les besoins individuels sont exprimés en besoins collectifs. Par exemple, à la question : « Que faudrait-il vous donner pour que l'on puisse faire ceci ou cela », il est répondu : « Un toit pour l'école » ;

« Un pont » ; « La peinture de l'église » ; « Un terrain de football » dans les villages forestiers de l'Est-Cameroun.

Considérant que la démarche est de portée et d'applicabilité limitées, pour louable qu'elle soit et en dépit de l'intérêt qu'elle suscite chez les naturalistes et les décideurs, d'autres approches ont été développées pour juger l'intérêt d'un projet. En Angleterre, les « *jurys de citoyens* » ; en France, « *la démarche patrimoniale* », ainsi que d'autres approches reposant sur la médiation et les jeux de rôle associés à la modélisation. Les sources permettant de prendre connaissance de ces méthodes sont données dans la bibliographie de cet ouvrage.

#### *Nature des marchés de droits.*

Dans la propriété classique, l'accès et les usages possibles d'un bien (inanimé ou vivant, meuble ou immeuble) sont consubstantiels au droit de propriété (*usus, fructus, abusus*). Les conceptions de la propriété ont beaucoup évolué depuis le milieu des années soixante-dix et la création des premiers marchés de droits : les quotas laitiers.

Dans un marché de droits, les divers éléments de la propriété sont amenés à séparation et à circulation sur des marchés séparés. Le propriétaire de vaches n'est pas nécessairement propriétaire du droit de mettre du lait sur le marché. Il doit avoir reçu ou acquis ce droit indépendamment de ses vaches. Ainsi peuvent se multiplier les éléments de propriété, d'accès, d'usage générés à partir d'un bien donné, indépendamment de la propriété du bien lui-même.

Les brevets, monopoles d'accès et d'usage *temporaires* (vingt-cinq ans), ne constituent pas des « droits de propriété ». On ne peut pas s'approprier des gènes mais seulement obtenir un monopole d'accès et d'usage. Il n'y a donc pas d'« appropriation du vivant » mais bien développement de marchés sur lesquels s'échangent des droits d'accès et d'usage. À tel point qu'un brevet non mis en valeur industrielle au bout de trois ans tombe dans le domaine public.

#### *Généralisation des marchés de droits : une panacée de la mondialisation ?*

Dans la mesure où l'accès et l'usage ont acquis une indépendance par rapport au droit de propriété sur le bien, l'instrument des marchés de droits se révèle d'une grande souplesse et d'une prodigieuse adaptabilité. Dans une mondialisation confrontée à des droits de propriété aussi divers que complexes, la possibilité de monnayer *certain*s éléments de la propriété sans toucher à la propriété elle-même permet de minimiser bien des « coûts de transaction ». La multiplication des marchés de droits n'est pas de nature à rendre optimiste quant à l'opportunité pour les plus pauvres de reprendre la maîtrise de leur existence.

## Quotas laitiers **fin des années 1970**

Quota individuels transférables dans les pêches :

**1981** Australie

**1983** Nouvelle-Zélande,

**1985** Islande et Canada

**1992** Alaska

**1981, 1984, 1989** Pollution de l'eau (bassins versants américains)

**1983** Plomb dans l'essence, États-Unis

**1986** Émissions de gaz polluants (Californie)

**1990** Émissions de  $SO_2$  (nord et Middle West, États-Unis)

**1996** Proposition d'un marché de droits d'usage de la biosphère par G. Chichilnisky. Publié par World Bank, UNESCO, PNUD, PNUE.

**1997** Marché mondial de droits d'émission de  $CO_2$  (protocole de Kyoto)

TABLEAU 3.

Exemples de marchés de droits en Environnement.

### 3 ENJEUX DES INTERACTIONS SOCIÉTÉS-NATURE.

#### Variabilité et changement climatique.

*Variations cycliques de type El Niño: sécheresses et inondations.*

El Niño est un phénomène océanique cyclique ayant un impact climatique de grande ampleur. Il résulte d'une accumulation d'eau chaude dans l'ouest du Pacifique, qui repart vers l'est et atteint les côtes d'Amérique du Sud en deux mois, élevant la température des eaux de plusieurs degrés. El Niño est suivi d'un retrait des eaux chaudes vers l'est et d'un épisode de refroidissement appelé la Niña. Les El Niño génèrent des effondrements de stocks halieutiques, des tempêtes et inondations, des épidémies et bon nombre d'autres effets dévastateurs sur l'ouest du continent sud américain. Sur l'est, El Niño provoque au contraire des sécheresses redoutables, se faisant sentir aussi en Afrique de l'Ouest et en Afrique du Sud. Pour la première fois, l'El Niño de 1997-1998 a été prévu avec une grande précision<sup>3</sup>.

La variabilité du climat, dans les cas de phénomènes cycliques comme El Niño ou les moussons, est de mieux en mieux comprise. Un phénomène comme El Niño provoque sécheresses et inondations, perturbe le renouvellement des ressources vivantes par effondrement des biomasses. Sa connaissance permet d'en anticiper les effets, de prendre des mesures préventives. Elle permet également

<sup>3</sup> Les conséquences de la prévision d'El Niño sont peut-être moins prévisibles. On peut s'interroger sur l'impact de la prévision et de ses conséquences en termes de catastrophes, sur les *anticipations* des agents économiques et sur le *déclenchement* de crises comme la crise asiatique.

une meilleure planification des investissements et d'éviter, par exemple, la mise en activité d'un navire de pêche à quelques mois de la survenue d'un El Niño. La prévisibilité de ces variations devrait permettre de les prendre en compte dans les politiques publiques, notamment en agriculture, dans le domaine sanitaire et en ce qui concerne les investissements : il serait ainsi possible de minimiser les coûts générés par ces phénomènes cycliques.

*Adaptabilité des sociétés aux hypothèses de changement climatique :  
inégalité devant les risques « naturels ».*

El Niño relève plus de la variabilité du climat que du changement climatique à long terme. Cependant, les deux ne peuvent être indépendants, l'accroissement prévu de la température terrestre et la hausse du niveau de la mer ne pouvant rester sans effet sur El Niño.

Le texte de Jean Jouzel et Gérard Mégie, dans cet ouvrage, fait état des scénarios de changement climatique issus des modèles confrontés par le Groupe international d'experts sur le climat (GIEC). Même le plus optimiste des scénarios, correspondant à une diminution importante des émissions de CO<sub>2</sub>, nous garantit que le climat est en cours de changement, avec, entre autres, un accroissement de température et une montée des mers. Comment s'adapteront les sociétés du globe ?

La hausse des températures génère une évolution des aires de répartition de la faune et de la flore. Déjà, les effets sont perceptibles, notamment sur les récifs coralliens. La hausse du niveau des mers aura des conséquences tragiques pour le cinquième de l'humanité qui réside sur les littoraux. Des pays comme le Bangladesh sont susceptibles de disparaître, ainsi que des archipels comme les Maldives ou les Seychelles.

Certaines sociétés parviendront à faire face au changement climatique à un coût acceptable, d'autres non : particulièrement les milieux ruraux des pays pauvres. Les connaissances existant actuellement sur les sociétés du monde devraient suffire à la réalisation d'une expertise collégiale synthétisant les connaissances acquises et qui aboutirait à des recommandations pour l'action comme pour la recherche. Il serait, entre autres, possible de concevoir des stratégies dites « sans regret », qui permettraient de faire face aux changements mais qui seraient profitables pour la société même si le changement n'a pas lieu.

L'un des enjeux majeurs du sommet de Johannesburg sera de dire comment les États du monde abordent cette question cruciale des effets probables du changement climatique, des mesures propres à le limiter, et de celles nécessaires pour en anticiper les effets. L'enjeu est considérable et le temps nous est compté.

*Émissions de CO<sub>2</sub>, permis d'émission négociables et puits de carbone :  
de Kyoto 1997 à Marrakech 2001.*

L'atmosphère est un bien commun global renouvelable. L'atmosphère est en accès libre et était considérée comme inépuisable il y a encore un demi-siècle. À l'instar de ce qui se pratique pour les autres ressources renouvelables, il a été décidé d'en contrôler l'accès et d'en limiter l'usage par réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Cette réduction est envisagée par l'instauration d'un marché de droits d'émissions.

Un marché de droits s'établit sur la base d'une distribution initiale du total des droits (tonnes de carbone) entre les États de la planète. Une fois répartis, ces droits deviennent négociables : un État ayant accru son efficacité peut revendre ses droits en excès ; un autre ayant besoin d'accroître ses émissions pour se développer ne pourra le faire qu'en rachetant les droits correspondants. Une autorité mondiale, le cas échéant, pourrait réguler le système en rachetant des droits sur le marché, diminuant ainsi le total disponible et, par là même, le total des émissions.

On le comprend aisément, la distribution initiale des droits est très liée à la situation initiale des émissions. À titre illustratif, lorsque se déroule la conférence de Kyoto, en 1997, les émissions par tête aux États-Unis sont 29 fois celles de l'Inde, et les émissions françaises par tête, 9 fois celles des Indiens. Si la distribution initiale est opérée en reconnaissant le fait acquis, pour un droit d'émission accordé par Indien, chaque Français disposerait de 9 fois plus et chaque Américain de 29 fois plus. Ce qui signifie que pour se développer, l'Inde devrait racheter des droits aux pays riches. Si, au contraire, on suit la position indienne, selon laquelle les humains sont égaux face à l'atmosphère et qu'il revient aux pays industrialisés de payer le prix de leur comportement passé, alors, pour rester ce qu'ils sont, les pays riches devraient racheter des droits d'émission aux pays pauvres. De nombreux économistes voyaient là la possibilité d'un mécanisme puissant de financement du développement, le passé des riches finançant le futur des pauvres. On comprend, sur ce seul point, la complexité de la négociation sur les émissions de CO<sub>2</sub>, de Kyoto 1997 à Marrakech 2001. D'autres questions importantes, comme le contrôle du respect des droits d'émission, les sanctions et leur application, complexifient encore les discussions.

À Kyoto, un « mécanisme de développement propre » avait été décidé, permettant à des industries de compenser leurs émissions de CO<sub>2</sub> en un lieu par du stockage de carbone en un autre lieu, ou en finançant des projets de « développement durable ». Étendant le raisonnement sur le stockage du carbone, les États-Unis ont souhaité que la « situation initiale » tienne compte du carbone stocké (entre autres dans les forêts), celui-ci devant venir en réduction des émissions. La prise en compte des stocks ou « puits »

de carbone a été acceptée à Marrakech. Entre-temps, les États-Unis avaient décidé de se retirer du protocole de Kyoto...

Pays	Boisement reboisement et déboisements	Gestion forestière	Autres activités	Total
Total Union Européenne	-1,3	39,1	0,3	38,1
Canada	-4,4	9,1	4,6	9,3
Fédération de Russie	-8,2	117,5	109,3	
États-Unis	-7,2	288,0	10,4	291,2
Total Annexe I	-14,0	500,7	17,5	504,2
Total Annexe I sans les USA	-6,8	212,7	7,1	213,0

TABLEAU 4. Données de base par pays de l'Annexe I (toutes les valeurs sont en MtC/an ou millions de tonnes de carbone par an).

### Biodiversité.

*Irruption du génie génétique : quels impacts sur le développement durable ?*

L'explosion des modifications génétiques ne peut rester sans effets sur le développement comme sur l'environnement. Riche de possibilités pour améliorer la santé humaine, animale, végétale et accroître la production agricole en minimisant le recours aux intrants, le génie génétique est également porteur de risques. Risques environnementaux, par contamination des espèces cousines ou en franchissant les barrières d'espèces ; risques de mise en dépendance en raison de l'obligation de racheter ses semences : risques économiques pesant sur les plus faibles ; risques géopolitiques, de deux ordres : (a) le développement de cultures ou de productions génétiquement modifiées sans contrôle public dans certains pays, (b) risques liés à la possibilité de substitutions de productions : la possibilité de faire fabriquer le produit d'une plante par une autre, par exemple de l'huile de colza par le soja, est potentiellement de nature à déstabiliser des économies entières.

Les enjeux se situent (a) dans la *façon de se servir des OGM*, qui ne sont ni « bons » ni « mauvais » *a priori*, mais qui peuvent être bien ou mal utilisés ; (b) dans la régulation de l'activité de génie génétique dans chaque pays et au plan international, les États devant se doter des moyens juridiques de contrôler leur extension ; (c) dans le transfert des connaissances des pays riches vers les pays pauvres pour leur permettre de devenir aussi des acteurs de cette évolution technologique majeure.

### *Enjeux agricoles.*

La diversité est importante pour les humains, leur alimentation, leur cadre de vie. Parmi près de 13 000 plantes alimentaires connues, 4 800 sont cultivées, mais quatre espèces seulement représentent près de 50 % de l'alimentation mondiale : blé, maïs, riz, pomme de terre, et 18 plantes représentent 80 %.

Le faible nombre de plantes sur lesquelles repose notre alimentation ainsi que la diminution de leur diversité génétique entraînent une fragilité et un risque très important en cas d'épidémie ou de changement climatique.

La mondialisation des échanges, jointe aux progrès dans la sélection de variétés à haut rendement, aboutit à ce que l'alimentation de l'humanité repose sur un nombre très faible de plantes et d'animaux de plus en plus fragiles.

Au plan alimentaire, si la production croît à peu près au rythme de la population en Afrique sub-saharienne, il n'en va pas de même au Maghreb ni en Amérique Latine. Et toujours les écarts de développement : un Africain dispose de 2 100 calories par jour contre 3 400 pour un Européen. Ces chiffres globaux masquent des disparités encore plus marquées : à Madagascar, 75 % de la population vit avec 1 600 calories par jour.

L'agriculture est l'activité la plus sensible aux enjeux environnementaux. Le changement climatique risque de modifier sensiblement la carte agricole du monde. La variabilité climatique se traduit en incertitudes pour les agriculteurs du monde entier, mais particulièrement pour ceux des pays en développement qui ne disposent d'aucun type d'assurance : les paysans du Sahel ou du Sertão brésilien n'ont guère la possibilité de toucher des indemnités pour catastrophe naturelle, sécheresse prolongée ou effondrement des prix. L'absence d'assurance est une donnée peu prise en considération lorsqu'on parle de réticence à l'innovation. Celle-ci est un risque qui peut être mortel : en l'absence d'assurance, il n'existe pas de droit à l'erreur.

Les approches écosystémiques de l'agriculture font apparaître l'espoir d'un nouveau type de révolution verte, comme expliqué précédemment. Les interactions entre société et nature sont bouleversées : il ne s'agit plus « d'exploiter » la nature, de la « soumettre », mais d'agir en connivence avec elle. De jouer avec sans jouer contre elle. Les humains cessent ainsi d'agir sur la nature pour agir avec elle (Griffon, 1996). À ce jeu, les plus pauvres pourraient être les grands gagnants, les expériences en cours montrant que l'on peut produire plus et mieux avec beaucoup moins d'intrants et sans labour profond.

### *Enjeux de société.*

Il serait hasardeux de penser que les faits étant objectivement recensés, les modes d'interprétation de ces faits et les utilisations qui en sont faites seraient également marqués du sceau de l'objectivité.

La gestion des émissions de CO<sub>2</sub> a débouché sur la création du Mécanisme de développement propre et sur la prise en compte des « puits de carbone ». Sans lien direct avec la biodiversité, *a priori*, ces créations vont l'affecter à terme de façon non négligeable. Si la tonne de carbone stockée devient un instrument de mesure des systèmes naturels et artificiels (agriculture entre autres), la recherche d'un profit en carbone aura des effets, certes difficiles à préciser, mais qui relèveront des conséquences d'une recherche de maximisation du profit, ici exprimé en tonnes de carbone. Cela devrait suffire à générer des inflexions de trajectoire de nombreux couverts forestiers.

Dans le même ordre d'idées, la convention sur la biodiversité se donne pour l'un de ses objectifs de lutter contre les espèces envahissantes, afin d'éviter le bouleversement de certains écosystèmes. Une évaluation rapide montre le bien-fondé écologique de la démarche. Dans le même temps, est réputée « envahissante » une espèce qui n'est pas autochtone du territoire national, selon de nombreux pays. Il en résulte que l'espèce « envahissante » serait une espèce « étrangère » : dans un tel cas, la lutte contre ces espèces peut constituer un avant-projet de barrière non tarifaire au commerce international... L'exemple donné ici n'a pour enjeu que de faire bien comprendre que les intérêts politiques et internationaux des États ne sont jamais bien loin lorsqu'il s'agit de passer de la connaissance scientifique à des décisions internationales.

Les marchés de droits, s'ils se généralisent à la gestion de la biodiversité, à partir des droits de propriété intellectuelle et des projets de marchés de droits d'usage, auront un impact majeur dans les pays en développement. Selon la façon dont ils seraient régulés, ces marchés pourraient renforcer les communautés paysannes ou, ce qui est plus vraisemblable, renforcer encore leur marginalisation par accaparement de ces droits par les détenteurs de pouvoirs, étatique, coutumier ou économique.

Les enjeux scientifiques de la biodiversité sont aussi des enjeux sociaux, économiques, politiques.

### **CONCLUSION : QUELS ENJEUX POUR JOHANNESBURG ?**

L'agenda du Sommet n'est pas arrêté au moment où ce livre est édité. Les enjeux évoqués ici sont donc bien des enjeux *pour* Johannesburg, sans garantir que ce seront les enjeux *de* ce sommet mondial.

Nous avons essayé de montrer que la complexité même des relations entre environnement, développement économique et développement social pouvait expliquer, au moins partiellement, qu'il ait fallu trente années pour que les gouvernants de la planète en prennent pleinement conscience.

*Les avancées scientifiques au service du développement durable.*

Les scientifiques sont à l'origine de la prise de conscience internationale. La recherche a fait des progrès considérables depuis Rio 1992. Bond en avant des moyens d'observation, notamment satellitaires, croissance considérable des moyens de calcul comme des moyens de communication, avec Internet. Mais les progrès ne sont pas que techniques : les approches, les concepts ont également beaucoup évolué, des certitudes se sont envolées en nombre important. Plus encore, les scientifiques, contrairement à une idée répandue, se sentent impliqués dans le devenir du monde, donc dans les processus de décision sur les enjeux globaux : il suffit de voir la fréquence des publications à l'approche des grandes conférences pour s'en convaincre, comme l'illustre la couverture de cet ouvrage. Comme l'illustre également l'autorité internationale acquise par le GIEC (Groupe international d'experts sur le climat). Les chapitres qui suivent illustrent ces avancées et mettent en évidence les enjeux et défis qu'il faut encore affronter. Il est notamment nécessaire que les sciences sociales prennent la place que les autres sciences souhaitent leur voir prendre, pour se confronter ensemble à des objets par nature interdisciplinaires.

Hélas, les pays en développement comptent pour bien peu dans cette évolution scientifique, par manque de moyens, absence de supports de publication, faiblesse des rémunérations, manque de reconnaissance. Les meilleurs scientifiques sont finalement attirés à l'extérieur par les organisations scientifiques des pays riches. L'un des enjeux importants pour ce sommet serait d'envisager les moyens de mettre fin à la marginalité scientifique des pays pauvres, de leur permettre de participer à la dynamique mondiale de la science.

*La montée des conflits d'accès et d'usage des ressources.*

Partout dans le monde s'observent des conflits d'accès et d'usage des ressources naturelles, renouvelables ou non, pouvant aller jusqu'à des guerres, comme l'a rappelé celle du Golfe. Pour certains auteurs, la croissance démographique serait responsable de ces conflits. L'observation minutieuse laisse penser que la part de la démographie, bien que réelle, est faible au regard de celle due à une mauvaise gouvernance, à une absence de définition des régimes d'appropriation et de contrôle de l'accès. Les conflits sont généralement présentés comme relevant de plusieurs types : communautaire (entendez « ethnique ») ; religieux ; politique. Mais qui regarde de près une carte des conflits dans le monde observera sans peine que cette typologie porte sur le mode d'expression du conflit, non sur sa nature. Deux conflits sur trois trouvent leur origine dans des problèmes d'accès et d'usage des ressources. Deux conflits sur trois sont des conflits environnementaux. Les problèmes

relatifs à l'accès et au partage des avantages dans le cas des ressources génétiques se situent dans ce cadre.

Le continent africain est à lui seul, hélas, une illustration du propos, de l'Afrique australe à la Sierra Leone, comme en Casamance et sur les rives du Sénégal. Ces conflits pour les ressources entraînent exodes, misère, déracinements, douleurs, troubles. De cela, un sommet mondial sur le développement durable ne peut se désintéresser. Il serait bien dommage que l'analyse prenne en compte, une fois de plus, les seuls symptômes et non la maladie ; le mode d'expression du conflit et non sa nature originelle. Si la biodiversité, comme il est probable, constitue l'un des thèmes du Sommet, alors les questions d'accès et d'usage devraient être au centre des discussions.

*Les enjeux sociaux du développement durable.*

L'impérieuse nécessité d'une modification de l'ordre international actuel pour affronter les enjeux globaux explique une autre part de la lenteur apparente des décisions et celle, encore plus difficile à admettre par l'opinion publique, de la mise en pratique, du passage à l'acte. Le bilan du monde établi à Stockholm en 1972 ou par le rapport Hammarskjöld de 1975, reste valable intégralement. À un ordre de grandeur près : le diagnostic sur le développement humain, qu'établit chaque année le PNUD, montre que la pauvreté a empiré dans un monde globalement plus riche : les 200 personnes les plus riches ont un revenu de 500 dollars US par seconde, quand 1,3 milliard d'individus vivent avec moins d'un dollar par jour (PNUD, 1999). Indigence, dignité bafouée, insécurités multiples, absence de maîtrise de son présent, donc absence d'avenir : telle est la situation d'une proportion considérable de l'humanité. Cette situation ne peut durer très longtemps sans conséquences géopolitiques sérieuses.

Depuis Stockholm, les interactions entre pauvreté et environnement sont l'objet d'études attentives. Si les analyses divergent, les uns considérant les plus pauvres comme responsables d'un appauvrissement environnemental et les autres considérant que les pauvres sont victimes de cette dégradation, tous s'accordent sur la réalité de ces interactions.

Se tenant dans un pays ravagé par le SIDA, sur un continent miné par la pauvreté et les conflits d'accès aux ressources, une absence d'engagement contraignant des pays riches aux côtés des pays pauvres aurait un coût politique considérable moins d'un an après les événements du 11 septembre 2001.

Pour ces raisons, le Sommet ne peut éviter de placer le développement social au cœur des discussions. La crainte que l'on n'aille guère plus loin qu'à Copenhague en 1995 et le caractère peu encourageant des conférences préparatoires, comme celle de Monterrey en 2002, amènent certains à penser que le sommet de Johannesburg devrait se donner pour objectif de préparer un « Rio + 12 » voué à prendre des décisions contraignantes.

## Éléments bibliographiques

BARBAULT, R., 1997.

*Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère.* Paris, Dunod, 326 p.

CMED, 1988.

*Notre avenir à tous. Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (« Rapport Bruntland »).* Montréal, Éditions du Fleuve, 434 p.

GODARD, O., 1994.

« Le développement durable : paysage intellectuel », in *Nature, Sciences, Sociétés*, vol.2, n° 4: 309-322.

GODARD, O., (ed.) 1997.

*Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines.* Paris, Maison des sciences de l'homme, INRA, 351 p.

GOUYON, P. H., 2001.

*Les harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie. Évolution et biodiversité.* Paris, INRA éditions, coll. « Sciences en questions », 91 p.

GRIFFON, M., (Éd.), 1996.

*Vers une révolution doublement verte.* Montpellier, CIRAD, 206 p.

HAMMARSKJÖLD, D., 1975.

*Que faire ? Préparé à l'occasion de la septième assemblée générale extraordinaire des Nations unies.* Uppsala, The Dag Hammarskjöld Foundation, 135 p. [Il s'agit « du » rapport Hammarskjöld.]

HARDIN, G., 1968.

« The tragedy of the Commons », in *Science*, 162 : 1243-1248.

HARDIN, G., 1993.

*Living Within Limits: Ecology, Economics and Population Taboos.* Oxford Univ. Press, 339 p.

HOLLING, C. S., 1978.

*Adaptive Environmental Assessment and Management.* New York, Wiley & Sons.

HOMER-DIXON, T., BOUTMELL, J., RAHTJENS, G., 1993.

« La lutte pour les ressources renouvelables », in *Pour la science*, 186, avril.

KOURILSKY, P., VINEY, G., 2000.

*Le principe de précaution.* Paris, La Documentation française et éditions Odile Jacob, 405 p.

LE BRAS, H., 1993.

*Les limites de la planète : mythes de la nature et de la population.* Paris, Flammarion.

LÉVÊQUE, C., MOUNOLOU, J. C., 2001.

*Biodiversité. Dynamique biologique et conservation.* Paris, Dunod, 248 p.

LOVELOCK, J. E., 1979.

*Gaïa : A New Look at Life on Earth.* Oxford University Press.

OCDE, 1999.

*Manuel de protection de la biodiversité. Conception et mise en œuvre des mesures incitatives.* Paris, OCDE, 196 p.

- O'CONNOR, M., (ed.), 1994.  
*Is Capitalism Sustainable? Political Economy and the Politics of Ecology*. N. Y., The Guilford Press, 283 p.
- O'CONNOR, M., SPASH, C. (Eds), 1999.  
*Valuation and the Environment. Theory, Method and Practice*. Londres, Edward Elgar, coll. « Advances in Ecological Economics », 339 p.
- ODUM, H. T., 1983.  
*Systems Ecology*. N. Y., Wiley Interscience.
- PNUD  
*Rapports sur le développement humain*. <http://www.undp.org>
- PNUE, 1981.  
*Sauvegarde. Textes fondamentaux sur l'environnement: Founex, Stockholm, Cocoyoc. Nairobi*, PNUE, 141 p. <http://www.unep.org>
- SACHS, I., 1993.  
*Écodéveloppement*. Paris, Syros, Alternatives économiques.
- SACHS, I., (éd.), 1996.  
*Quelles villes pour quel développement ?* Paris, PUF, Nouvelle encyclopédie Diderot, 323 p.
- SEN, A., 1993.  
*Éthique et économie*. Paris, PUF, coll. « Philosophie morale », 364 p.
- VOITURIEZ, B., JACQUES, G., 1999.  
*El Niño. Réalité et fiction*. Paris, UNESCO, 116 p.
- WINTER, G., 2000.  
*L'impatience des pauvres*. Paris, Le Seuil.
- WWE, IUCN, PNUE, BRG, 1994.  
*Stratégie mondiale de la biodiversité [UICN, 1980: World Conservation Strategy; Living Resource Conservation for a Sustainable Development]*. Gland, IUCN.

Pour une information dense et constamment mise à jour sur le développement durable et les conventions internationales: <http://www.iisd.ca>, site de l'Institut International du développement durable, à Winnipeg (Canada).

# La gestion des ressources génétiques végétales : d'une approche empirique à une institutionnalisation internationale.

**Michel Trommetter**

*Institut national de la recherche agronomique (INRA)*

**Approche empirique et volontariste de la gestion et de la conservation des ressources génétiques végétales.** Jusque dans les années soixante-dix et sans remonter à la préhistoire, on peut dire que la gestion des ressources génétiques végétales est fortement liée à des approches empiriques dont les principaux acteurs sont les utilisateurs de cette diversité, en particulier les agriculteurs. Parallèlement, les puissances coloniales européennes ont créé des collections *ex situ* de matériel phytogénétique dès le XVII<sup>e</sup> siècle, sous la forme des « jardins botaniques », avec les diverses espèces végétales que les explorateurs ramenaient du monde entier. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les travaux du botaniste russe Nikolaï Vavilov ont marqué la gestion et la conservation des ressources génétiques végétales. Vavilov a écrit que la recherche sur les plantes et le remplacement des populations naturelles par les cultivars modernes pouvaient avoir un effet négatif sur la diversité génétique. Or, écrit-il, « c'est précisément la diversité génétique qui est appelée à fournir la base solide tant attendue pour créer de nouvelles variétés et races d'organismes dont dépend l'existence même de l'humanité. » Il a donc recueilli des semences de divers cultivars de la planète et les a organisés en collection. Dans les années vingt, sa collection de matériel phytogénétique, à Saint-Petersbourg, en Russie, est composée de 250 000 échantillons. Il faudra attendre les années cinquante pour qu'un effort soit entrepris pour constituer des collections de matériel génétique agricole. Elles avaient pour fonction de rassembler les gènes de quelques espèces cultivées en vue de faciliter leur utilisation dans le domaine de la recherche. Ainsi, l'IRRI<sup>1</sup> a été créé en 1960 du fait d'une coopération entre le gouvernement des Philippines et les fondations Ford et Rockefeller. Ces fondations ont financé quatre collections de ressources génétiques qui deviendront par la suite des centres internationaux de recherche agricole (CIRA), mais ces actions ne s'inscrivaient pas dans un programme coordonné et mondial de gestion des ressources génétiques végétales.

**Prise de conscience de l'importance de la mise en œuvre de programmes de conservation et de gestion des ressources génétiques végétales au niveau international et mondial.** Au moins trois éléments ont conduit à cette prise de conscience internationale : à la fin des années soixante, du fait de la mise en œuvre de la « révolution verte », il est admis qu'il y a une érosion de la diversité génétique dans les pays du tiers-monde et qu'il existe des risques inhérents à cette érosion. Dès 1967, à la conférence mixte de la FAO et du Programme biologique international, les participants ont convenu de l'importance de constituer de grandes collections en accordant la priorité aux populations naturelles en danger de disparition.

La vulnérabilité génétique (par exemple la pourriture du maïs dans le sud des États-Unis en 1970) ont favorisé la formation d'un consensus en faveur d'un programme coordonné de collecte et de conservation visant à s'assurer que la matière première essentielle aux améliorations végétales ne serait pas perdue. Une commission d'enquête américaine a mis en évidence l'étroitesse de la base génétique utilisée dans les principales plantes cultivées.

En 1972, le Club de Rome, dans son rapport « Halte à la croissance », ne présente pas directement d'enjeux liés à la gestion des ressources génétiques agricoles. Par contre La conférence de Stockholm sur l'environnement, organisée par les Nations unies en réponse aux scénarios du Club de Rome, fait référence à la gestion des ressources génétiques dans la recommandation 39. Cette recommandation demande aux pays de s'entendre sur un programme international de protection des ressources génétiques mondiales.

Dans ce contexte multiple, c'est au CGIAR, créé en 1971 et dont le siège se trouve à la Banque mondiale, qu'il revient de mettre en œuvre le programme de conservation et de gestion des ressources génétiques végétales (treize centres en fonction en l'an 2001 et plus de 400 000 échantillons préservés) avec d'une part la gestion des quatre CIRA pré-existants (dont l'IRRI<sup>1</sup> et l'ICARDA<sup>2</sup>), et d'autre part l'élargissement des domaines d'activité avec la création de nouveaux centres (le CIMMYT<sup>3</sup> et l'ICARDA ayant par exemple été créés en 1972). En 1974, le CGIAR crée une nouvelle organisation coordinatrice, le Conseil international des ressources phytogénétiques (CIRPG, IBPGR en anglais), dont le siège social se trouve dans les bureaux de la FAO à Rome. Le CIRPG n'a pas créé ses propres banques de gènes, il désigne les structures existantes qui seront « collections de référence » pour le dépôt du matériel phytogénétique collecté. Au milieu des années quatre-vingt, le réseau autour du CIRPG est composé d'environ 600 scientifiques, et de 150 collections de matériels génétiques de base dans une quarantaine de banques de semences. Cependant, alors qu'une bonne partie de ces activités

1 Institut international de recherche sur le riz

2 ICARDA : Centre international pour la recherche agricole dans les régions arides

3 CIMMYT : Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé

se déroule dans les pays industrialisés, une grande proportion des banques de gènes situées dans les pays en développement sont des centres du GCRAl (Groupe des centres de recherche agricole internationaux) et non des collections nationales gérées au niveau d'un pays. Dans ce cadre, des auteurs notent que les pays industrialisés, dont la diversité phytogénétique naturelle est relativement faible, sont aussi riches par leurs collections de matériel génétique que les pays du tiers-monde ; d'où la prise en compte de nouveaux enjeux liés aux collections de ressources génétiques végétales, en particulier par les pays en voie de développement.

**Prise de conscience de l'importance de l'accès et de l'utilisation des collections de ressources génétiques : les droits de propriété intellectuelle sur les semences sont-ils compatibles avec la notion de « patrimoine commun de l'humanité » pour les ressources génétiques végétales ?** À partir de la fin des années soixante-dix, plusieurs pays se sont montrés préoccupés par les difficultés d'accès aux ressources génétiques obtenues à l'origine par des prospections dans les PVD, mais maintenant situées dans les collections des CIRA ou dans les collections des pays industrialisés. Parallèlement, les activités de collecte du CIRPG sont une autre source de conflit. En effet, le CIRPG a été chargé de coordonner et de financer les activités de collecte d'échantillons dans les pays et en particulier dans les PVD. Or, ces priorités de collecte sont très proches de celles des pays industrialisés, puisqu'elles concernent surtout les grandes cultures céréalières et les cultures considérées comme importantes à l'échelle internationale, même si la collaboration des CIRA et des pays en développement n'est pas négligeable. Enfin, sachant que les ressources génétiques sont considérées comme un « patrimoine commun de l'humanité », dont l'accès relève de la souveraineté des États, cela signifie, de fait, qu'elles sont en libre accès et ce, sans contrainte pour quiconque. Cela a entraîné des utilisations privatives des ressources génétiques contenues dans ces collections, non seulement comme vecteur de diversité mais également comme vecteur de caractéristiques particulières (rendement, résistances, etc.) qui ont conduit, par la commercialisation de semences protégées par des droits de propriété intellectuelle (Cov ou Brevet), au développement de bénéfices privés et d'augmentation de bien-être social, sans compensation (pas de transfert de technologie, ni de versement monétaire) pour les pays d'origine de ces ressources. Dans ce contexte conflictuel, les négociations sur l'Engagement international de la FAO sur les ressources phytogénétiques vont s'engager dès 1983. La FAO milite pour préserver le libre accès aux ressources phytogénétiques, l'accès à la diversité génétique étant primordial pour limiter les risques d'érosion de la production agricole et assurer le développement des semences, ce qui nécessite de préserver la notion de « patrimoine commun de l'humanité » pour les ressources génétiques. La FAO milite également pour la mise en œuvre de mécanismes de financement qui s'apparentent à des compensations pour les pays d'origine des ressources, sous

la forme de transferts de technologies et de transferts monétaires par le biais d'un fonds international alimenté par des versements volontaires des pays et des entreprises privées, pour l'utilisation des ressources phylogénétiques conservées dans les collections internationales ou les collections de référence. L'administration de ce fonds reste centralisée au niveau de la FAO. En 1989, la FAO a revu ses propositions du fait du peu de succès de son programme de 1983 qui est dû, d'une part, à la faiblesse des contributions volontaires au fonds et, d'autre part, aux revendications des PVD, qui se font de plus en plus pressantes. La FAO a défini le « droit des agriculteurs », qui est l'étape préalable à la notion de souveraineté nationale, puisque l'on reconnaît le travail de domestication et d'amélioration des variétés locales effectué par les générations successives d'agriculteurs, qui peut être rémunéré par une taxe, la « *user's fee* », ou par un fonds international obligatoire basé sur un pourcentage d'un indicateur macro-économique. Un tel système aurait pu fonctionner si certains pays, en particulier les États-Unis, n'avaient pas favorisé une politique de protection par brevet des innovations dans les biotechnologies tout en revendiquant un accès, gratuit ou rémunéré, pour les ressources génétiques végétales, sans transfert de technologies ni licences de dépendances aux brevets. Ces positions ont été considérées comme inacceptables par les pays du Sud, qui ont revendiqué leur droit de souveraineté nationale sur les ressources génétiques. On se rapproche alors d'une logique privée, avec des négociations bilatérales d'accès aux ressources génétiques, le paiement de royalties, le transfert de technologies et les licences de dépendances sur les brevets.

**Prise de conscience de l'importance des gènes, de la convention de Rio 1992 à l'Engagement international de la FAO 2002 : conditions d'accès aux ressources génétiques végétales et partage des avantages.** La Convention de Rio 1992 sur la diversité biologique (CDB) reconnaît la souveraineté des États sur leurs ressources et, parallèlement, leur responsabilité dans leur gestion et leur conservation. Les États signataires reconnaissent également la nécessité d'un partage juste et équitable des avantages liés à l'utilisation des ressources génétiques. Dans le cadre des négociations internationales sur la biodiversité, il faut réfléchir à la mise en œuvre de cette convention (tant dans les pays du Nord que du Sud) et aux différents outils économiques et juridiques qui peuvent être mobilisés. La CDB est proche d'une position qui correspond au pseudo-libre accès facilité par des accords bilatéraux, des transferts de bénéfices et de technologies, ce qui est proche d'un modèle de gestion privée des RGV. Pour parvenir à ces situations d'interaction, il faut que les États définissent des législations nationales d'accès aux ressources génétiques, en particulier la mise en œuvre de contrats, les plus connus étant les *Material Transfer Agreements*, qui sont appliqués soit dans des relations firmes avec États (ou communautés locales, ou collections de ressources génétiques), soit dans des relations firmes avec firmes. Ainsi, dans le cas des accords multilatéraux

d'échanges de la FAO (Engagement international 2001), les contrats de type MTA permettent de limiter le risque que l'innovateur bloque l'usage d'une ressource sans l'accord du détenteur initial de la ressource. Ils peuvent également permettre de s'assurer soit de l'absence de prise de droits de propriété sur les innovations qui découleraient de la collection, soit, en cas d'autorisation de prise de droits de propriété intellectuelle, d'assurer le partage des avantages (résultats de la recherche, transfert de l'innovation, transfert technologique et/ou versement de royalties) sur les innovations qui découleraient de l'utilisation du matériel ou du matériel avec son information génétique. Dans le cadre de la protection végétale, on peut noter que si les États-Unis usent principalement du brevet, l'Union européenne propose des certificats d'obtention végétale (Cov) et/ou des brevets avec des licences de dépendances obligatoires qui visent à maintenir un libre accès à la diversité biologique tout en assurant la protection de l'innovation variétée. Dans ce contexte, la FAO n'a pas renoncé à garantir un statut particulier pour les ressources génétiques agricoles, ce qui a conduit à la signature de l'Engagement international en novembre 2001. L'EI est un accord multilatéral d'échange qui assure l'accès aux collections de ressources génétiques des pays signataires, sans exclusion, par le biais de contrats qui stipulent, selon l'innovation mais surtout selon les droits de propriété intellectuelle portés sur cette innovation, les compensations qui devront être versées dans un fonds international pour les PVD. Dans le cas d'une protection par Cov, qui assure le libre accès à la ressource génétique pour les innovations qui ne sont pas « essentiellement dérivées de », pas de contribution ou seulement de manière volontaire, si brevet, avec risque de blocage de l'accès à certaines ressources. Notons que si l'EI est une avancée vers le libre accès rémunéré généralisé, il est limité à une liste d'espèces. Les espèces ne figurant pas dans cette liste doivent être gérées par la CDB.

#### Sites Internet

<http://www.cdb.org> Site officiel de la Convention sur la Diversité Biologique.

<http://www.fao.org> Site officiel de la FAO.

<http://www.brg.org> Bureau des Ressources Génétiques (France).

<http://www.cgiar.org> Groupe des Centres Internationaux de Recherche Agricole.

Ouvre sur les sites de tous les Centres Internationaux.

<http://www.cnrs.fr> Centre National de la Recherche Scientifique.

<http://www.cirad.fr> Centre de Coopération en Recherche Agronomique pour le Développement.

<http://www.inra.fr> Institut National de la Recherche Agronomique.

<http://www.dainet.de/genres/vir/history/vavilov.htm>

La biographie (exceptionnelle) de Nicolai Vavilov.

# **La biodiversité : un patrimoine menacé, des ressources convoitées et l'essence même de la vie.**

**Robert Barbault**

Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie

### **De la diversité du vivant au concept de biodiversité.**

Que la vie se manifeste sous des formes très diverses est un fait bien connu, et de longue date. Quand ils peignaient des bisons, des lions, des sangliers ou des antilopes, les hommes des cavernes témoignaient déjà, entre autres, de leur connaissance d'un monde vivant diversifié.

Depuis, les naturalistes, paléontologues, systématiciens, puis écologues et généticiens ont longuement fait état de la diversité du vivant – richesse des espèces vivantes et disparues, variabilité génétique au sein des populations d'une même espèce et diversité des fonctions écologiques et des écosystèmes.

Ainsi, apparue il y a 3,8 milliards d'années dans les eaux de la planète Terre sous forme de molécules puis de protocellules capables de s'auto-répliquer, la vie n'a cessé de se diversifier tout en se transformant. Quand de nouvelles espèces naissaient, d'autres disparaissaient : comme les individus qui les constituent, les espèces sont mortelles, mais leur durée de vie se compte, en moyenne, en plusieurs millions d'années (de un pour les vertébrés à dix pour les invertébrés). On sait que la planète a vécu plusieurs cataclysmes, éruptions volcaniques de grande ampleur, chocs d'astéroïdes, et que ceux-ci ont entraîné ce que l'on a appelé des grandes crises d'extinction. Par exemple, il y a 65 millions d'années, suite aux bouleversements qui résultèrent de la chute d'un astéroïde dont l'immense cratère de Chicxulub, au Yucatan, est la cicatrice encore visible, ainsi que de l'éruption des Trapps du Deccan, en Inde, disparurent la totalité des dinosaures qui « dominaient » la Terre. Ce fut la chance des mammifères qui connurent alors une prodigieuse diversification, une succession de radiations adaptatives... et l'homme en résulta !

Bref, la vie est un phénomène qui dure depuis près de 4 milliards d'années. Elle n'a cessé de connaître des changements plus ou moins accusés de son environnement. Pour s'y adapter, elle a joué de sa capacité intrinsèque à se diversifier et c'est ce qui a permis son succès : quel plus bel exemple de développement durable peut-on apporter ? Mais quelle leçon aussi : pour durer dans un monde changeant, il faut se diversifier, il faut se transformer !

Aujourd'hui, la Terre héberge plus d'une dizaine de millions d'espèces – les estimations varient entre 10 et 30 – mais le nombre d'espèces connues, c'est-à-dire décrites et nommées, ne dépasse pas 1,7 million. Connues, c'est trop dire en effet : on ignore à peu près tout de la biologie, des caractéristiques fonctionnelles, du rôle dans l'écosystème planétaire, des utilisations possibles par l'homme, de l'écrasante majorité d'entre elles.

Ainsi, 250 000 espèces de plantes ont été recensées (il pourrait y en avoir 280 000). Dix mille à 50 000 seraient comestibles pour l'homme, mais celui-ci n'en consomme que 150 à 200. Neuf espèces (blé, riz, maïs, orge, mil, pomme de terre, patate douce, canne à sucre et soja), domestiquées depuis des millénaires, apportent plus de 75 % des calories et des protéines végétales

dont l'humanité se nourrit, et trois seulement (blé, riz, maïs), plus de 60 %. Tandis que la pharmacopée traditionnelle chinoise tire parti de près de 5 000 espèces de plantes, à peine un millier ont été explorées par l'industrie pharmaceutique quant à leurs potentialités médicales.

Peut-on rendre compte de la diversité du vivant, de sa signification – voire de sa raison d'être – par des nombres ? La fascination du nombre, du quantitatif, ne détourne-t-elle pas de l'essentiel : de la vertu de la *diversité*, de la valeur vitale de l'existence de *différences* ? Le recensement de la diversité du vivant ne suffit pas à traduire ce qu'apporte le concept de biodiversité – concept venu au monde, au sens propre du terme, en juin 1992, à Rio de Janeiro, à l'occasion de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement. Le mot lui-même, sous sa forme anglaise, fut forgé en 1985 par Walter G. Rosen dans le cadre d'un atelier préparatoire au volet scientifique de la conférence de Rio. Mais c'est Edward O. Wilson qui, par l'ouvrage issu de cet atelier et intitulé *Biodiversity*, lance le terme dans la communauté scientifique en 1988, avant son succès planétaire à Rio quatre ans plus tard.

La diversité du vivant est un fait. J'aimerais que l'on réserve l'emploi du néologisme *biodiversité* – qui certes dit la même chose au premier degré – au concept qui s'est dessiné dans les coulisses de Rio de Janeiro et qui donne corps à la Convention sur la diversité biologique. Parler de la diversité du vivant dans ce cadre, c'est dire autre chose que ce qu'entend habituellement le systématicien, le généticien ou l'écologue dans son univers de spécialiste. C'est à la fois cela et davantage. Et c'est donc différent.

Par le concept de biodiversité, on introduit deux ruptures épistémologiques par rapport au constat bien connu de la diversité du vivant.

La première nous maintient dans le champ des sciences de la nature et attire notre attention sur les interdépendances qui existent entre les trois composantes majeures de la diversité du vivant, classiquement abordées séparément par des spécialistes portés à s'ignorer – je veux parler d'une part de la variabilité génétique, de la diversité des espèces et de la diversité fonctionnelle ou écologique, et d'autre part des généticiens, des systématiciens et des écologues. Bref, c'est l'idée même de diversité qui prend de l'importance.

La seconde rupture épistémologique, et à mes yeux la plus significative, nous fait sortir du seul champ des sciences de la nature : le concept de biodiversité n'appartient pas aux seuls biologistes. Il inscrit la diversité du vivant au creux des enjeux, préoccupations et conflits d'intérêts qui se sont fait jour à Rio et qui expliquent qu'une convention internationale, ratifiée par 182 pays et l'Union européenne, s'impose aujourd'hui aux gouvernements du monde entier (même à ceux qui ont refusé de signer, comme les États-Unis) pour organiser le développement des connaissances, la protection et

l'utilisation durable de la diversité du vivant, ainsi qu'un juste partage des bénéfices qui en découlent.

On est bien, là, dans un univers conceptuel différent de celui des biologistes intéressés par la diversité du vivant – son état, ses mécanismes et son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes.

#### **Activités humaines et crise d'extinction : la prise de conscience.**

De Stockholm 1972 à Rio 1992, une profonde évolution s'est amorcée, qui devrait culminer à Johannesburg 2002 : on est passé progressivement de préoccupations principalement centrées sur la préservation de l'environnement (Stockholm) à la prise de conscience planétaire d'une forte interdépendance réciproque entre sauvegarde de l'environnement et diversité du vivant d'une part, et poursuite du développement social et économique d'autre part (Rio); à Johannesburg, l'emphase devrait être placée sur les conditions de ce développement durable dont on parle depuis Rio, et les considérations sur la biodiversité devraient être prises en compte dans cette perspective, marquant définitivement la rupture entre le préservationnisme d'une nature étrangère à l'homme, caractéristique des mouvements de conservation de l'après-guerre (on crée des réserves, on interdit, on clôture), et la gestion participative de la biodiversité et des paysages où elle se déploie, telle que la préconisait déjà, dans la mouvance de Rio, la stratégie mondiale sur la biodiversité (1992). Mais revenons brièvement, d'abord, sur ce que l'on a appelé la sixième crise d'extinction en masse et les responsabilités de notre espèce dans cette affaire.

Avec le succès écologique et économique de l'espèce humaine, on est entré dans la sixième crise d'extinction. Les cinq précédentes furent la conséquence de catastrophes géologiques (éruptions volcaniques...) ou astronomiques (chutes de météores), généralement suivies et amplifiées par des changements climatiques et donc écologiques. La crise actuelle s'en distingue car elle est le fait de l'homme, mais aussi parce qu'elle s'inscrit sur une échelle de temps beaucoup plus restreinte et dans un espace géographique de plus en plus monopolisé par l'homme et ses activités. Elle menace les fondements même d'un développement durable des sociétés humaines.

Ainsi, la colonisation préhistorique d'îles des océans Pacifique et Indien, il y a mille à deux mille ans, par les hommes et leur cortège d'espèces associées – rats, chats, chiens, chèvres, cochons –, est certainement à l'origine de l'extinction du quart environ de l'avifaune mondiale et, d'une manière générale, de beaucoup d'espèces de grande taille, oiseaux, mammifères ou reptiles. Ce sont bien les Maoris qui, avant l'arrivée des Européens, détruisirent les moas, ces immenses autruches endémiques de Nouvelle-Zélande. Le cas de Madagascar est, à cet égard, particulièrement éloquent.

## L'homme et les extinctions d'espèces à Madagascar

Madagascar est une grande île – 594 180 km<sup>2</sup> – réputée pour l'endémisme élevé de sa faune et de sa flore. Lorsque les explorateurs portugais y arrivèrent, vers 1500, ils y trouvèrent un peuple installé là depuis près de deux mille ans, venu d'Indonésie après quelques détours par l'Inde et les côtes d'Afrique de l'Est. Ces Malgaches avaient édifié une société fondée sur l'élevage de bovins et de porcs ainsi que sur la pêche et l'agriculture.

Distante de 400 km du continent africain – dont elle est isolée depuis 200 millions d'années – Madagascar n'a jamais connu les autruches, babouins, zèbres et autres lions qui font le succès touristique des grands parcs d'Afrique de l'Est. Cependant, elle hébergeait des homologues écologiques de ces grands carnivores et herbivores, que l'on ne connaît plus qu'à l'état de squelettes. Ces grandes espèces n'ont pu résister en effet aux hommes et à leurs animaux domestiques, soit qu'elles en aient été les victimes directement, soit qu'elles n'aient pu supporter les transformations écologiques qui résultèrent de leur expansion. Ainsi, ce sont une demi-douzaine d'oiseaux géants non volants, mesurant jusqu'à trois mètres de haut et atteignant 500 kg, qui s'éteignirent. De ces *Aepyornis*, on trouve à profusion ossements et coquilles d'œufs (de la taille d'un ballon de football) sur les plages de Madagascar. Six genres de lémurien, tous de grande taille et diurnes (dont l'un homologue du gorille), figurent parmi les espèces disparues ainsi que deux tortues dont la carapace pouvait atteindre un mètre de long et un grand carnivore, sorte de mangouste géante. Madagascar est l'un de ces hauts lieux d'une biodiversité particulièrement riche en espèces endémiques et particulièrement menacée par la crise d'extinction actuelle, qui suscite aujourd'hui une grande attention.

Les estimations des taux d'extinction sont assez précises pour les groupes taxonomiques les mieux connus et les plus accessibles : vertébrés et plantes supérieures. Pour le reste, on ne peut qu'avancer des extrapolations hasardeuses, basées sur la relation bien connue des écologues et biogéographes entre richesse spécifique  $S$  et superficie du milieu  $A$  ( $S = kA^z$ ) et qui permet, par exemple, de pronostiquer un taux d'extinction à partir d'un calcul simple de taux de déforestation.

### Des taux de déforestation préoccupants

La perte des milieux naturels est l'une des plus graves menaces pour la biodiversité et la destruction des forêts tropicales est devenue synonyme de pertes de biodiversité. (La récente sixième Conférence des parties qui vient de se tenir à La Haye, aux Pays-Bas, s'en est encore vivement inquiétée). En fait, les forêts tropicales humides couvrent 7 % des surfaces

terrestres et sont supposées héberger 50 % des espèces terrestres. L'étendue originelle des forêts tropicales humides a été estimée à 16 millions de km<sup>2</sup>, d'après les régimes de température et de précipitations. Grâce à la combinaison d'observations au sol et d'interpolations à partir d'images satellitaires, il est possible d'évaluer la superficie actuelle des forêts tropicales et les taux annuels de déforestation.

Taux de conversion des milieux naturels en terres agricoles pendant la décennie 1980-1990

Conversions en cultures/plantations			Conversions en pâturages		
Paraguay	71,2	%	Ecuador	61,5	%
Niger	32,0		Costa Rica	34,1	
Mongolie	31,9		Thaïlande	32,1	
Brésil	22,7		Philippines	26,2	
Côte-d'Ivoire	22,4		Paraguay	26,0	
Ouganda	21,4		Viet Nam	14,0	
Thaïlande	17,1		Nicaragua	11,8	

Cependant, ces estimations des taux de déforestation restent discutées, parce qu'elles dépendent des définitions et des présupposés utilisés tant dans la quantification de l'étendue originelle de la forêt que de la nature des parcelles de forêt converties à un autre usage.

À l'échelle planétaire, la première cause de destruction des forêts tropicales est le développement des cultures et plantations (45 000 km<sup>2</sup>/an). La même superficie est détruite pour l'exploitation commerciale du bois, à laquelle il faut ajouter 25 000 km<sup>2</sup> dégradés pour la production de bois de chauffage, principalement pour les besoins des villages et la cuisson des aliments. Enfin, 20 000 km<sup>2</sup> sont éclaircis chaque année pour les besoins de l'élevage et le pâturage du bétail.

L'importance relative de ces activités varie selon les régions du monde considérées, l'exploitation du bois prédominant en Asie tropicale, l'élevage en Amérique latine et la récolte de bois de feu couplée à l'élevage en Afrique tropicale.

Quant aux effets de la fragmentation du milieu forestier sur l'érosion de la biodiversité, ils restent totalement à analyser.

Depuis l'an 1600, 484 espèces de vertébrés et 654 espèces végétales ont disparu de la planète. Encore s'agit-il là, sans doute possible, d'une sous-estimation, les informations disponibles pour les régions tropicales étant incomplètes.

Sur la base du diagnostic de l'état des populations naturelles de plantes et de vertébrés et de leurs habitats, l'UICN a établi la liste des espèces menacées d'extinction. Y figurent 3 632 espèces de plantes et 523 espèces de vertébrés.

La plupart des auteurs évoquent un taux d'extinction 1 000 à 10 000 fois supérieur au taux naturel. Si la cause première réside dans l'expansion démographique, économique et technologique de l'homme, elle est relayée par trois causes secondaires ou résultantes : la destruction, l'altération ou la fragmentation des habitats, l'introduction croissante d'espèces invasives et la surexploitation (chasse, pêche, récolte...).

### **Espèces introduites et extinction**

L'île de Guam, dans l'archipel des Mariannes, entre le Japon et la Nouvelle-Guinée, est affectée depuis une vingtaine d'années par un effondrement de son avifaune. Des 18 espèces indigènes, sept sont aujourd'hui considérées comme éteintes et quatre autres sont devenues si rares que leur disparition paraît programmée. Ce déclin, qui n'a d'équivalent dans aucune autre île de l'archipel, est attribué à l'introduction et l'expansion d'une couleuvre arboricole, *Boiga irregularis*. C'est un prédateur vorace d'oiseaux perchés ou au nid, ainsi que de leurs œufs et de leurs poussins. En outre, parce qu'il se nourrit également de petits mammifères et de lézards (ces derniers sont particulièrement abondants), il peut atteindre des densités élevées tout en exterminant ses proies les plus vulnérables.

Sur l'île de Santa Catalina, proche de la côte de Californie, 48 espèces de plantes locales ont été éliminées, principalement du fait du surpâturage par les chèvres et autres mammifères herbivores introduits.

À Madagascar, où l'ichthyofaune est hautement endémique, avec 14 genres sur 25 inconnus ailleurs, un inventaire récent des milieux d'eau douce n'a pas permis de retrouver cinq d'entre eux. Des poissons introduits dominent tous ces milieux aquatiques. La combinaison de la dégradation des habitats naturels et de l'introduction de poissons exotiques paraît conduire l'ichthyofaune autochtone à une extinction complète.

Citons encore le cas du lac Victoria, connu pour ses 350 espèces de poissons endémiques. Aujourd'hui, beaucoup sont rares ou éteintes. Outre l'introduction de la perche du Nil en 1960, d'autres facteurs jouent un rôle dans ce processus d'extinction de grande ampleur, tels que la pollution par les engrais et autres polluants, et la prolifération d'algues et l'anoxie qui en résultent.

Il faut ajouter à cela une quatrième cause dérivée : les extinctions en cascade. De fait, quand une espèce-clé disparaît, elle entraîne avec elle toute une série d'espèces qui en dépendaient (telle plante, tous les insectes associés ; tel insecte, toutes les plantes dont il assurait la pollinisation...).

Mais, au-delà de ces causes écologiques d'extinction, il est clair que la source première réside dans la croissance de la population humaine et de ses besoins en ressources naturelles.

On relèvera, dans cette perspective, comme facteurs amplificateurs : le poids croissant d'un système économique qui ne sait pas prendre en compte l'environnement, le renouvellement des ressources et les intérêts des générations futures ; la mondialisation de l'économie et la réduction consécutive de la gamme des produits provenant de l'agriculture, de la foresterie ou de la pêche ; la prédominance de systèmes législatifs et institutionnels favorisant l'exploitation non durable des ressources ; l'insuffisance des connaissances et de leur application.

L'un des messages relayés par le sommet planétaire de Rio est que, si nous ne prenons pas dès maintenant des mesures pour protéger milieux et espèces, nous compromettons nos chances de développement durable, pour nous et les générations futures.

Les actions prioritaires doivent se focaliser sur : l'amélioration des connaissances fondamentales et de leur diffusion ; le développement de stratégies de conservation et d'utilisation durable des ressources de la planète ; la mise en œuvre de procédures favorisant un partage équitable des avantages issus de la biodiversité. Tels sont les trois objectifs soulignés dans la Convention sur la diversité biologique.

Il faut faire en sorte que la protection et l'utilisation durable de la biodiversité deviennent des éléments à part entière du développement économique.

L'adoption d'un cadrage écologique, au sens large du terme, devrait permettre de coupler préservation des ressources et développement, rompant ainsi avec le paradigme erroné selon lequel, pour les uns, la protection de la biodiversité et de la biosphère nuirait nécessairement au développement, tandis que pour les autres le développement dilapiderait inévitablement les ressources et dégraderait les services écologiques<sup>FIG. 1</sup>.

On passe ainsi d'une situation de développement non durable à celle du développement durable prôné par toutes les nations. Mais rappelons brièvement les grandes étapes de l'histoire de la protection de la nature, pour mieux comprendre l'évolution des idées qui se dessine et que la conférence de Johannesburg devrait contribuer à accélérer et mettre en œuvre.

Par rapport à l'émergence de l'agriculture, il y a quelque dix mille ans, la volonté de protection de la nature est relativement récente. Si l'on adopte

comme critère la mise en place d'aires protégées, réserves ou parcs naturels, on en relève les premiers signes à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle avec la création, aux États-Unis, en 1872, du premier parc national du monde, celui de Yellowstone<sup>1</sup>. Il faut cependant attendre la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle pour voir ce mouvement s'affirmer : les premiers parcs naturels en Europe sont créés par la Suède en 1909 ; suivent la Suisse (1915) et la Grande-Bretagne (1949).

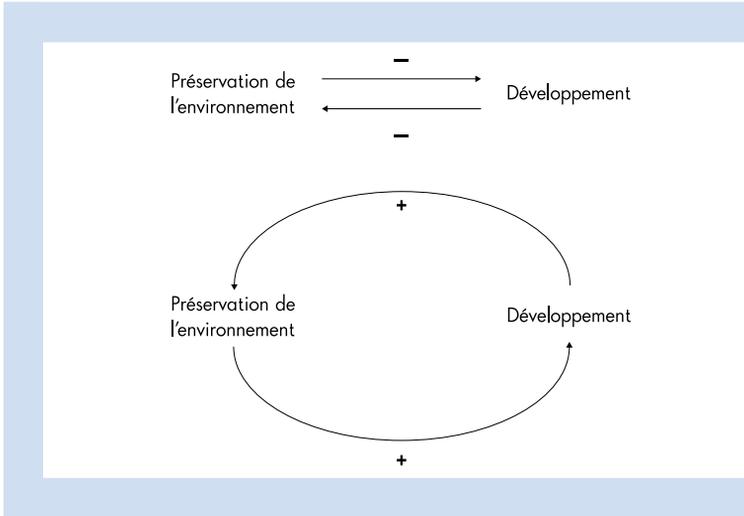


FIGURE 1. De la vision classique des relations environnement/développement (en haut) à la vision écologique (en bas), qui constitue le paradigme clé du développement durable.

En France, la réaction est plus tardive, si l'on excepte l'initiative de la Société nationale d'acclimatation et de protection de la nature, association privée à but scientifique et philanthropique, qui crée en 1928 la réserve zoologique et botanique de Camargue. Il faut attendre 1960 pour que soit votée la loi sur les parcs nationaux, et 1963 pour la création du premier d'entre eux, celui de la Vanoise.

L'Union internationale pour la protection de la nature est créée en 1948. Sa transformation, huit ans plus tard, en International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (UICN) entérine l'idée que la préservation

de la nature doit s'inscrire dans une perspective plus large d'utilisation sage de celle-ci et de ses fruits pour le bénéfice des hommes.

Mais un véritable saut est franchi avec la publication, en 1992,

1 On peut cependant faire remonter plus loin les origines des pratiques conservacionnistes en évoquant les croyances philosophiques et religieuses qui reconnaissent une valeur sacrée à des paysages exceptionnels ou aux animaux et à la vie.

de la *Stratégie mondiale de la conservation*, qui souligne le besoin de sauvegarder le fonctionnement des processus écologiques tout en prêtant attention aux exigences de développement.

### **La stratégie mondiale sur la biodiversité.**

La *Global Biodiversity Strategy*, guide pour l'étude, la préservation et l'utilisation à la fois durable et équitable des ressources et richesses biologiques de la planète, est publiée en 1992 sous l'égide du World Resources Institute, de la World Conservation Union et du PNUB, Programme des Nations unies pour l'environnement.

Dans la préface, signée des directeurs de ces trois organisations, il est souligné que « le développement doit être centré à la fois sur les populations humaines et sur la conservation » : « *Unless we protect the structure, functions, and diversity of the world's natural systems – on which our species and all others depend – development will undermine itself and fail. Unless we use Earth's resources sustainably and prudently, we deny people their future. Development must not come at the expense of other groups or later generations nor threaten other species' survival.* »

Le saut majeur imposé par ce texte, relativement à la philosophie dominante dans les milieux dédiés à la protection de la nature avant Rio, est l'insistance sur le fait que la conservation de la biodiversité ne se réduit pas à la protection des espèces sauvages dans des réserves naturelles mais qu'elle consiste aussi, et principalement, à sauvegarder les grands écosystèmes de la planète, appréhendés comme la base même et le support de notre développement.

Certes, la même idée était déjà à l'origine du concept de réserve de biosphère et du programme MAB de l'UNESCO, « L'homme et la biosphère », qui s'inscrivait clairement dans une perspective d'écodéveloppement dès son lancement en 1971. Pour des raisons variées qu'il serait trop long d'analyser ici, et parce qu'il est dans la nature des choses humaines que les évolutions culturelles ou de pratiques ne s'inscrivent que lentement dans les faits, la relance apportée par la GBS était nécessaire et celle-ci s'appuyait sur des connaissances et une prise de conscience élargies.

Cette dynamique post-Rio a d'ailleurs contribué à relancer le dispositif mondial des réserves de biosphère, dans le cadre de la « stratégie de Séville », conçue au terme d'une conférence d'experts organisée par l'UNESCO dans cette ville en mars 1995 (voir *Réserves de biosphère. La stratégie de Séville et le cadre statutaire du Réseau mondial*, 1996). Un des points saillants de ce document est le nouveau rôle attribué aux réserves de biosphère dans la mise en œuvre des résultats et recommandations de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement de Rio, et notamment la Convention sur la diversité biologique.

Ce que traduit cette dynamique, c'est une mobilisation planétaire des acteurs de la conservation et de la gestion de la nature et de ses ressources, des ONG qui ont su s'imposer avec un éclat particulier depuis Rio, comme on vient de le voir, jusqu'à la communauté scientifique concernée.

Il convient de dire quelques mots de cette mobilisation scientifique. Préparée dans l'antichambre de Rio, elle devait donner lieu au lancement par l'UNESCO, l'Union internationale des sciences biologiques et le SCOPE, d'un grand programme international baptisé *Diversitas*.

### Les réserves de biosphère

C'est en 1974 qu'un groupe de travail du programme sur « L'homme et la biosphère » de l'UNESCO (initié, lui, dès 1971) lance l'idée de réserve de biosphère. L'originalité du concept, par rapport à la perception classique des réserves et à la philosophie qui prévalait à l'époque en matière de protection de la nature, est de prendre en compte simultanément les objectifs de conservation et de développement. Les réserves classiques sont définies par rapport à la nature; les réserves de la biosphère partent d'interrogations et de réflexions sur les relations entre les sociétés humaines et leur environnement naturel. Elles ont été conçues pour répondre à l'une des questions les plus essentielles qui se posent aujourd'hui: comment concilier la conservation de la biodiversité et des ressources biologiques avec leur utilisation durable ?

#### Les trois fonctions d'une réserve de biosphère

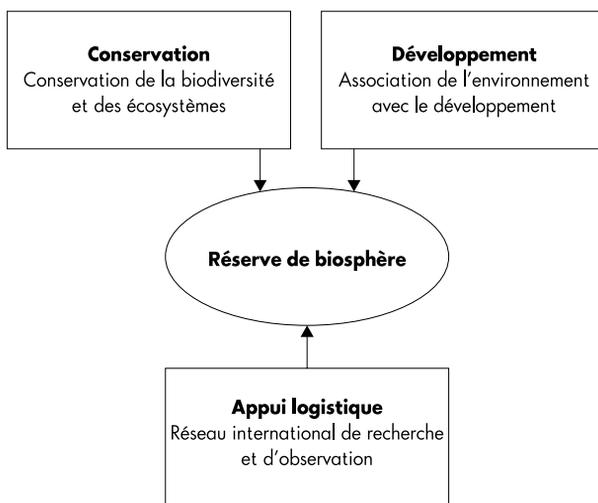


FIGURE 2. Chaque réserve de biosphère est censée remplir trois fonctions complémentaires qui se renforcent mutuellement : la conservation, le développement et l'appui logistique pour la recherche et l'éducation.

Les réserves de la biosphère sont des aires protégées aménagées à titre individuel par les États qui les soumettent à l'approbation de l'UNESCO pour leur insertion dans le réseau mondial des réserves de la biosphère.

Chaque réserve de biosphère est destinée à remplir trois fonctions fondamentales, qui sont complémentaires et interactives <sup>FIG. 2</sup> :

- 1 fonction de conservation, pour assurer la sauvegarde des paysages, des écosystèmes, des espèces et de leur variabilité génétique intrinsèque ;
- 2 fonction de développement, pour encourager une économie locale durable sur les plans écologique, sociologique et culturel ;
- 3 fonction logistique, pour la recherche, la surveillance continue, la formation et l'éducation en matière de conservation et de développement durable aux niveaux local, régional et planétaire. Ces aires comportent, autour d'une zone centrale intégralement protégée, des zones tampons où peuvent s'exercer des activités non destructrices et des zones de transition permettant le développement d'activités économiques durables compatibles avec l'environnement.

Elles associent donc résolument la conservation, qui est leur objectif ultime, et le développement durable dans les principaux écosystèmes de la planète. Elles constituent aussi un réseau mondial de recherche et de surveillance écologique et contribuent à sensibiliser, éduquer et former aux problèmes d'environnement.

L'UNESCO a approuvé la création de 409 réserves de la biosphère dans 94 pays. Dix sont implantées en France : Camargue, Cévennes, Tuamotu (Polynésie française), vallée du Fango (Corse), archipel de Guadeloupe, mer d'Iroise, mont Ventoux, pays de Fontainebleau, Luberon et Vosges du Nord.

Le programme *Diversitas* n'a pas été admis sans mal par les organismes scientifiques nationaux, mais il a fini par susciter une forte dynamique qui se concrétise aujourd'hui par l'existence de programmes nationaux et régionaux sur la biodiversité et un nouveau plan stratégique qui définit clairement trois grands champs prioritaires :

- 1 Comprendre, assurer le suivi et prédire les changements de biodiversité ;
- 2 Évaluer les impacts de ces changements tant à l'échelle des écosystèmes et de leur fonctionnement qu'à celle des hommes quant à leur santé et celle de leurs espèces domestiques ;
- 3 Développer les sciences impliquées dans la conservation de la biodiversité et son utilisation durable ainsi que les mesures et pratiques nécessaires.

Là aussi, on suit la maturation des idées vers des approches qui s'inscrivent dans une culture de développement durable, qui intègre davantage des savoirs et orientations autrefois séparés, ou simplement accolés.

Ainsi, la révolution épistémologique que suppose le passage d'une simple description extasiée de la diversité du vivant à la prise de conscience d'une dynamique complexe où sociétés humaines, diversité des espèces et contexte écologique interagissent et s'interpénètrent – ce que j'ai proposé d'entendre avec le mot « biodiversité » érigé en concept – semble accomplie ; Johannesburg devrait être le théâtre international de sa mise en œuvre dans le cadre d'un projet de développement planétaire durable.

### **La biodiversité comme ressource : les grands enjeux.**

Avant d'aborder, dans l'esprit de l'époque, l'intérêt que représente pour l'homme la biodiversité en termes de ressources, il convient d'évoquer la *raison d'être* de la diversité pour le vivant lui-même, animal, plante, micro-organisme ou homme.

La diversité génétique intraspécifique est la base ultime de l'évolution. L'adaptation des populations sauvages et domestiques (ou cultivées) aux conditions locales en dépend. L'histoire de l'agriculture l'a amplement démontré : la diversité génétique est un gage d'adaptation à un monde changeant, une garantie sur l'avenir. C'est ce potentiel qui a permis l'amélioration des races animales et végétales pour le plus grand bénéfice des populations humaines. On estime que les accroissements de production obtenus, encore aujourd'hui, proviennent pour 50 % du patrimoine génétique sauvage exploité.

Moins bien établie est la relation entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes. Dès les années cinquante les écologues défendaient l'hypothèse que la diversité des espèces pouvait affecter le fonctionnement des écosystèmes selon trois voies :

- 1 une diversité plus grande devrait accroître la résistance aux invasions par d'autres espèces ;
- 2 elle devrait réduire la sévérité des attaques des plantes par des agents pathogènes ;
- 3 elle devrait se traduire par une richesse accrue des niveaux trophiques supérieurs.

Des travaux expérimentaux récents, stimulés par les débats post-Rio, sont venus étayer cette analyse et l'hypothèse plus générale selon laquelle la diversité des espèces confère aux écosystèmes une plus grande capacité de résistance aux perturbations ou de restauration après perturbation (résilience).

En d'autres termes, il apparaît que la diversité des espèces confère aux communautés écologiques la capacité à résister à leurs ennemis et à s'adapter aux perturbations et changements de leur environnement.

Ainsi, la perte de la diversité des gènes dans une espèce, des espèces à l'intérieur des écosystèmes et des écosystèmes dans une région, font prévoir, suite à des perturbations de l'environnement, des réductions drastringes des biens et services provenant des écosystèmes de la planète.

En un mot, la biodiversité est un gage d'adaptation à un monde changeant, une garantie de *développement durable*.

#### *Une approche économique de la biodiversité.*

Pour s'imposer, il ne suffit pas que la biologie de la conservation développe des connaissances rigoureuses sur la dynamique de la biodiversité et propose des stratégies écologiquement efficaces pour sa préservation.

Il faut aussi, en effet, qu'elle élabore ces stratégies de manière à les rendre compatibles avec le développement économique des populations qui doivent en assurer la mise en œuvre. *Il faut faire de la conservation un objectif politiquement et socialement acceptable.*

Cela suppose une évaluation économique, mais aussi éthique et philosophique, de la biodiversité. De fait, tenter d'évaluer, en équivalents monétaires, les ressources biologiques et les services écologiques que fournit la biodiversité ne dispense pas de s'interroger sur *la valeur qu'elle peut représenter pour les sociétés humaines*.

L'évaluation économique de la biodiversité se heurte à trois types de difficultés :

- 1 une large part de la biodiversité et de ses rôles ou fonctions précises sont inconnus ;
- 2 il n'existe pas d'indicateur global et homogène de cette biodiversité, capable d'intégrer gènes, espèces et écosystèmes ;
- 3 les outils économiques habituels sont difficilement compatibles avec la représentation écologique du monde qu'impose la prise en compte de la dynamique de la biodiversité – avec, notamment, une échelle de temps et des hiérarchies d'interactions directes et indirectes, sans commune mesure avec les préoccupations habituelles de l'économie de marché.

Quelle économie développer, dans ces conditions, pour cerner ces problèmes ?

On peut déjà tenter d'évaluer monétairement les ressources génétiques, les espèces prises séparément, voire les écosystèmes, en mesurant économiquement l'utilité de chacun de ces éléments du patrimoine naturel pour l'homme – tout en sachant qu'il s'agit là d'un véritable défi scientifique, surmontable partiellement seulement.

Le plus souvent, ces ressources n'ont pas de valeur de marché et leur évaluation économique ne peut se faire que de manière indirecte. L'indicateur de valeur utilisé est alors la richesse induite, autrement dit la richesse que créent les activités économiques qui peuvent se développer autour des ressources considérées.

Ainsi, bien qu'il soit *a priori* impossible de donner une valeur économique réelle à des plantes sauvages, on peut cependant, dans certains cas particuliers, proposer des estimations réalistes. En voici deux exemples, relatifs à des plantes apparentées à des espèces exploitées :

- 1 un parent sauvage du blé, en Turquie, a fourni des gènes de résistance incorporés à plusieurs variétés commerciales de blé, induisant un profit estimé pour les seuls États-Unis à 50 millions de dollars par an ;

- 2 le gène de résistance au virus de la jaunisse nanisante apporté par une orge éthiopienne protège aujourd'hui la récolte d'orge de Californie de cette maladie fatale, soit un revenu de 160 millions de dollars par an.

Plus généralement, selon des estimations du Département de l'Agriculture des États-Unis, les ressources génétiques (plantes sauvages apparentées et cultivars) utilisées pour l'amélioration des plantes permettent une augmentation annuelle de la productivité agricole d'environ un milliard de dollars. En outre, en prévenant famines et malnutrition, la contribution mondiale des parents sauvages de plantes cultivées représenterait un bénéfice indirect estimé à plusieurs milliards de dollars par an.

Les économistes qui se sont attaqués à l'évaluation de la diversité biologique ont défini une typologie de valeurs adaptée à cet objet particulier.

Ils distinguent quatre catégories de valeur :

- 1 des *valeurs d'usage*, qui supposent une forme ou une autre de *consommation* de la ressource ;

- 2 des *valeurs d'option*, liées à la possible *exploitation future* de ces ressources ;

- 3 des *valeurs d'existence*, liées à la *satisfaction* et au *bien-être* que procure l'existence de la biodiversité ;

- 4 des *valeurs écologiques*, liées à l'*interdépendance entre organismes* et au *bon fonctionnement* des systèmes naturels.

Les valeurs d'usage, proches de l'univers économique traditionnel puisque ce sont celles de la société de consommation, sont de loin les plus cernables.

La plupart des auteurs distinguent même trois sous-ensembles dans cette catégorie :

- 1 les valeurs de *consommation directe*, lorsqu'il y a utilisation des produits, sans transformation, comme dans la chasse, la pêche et la cueillette ;

- 2 les valeurs *productives*, qui résultent de l'utilisation des ressources dans des cycles de production, comme dans le cas de l'exploitation forestière, de l'extraction de substances à vertu médicale, de l'amélioration des plantes et de la production variétale ;

3 les valeurs *récréatives*, qui supposent une exploitation subjective, sans consommation effective, comme dans le cas de la promenade ou du safari photo.

Certaines des valeurs définies ci-dessus sont difficiles à apprécier en termes monétaires. Comment évaluer la valeur du gorille ou de la baleine blanche ? Quelle valeur donner à un paysage ? Au plaisir de découvrir, au détour d'un chemin forestier, un chevreuil, un renard, un sanglier ?

Les économistes de l'environnement ont développé une méthode, appelée *l'évaluation contingente*, qu'ils tentent d'appliquer à tous les cas où une évaluation économique directe est impossible. Elle consiste, à partir d'enquêtes, à estimer le *consentement à payer* des « consommateurs » potentiels, au sens large du terme : combien est-on prêt à payer pour protéger l'éléphant d'Afrique, pour conserver ou restaurer tel ou tel paysage ?

Cette approche suscite cependant, de plus en plus, un profond scepticisme. Certes, on obtient des chiffres, mais que valent-ils ? Que signifient-ils ?

Au fond, il paraît préférable d'adopter une démarche plus pragmatique, moins ambitieuse, quitte à n'utiliser que des critères qualitatifs.

En attendant, on peut déjà considérer la valeur actuelle des marchés mondiaux relatifs aux biens et services apportés par quelques grandes activités liées à la biodiversité telles que la foresterie (85 millions de dollars par an), le marché pharmaceutique lié aux plantes (200 millions de dollars par an) ou le tourisme (de l'ordre de 2,5 milliards de dollars par an).

#### *La biodiversité, source de médicaments.*

Pendant très longtemps, les hommes ont dépendu exclusivement, pour se soigner, de médicaments naturels, extraits de plantes, d'animaux ou de minéraux.

Ainsi, les populations primitives ont découvert que l'écorce de quinquina soignait les fièvres intermittentes, que la mastication des feuilles de coca apaisait la faim, que les animaux gravides avortaient après consommation de grains contaminés par l'ergot du seigle, ou encore que la consommation du latex de capsules de pavot non mûr allégeait la douleur.

La médecine « naturelle » est donc très ancienne, et encore très largement répandue. Ainsi, le *Pen ts'ao*, dû à l'herboriste chinois Shen Nung, remonte à 2 800 avant Jésus-Christ : il recensait déjà 366 plantes médicinales, dont l'*Hephedra*, bien connu aujourd'hui pour l'utilisation faite en ophtalmologie de l'un de ses alcaloïdes, l'héphédrine.

Plus proche de nous, Dioscorides décrit plus de 600 plantes à usage thérapeutique dans son *De Materia Medica* (78 après Jésus-Christ) – parmi lesquelles on trouve déjà l'aloès, l'ergot et l'opium.

Enfin, il faut citer encore Theophraste Von Hohenheim, plus connu sous le nom de Paracelse (1490-1541), qui marque la naissance de la chimie médicale.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, le développement de la chimie organique en Europe a permis d'analyser les composés actifs des plantes médicinales. L'industrie pharmaceutique moderne était née. À l'heure actuelle, on estime que 40 % des médicaments utilisés ont pour matière active une substance naturelle extraite, dans les deux tiers des cas, d'une plante.

Le tableau 1 donne quelques exemples des composés pharmaceutiques d'importance majeure obtenus à partir de plantes supérieures.

L'OMS estime que 80 % de la population de la planète a régulièrement recours à des médecines traditionnelles à base de plantes. Ainsi, la médecine traditionnelle chinoise utilise actuellement plus de 5 000 plantes, dont un millier de manière courante.

Aux États-Unis et en Europe de l'Ouest, on estime à 25 % la proportion des prescriptions médicales contenant des ingrédients extraits de plantes supérieures. Francesca Grifo, de l'American Museum of Natural History, a montré que 118 des 150 médicaments les plus prescrits aux États-Unis étaient originellement dérivés d'organismes vivants, 74 % de plantes, 18 % de champignons, 5 % de bactéries et 3 % du seul *Bothrops* (serpent venimeux). Neuf des dix premiers sont basés sur des produits naturels issus de plantes.

La situation est certainement du même ordre ailleurs, voire plus marquée encore en faveur de l'utilisation de produits extraits de la nature. Ainsi, de nombreuses médecines utilisées largement en Europe ne sont pas en vente aux États-Unis. Par exemple, un dérivé des feuilles du Ginkgo serait maintenant très largement utilisé par les Européens de plus de 45 ans. Divers composés tirés de la distillation des feuilles de cet arbre ont la propriété de faciliter la circulation cérébrale et sont supposés prévenir les risques de démence sénile. Faut-il souligner que cette espèce a échappé à une extinction totale dans la nature grâce aux moines chinois qui, depuis des siècles, les ont maintenus dans les jardins de leurs monastères ?

Autre exemple, un produit extrait du gui qui double l'espérance de vie des femmes atteintes du cancer du sein.

On peut citer encore le cas de l'*Aconit napel*. C'est l'une des angiospermes (plantes à fleurs) européennes les plus toxiques. Elle contient de l'aconitine à raison de 0,4 à 0,8 % de la matière sèche et toute une série d'autres alcaloïdes (aconine, napelline). L'aconitine est un poison violent : trois à quatre milligrammes suffisent à tuer un être humain par paralysie du système nerveux, comme le savaient les Gaulois et les Germains, qui enduisaient les pointes de leurs flèches de suc d'*Aconit* pour occasionner des blessures mortelles.

Espèce	Composé	Usage
Belladone	Atropine	Anticholinergique
Camélia	Caféine	Stimulant des centres nerveux
Camphrier	Camphre	Vasodilatateur
Coca	Cocaïne	Anesthésique
Pavot	Codéine	Analgésique, antitussif
	Morphine	Analgésique
Colchique	Colchicine	Agent antitumoral
Digitale	Digitaline	Tonicardiaque
Rauwolfia	L. Dopa	Antiparkinsonien
Menthe	Menthol	Vasodilatateur
Quinquina	Quinine	Antipaludique, antipyrétique
	Résérpine	Hypotenseur
Datura	Scopolamine	Sédatif
Noix vomique	Strychnine	Stimulant du système nerveux central
Thym	Thymol	Antifongique

TABLEAU I. Principales plantes et leurs produits actifs utilisés à des fins médicales

Utilisés à des doses adaptées, ces mêmes alcaloïdes extraits de poudres de feuilles ou de racines sont utilisés dans les traitements des bronchites, des rhumatismes et des névralgies faciales.

Dans le domaine de la thérapie anticancéreuse, la recherche de substances actives d'origine végétale a permis la découverte d'une nouvelle classe de molécules, les taxoïdes – taxol et taxotère. Le taxol, molécule extraite de l'écorce de l'if de Californie utilisée dans le traitement du cancer du sein, a été découvert aux États-Unis et le mécanisme de son action antitumorale a été identifié en 1979. Mais son exploitation nécessitait l'abattage des arbres, dont la croissance est très lente (un arbre centenaire ne fournit qu'un gramme de taxol, soit la moitié de la quantité nécessaire pour le traitement d'une seule personne pendant un an). Il fallut donc recourir à l'utilisation du taxol hémisynthétique, fabriqué en laboratoire.

Plus récemment, des chercheurs à l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS, à Gif-sur-Yvette, ont réussi à synthétiser le taxol à partir d'un précurseur présent dans les feuilles de l'if européen. Celles-ci présentent l'avantage de constituer une source renouvelable, puisque le prélèvement s'effectue sans abattre l'arbre. En outre, ces recherches ont permis de découvrir, parmi les intermédiaires de synthèse, le taxotère, qui possède une activité supérieure à celle du taxol.

Cela dit, la proportion des espèces végétales explorées pour leurs éventuelles propriétés médicinales reste étonnamment faible : à peine 1 100 espèces sur 365 000 connues (algues comprises)!

Peut-on estimer le marché potentiel représenté par les forêts tropicales ou autres en ce qui concerne la découverte de nouveaux médicaments ? À ce jour, la proportion de plantes étudiées ayant fourni une substance médicale majeure est de une sur 125. Le marché correspondant, aux États-Unis, est d'au moins 200 millions de dollars US par an. Si l'on admet que disparaît actuellement une espèce d'arbre par jour, on peut alors estimer la perte de médicaments potentiels à trois ou quatre par an, soit un coût de 600 millions de dollars environ.

Les compagnies pharmaceutiques ignorent encore largement cette source de médicaments, préférant tester au hasard des molécules de synthèse, même si la chance de trouver une nouvelle molécule majeure n'est que de 1 sur 10 000 produits testés. Les compagnies ont beaucoup plus de difficultés pour breveter des produits naturels que ceux qu'elles peuvent synthétiser, de sorte que les profits potentiels à commercialiser les premiers sont significativement diminués, sans parler des problèmes de barrière douanière et de droits à l'importation.

Le monde marin est resté longtemps inexploré de ce point de vue. L'étude des molécules biologiques d'origine marine n'a véritablement commencé que dans les années cinquante. La description de quelque 3 000 à 4 000 substances nouvelles synthétisées par des organismes marins, algues, invertébrés ou micro-organismes, a permis de caractériser près de 500 nouvelles substances actives : antitumorales, antivirales, immunomodulatrices, antibiotiques, antifongiques, etc.

Actuellement, trois médicaments d'origine marine sont commercialisés : un antibiotique (la céphalosporine), un antiviral (la vidarabine) et un antitumoral (la cytarabine).

Enfin, des manipulations génétiques bien choisies peuvent transformer des plantes en usines à médicaments. Le colza à neuroleptiques en est un bon exemple.

Le colza est une crucifère issue de l'hybridation naturelle entre un chou et une navette. Son centre de domestication se trouverait dans les zones de recouvrement des centres de diversité de la navette (Eurasie) et du chou (Europe de l'Ouest et Afrique du Nord-Ouest). Il est cultivé pour sa graine riche en huile et en protéines. L'homme vient de créer par génie génétique un producteur de neuroleptiques. Cette découverte de la société belge Plant Genetic System (PGS), compte tenu d'un rendement en grains de 30 quintaux à l'hectare, permet d'obtenir 3 kg/ha de cette molécule thérapeutique.

### La biodiversité et l'alimentation des hommes.

Il est assez surprenant de constater que la civilisation humaine utilise pour l'agriculture et l'élevage un nombre fort réduit d'espèces, domestiquées pour la plupart dès le néolithique : quelques centaines de plantes et quelques dizaines d'animaux. La majorité de la production agricole est assurée tout au plus par une vingtaine d'entre elles. Depuis plusieurs millénaires, les générations successives ont cherché à améliorer ces souches sans essayer de tirer parti du reste de la faune et de la flore.

La quasi-totalité des activités de recherche agronomique contemporaines – dont l'objet est d'accroître le rendement des cultures – concerne l'amélioration des cultivars des 20 principales espèces végétales qui assurent 80 % de la récolte annuelle mondiale. Trois d'entre elles, le blé, le maïs et le riz en fournissent à elles seules près de la moitié <sup>TABLE. 2</sup>.

Cela paraît d'autant plus paradoxal que plus de 3 000 espèces de plantes sauvages sont connues pour être comestibles ! Pire encore, au cours des derniers siècles, des espèces connues et cultivées par des populations autochtones ont vu leur usage se réduire – conséquence des phénomènes d'acculturation dus à la colonisation.

Un des cas les plus connus est celui de l'amarante (trois espèces du genre *Amaranthus*), dont les Aztèques consommaient les graines et dont la culture fut interdite par les Espagnols quand ils colonisèrent le Mexique. De même, une plante des hauts plateaux andins, la passerage (*Lepidum meyenii*), aux racines semblables à celles du radis noir et riches en saccharose et en amidon, autrefois cultivée par les Incas du Pérou et de la Bolivie, est en voie d'extinction car elle ne couvre plus qu'une dizaine d'hectares.

Parmi les plantes sauvages qui constituent de sérieux candidats potentiels pour une culture vivrière à vaste échelle, la domestication de plusieurs d'entre elles permettrait un accroissement spectaculaire de la production végétale dans les pays tropicaux.

Tel est, par exemple, le cas du haricot ailé de Nouvelle-Guinée (*Psophocarpus tetragonolobus*), dont toutes les parties aériennes – feuilles, gousses, graines, sont comestibles et qui peut croître de 50 cm par jour !

Un arbre des basses terres d'Amazonie, *Mauritia flexuosa*, dénommé « arbre de vie » par les Amérindiens, représente aussi un excellent candidat à une culture à vaste échelle car non seulement ses fruits, mais aussi ses pousses et sa moelle sont comestibles.

Une importante source naturelle de nourriture, et spécialement de protéines, est fournie par les produits de la pêche et, à un bien moindre degré, de l'aquaculture. On estime que 40 % des besoins en protéines des deux tiers les plus pauvres de la population mondiale proviennent des poissons.

Espèce ou groupe d'espèces	Production en 1990 (millions de tonnes)	% du total	% cumulé
blé	595	15,5	
riz	519	13,5	
maïs	475	12,4	41,4
pomme de terre	270	7,0	
orge	180	4,7	
manioc	158	4,1	
patate douce	132	3,4	
soja	108	2,8	
canne à sucre	95	2,5	65,9
banane et plantain	71	1,8	
tomate	69	1,8	
raisin	60	1,6	
sorgho	58	1,5	
orange	52	1,4	
avoine	44	1,1	
noix de coco	42	1,1	
choux	42	1,1	
pomme	40	1,0	
seigle	37	1,0	73,9
Total (y compris les autres cultures)	3 839		100,0

TABLEAU 2. Les principales plantes alimentaires dans le monde.

Or, l'exploitation de cette ressource a été multipliée par cinq depuis 1950, passant de 20 millions de tonnes par an à plus de 100 millions de tonnes à la fin des années quatre-vingt – la plus grosse part, et de très loin, provenant des océans. Cet accroissement considérable de la pression exercée sur les ressources marines depuis 1950 résulte de l'extension de l'effort de pêche vers des zones antérieurement faiblement exploitées (mers tropicales)

et sur des espèces et des tailles de poissons auparavant négligées. Cette surexploitation se traduit actuellement par une stagnation puis un déclin des prises – pour un effort de pêche de plus en plus intense et de moins en moins rentable.

**D'une vision écologique du monde à la mise en œuvre  
d'un développement durable à l'échelle planétaire.**

Ainsi, le renouvellement des idées et des approches qu'ont instauré peu à peu les dynamiques scientifiques, économiques et sociales suscitées par les efforts de mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique ouvre de réelles perspectives d'un développement durable, de l'échelle locale aux échelles régionale et planétaire.

La vision écologique élargie qui s'est imposée à Rio et qui a fait de la diversité du vivant un *concept environnemental* permet aujourd'hui d'aborder les problématiques qui relient les soucis de préservation de l'environnement aux objectifs d'un développement viable des sociétés humaines, au nord comme au sud, pour les générations d'aujourd'hui comme pour celles de demain. Sur ce plan, le concept de biodiversité, dans sa pleine dimension écologique, apparaît décisif :

1 parce qu'il oblige à réinsérer l'homme, *Homo sapiens*, dans cette dynamique de diversification du vivant qui n'a cessé depuis 3,8 milliards d'années;

2 parce qu'il conduit à considérer et à approfondir les relations entre diversité du vivant, fonctionnement des écosystèmes et performances des sociétés humaines en termes de développement.

Pour mieux faire saisir cette « double articulation », je ne puis que recourir au concept, certes discutable<sup>2</sup>, de *services écologiques* que schématise bien la figure 3.

Quoique contestable dans sa construction anthropocentrée, le concept de service écologique ouvre de nouvelles perspectives à l'écologie – qui ne fait d'ailleurs là que recouvrer ses préoccupations originelles (voir Deléage, 1997 : *Histoire de l'écologie, une science de l'homme et de la nature*).

De fait, l'écologie retrouve là sa sœur aînée, l'économie, après un développement tout au long du xx<sup>e</sup> siècle où elle fut totalement ignorée.

On assiste aujourd'hui à l'épanouissement d'une nouvelle discipline, l'économie écologique, appelée à jouer un rôle clé pour l'établissement des bases d'un développement durable.

Parallèlement, dans le cadre des Conférences des parties (COP) qui se tiennent tous les deux ans depuis Rio,

<sup>2</sup> Discutable, parce qu'il repose sur la dualité simpliste et trompeuse homme/nature et qu'il laisse entendre que la nature fournit à l'homme des services, alors qu'elle se borne à avoir un « fonctionnement ».

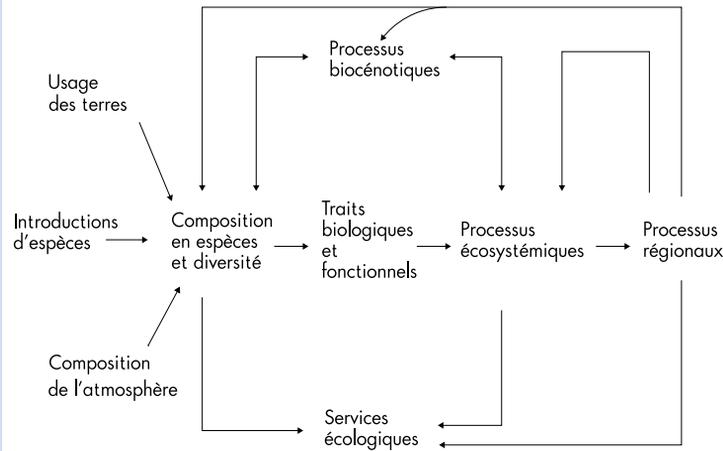


FIGURE 3. Relations entre diversité du vivant, processus écosystémiques, services écologiques et facteurs de changement liés aux activités humaines. Ressources biologiques et services écologiques sont l'une des bases essentielles du développement des sociétés humaines qui, mal conduit, pourrait les affecter à son propre détriment.

des initiatives politiques sont prises pour mettre en œuvre les grandes recommandations de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Ainsi, les gouvernements ont développé la Global Taxonomy Initiative et énoncé les grandes orientations d'un programme de lutte contre les espèces invasives. Depuis 1994, le Global Environment Facility, mécanisme financier de la CDB, a attribué 3,86 milliards de dollars aux pays en voie de développement sur la biodiversité. En dépit de ces efforts et réalisations, il faut bien dire cependant que la CDB manque d'objectifs clairs et de dates butoirs, de sorte que son bilan est difficile à évaluer (Kate, 2002). En Europe, certaines directives adoptées par l'Union européenne, telle la directive « habitat », donnent aux États membres des objectifs communs qui devraient permettre de progresser significativement.

### Natura 2000. Des contrats pour agir

Conserver les habitats naturels, la flore et la faune, c'est le plus souvent soutenir les pratiques humaines (agricoles, forestières ou autres) qui, au fil du temps, ont façonné la diversité biologique des territoires. Le maintien de cette bio-diversité est un facteur clé pour un développement durable et maîtrisé, particulièrement dans les zones rurales.

L'Union européenne, en adoptant deux directives (« oiseaux » en 1979 et « habitats » en 1992), a donné aux États membres un objectif commun pour la protection des espèces et de leurs habitats naturels rares ou menacés en Europe, fondé sur des principes simples :

- la constitution d'un réseau européen de sites appelé Natura 2000 ;
- la prise en compte dans la gestion des sites des exigences économiques, sociales et culturelles.

La France vient de compléter, en 2001, la transposition dans sa législation de ces deux directives. Elle a opté pour un dispositif juridique fondé sur le volontariat et la responsabilisation des acteurs qui ont en charge la gestion et l'entretien des milieux naturels.

**Trois choix essentiels ont été faits :**

- 1 agir dans la transparence et la concertation, à tous les stades de la démarche, en particulier à travers le comité de pilotage installé pour chaque site ;
- 2 développer la gestion contractuelle reposant sur l'initiative et l'adhésion des propriétaires et gestionnaires des territoires ;
- 3 intégrer l'environnement dans les actions de gestion et de valorisation de l'espace rural.

À présent, l'élaboration des « documents d'objectifs » qui définissent, pour chaque site, les orientations et les mesures adaptées de gestion est déjà bien engagée, en favorisant la concertation locale.

2002 va marquer une étape essentielle dans la mise en œuvre concrète de la gestion des sites. Propriétaires, agriculteurs, forestiers, chasseurs, associations, collectivités, pourront bénéficier de *contrats Natura 2000* rémunérés pour les travaux et services rendus à la collectivité.

Ainsi, Natura 2000, doté de moyens financiers substantiels, doit s'affirmer comme un véritable outil pour le développement des territoires, garantissant la conservation de la flore, de la faune et des habitats naturels. (*D'après une note du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement*)

Que sont ces services écologiques évoqués dans la figure 3 ? Il s'agit en fait de processus écologiques très variés, tels que le recyclage de la matière organique, le cycle de l'eau, la régulation des climats, le renouvellement de la fertilité des sols, la purification des eaux ou la pollinisation des plantations et vergers, comme des fleurs sauvages. On ne prend conscience de leur réalité et de leur importance économique que lorsqu'ils sont dégradés et qu'il faut engager des dépenses pour les restaurer.

Donnons-en deux exemples, l'un local, l'autre planétaire.

Dans le nord-est des États-Unis, l'eau issue de sources situées dans les monts Catskills était depuis longtemps mise en bouteilles et vendue dans toute la région, et notamment à New York. Il y a quelques années, suite

aux changements d'usage des terres sur l'ensemble du bassin versant qui dessert New York, les excès d'engrais et de pesticides eurent raison du service écologique qu'assurait gratuitement la purification de l'eau des Catskills Mountains. La qualité de l'eau était tombée en dessous des normes fixées par l'Agence nationale pour la protection de l'environnement, et l'administration de la ville de New York a donc procédé à l'estimation du coût de retraitement et de purification de l'eau : 6 à 8 milliards de dollars d'investissements, auxquels devaient s'ajouter des coûts annuels d'entretien et de fonctionnement estimés à 300 millions de dollars. Les élus demandèrent alors d'évaluer le coût des mesures susceptibles de restaurer l'intégrité des services naturels de purification du bassin versant. Estimées à 1 milliard de dollars – donc à infiniment moins que l'usine de filtration – ces mesures furent adoptées par la ville de New York.

Le second exemple est dû à Robert Costanza, l'un des fondateurs de l'économie écologique. Avec son équipe, il publie en 1997, dans la revue *Nature*, un article très discuté qui tente d'évaluer l'ensemble des services rendus à l'humanité par les écosystèmes de la planète. La démarche adoptée consistait à évaluer, non pas les écosystèmes eux-mêmes, mais la variation de bien-être résultant d'une variation du service rendu, conformément aux principes de la théorie économique. Les méthodes employées reposent dans une large mesure sur le consentement à payer d'échantillons de populations concernées. Le calcul donne une moyenne annuelle de 33 milliards de dollars ( $33 \times 10^{12}$ ), soit près de deux fois la somme totale des PNB de l'ensemble des pays de la planète. Quelle que soit la fragilité d'une telle estimation, elle a le double mérite d'attirer l'attention sur la valeur insoupçonnée des services assurés par les écosystèmes du globe et d'ouvrir un champ de recherche hors duquel toute mise en œuvre de ce développement durable appelé par tous restera un vœu pieux.

Ainsi, beaucoup de chemin a été accompli depuis Rio, en dépit des apparences premières. Gageons que Johannesburg nous permettra de franchir une nouvelle étape, décisive celle-là !

## Orientation bibliographique commentée

AUBERTIN, C., & VIVIEN, F.-D., 1998.

*Les enjeux de la biodiversité*. Euconomica, Paris, 12 p.

Un point de vue bien informé, « sciences sociales » et « économie », sur les enjeux de la biodiversité. Analyse claire de la situation dans cette perspective, et accessible à des publics non spécialisés.

BARBAULT, R., 1994.

*Des baleines, des bactéries et des hommes*. Odile Jacob, Paris, 338 p.

Essai sur la dynamique de la biodiversité à volonté de vulgarisation. Donne le cadrage écologique et évolutif qui permet de comprendre ce qu'est la diversité du vivant, ce qu'elle signifie pour le fonctionnement de la planète et le développement des sociétés humaines. Pour publics éclairés mais pas nécessairement spécialisés.

BARBAULT, R., 1997.

*Biodiversité*. « Les fondamentaux », Hachette, Paris, 159 p.

Petit manuel d'introduction aux sciences de la biodiversité et à la biologie de la conservation, en particulier. Premiers cycles universitaires.

BARBAULT, R., 2000.

« La vie, un succès durable », *Natures, Sciences, Sociétés*, 8 : 40-46.

Le concept de développement durable vu par un écologue et transposé au cas du phénomène « vie ». Pour lecteurs éclairés non spécialistes.

BARBIER, E. B., BURGESS, J.-C., & FOLKE, C., 1994.

*Paradise Lost? The Ecological Economics of Biodiversity*. Earthscan, New York, 268 p.

Un excellent manuel d'économie écologique centré sur les enjeux de la biodiversité. Accessible à des non-spécialistes.

CHAPIN, F. S., & al., 2000.

« Consequences of changing biodiversity », *Nature*, 405 : 234-242.

Les changements de biodiversité provoqués par les actions des hommes altèrent les processus écosystémiques et la vulnérabilité des écosystèmes aux changements globaux. Cela a de profondes conséquences sur les services que tirent les hommes des écosystèmes.

CHAUVET, M., & OLIVIER, L., 1993.

*La biodiversité un enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique*.

Éditions Le Sang de la terre, Paris, 416 p.

Synthèse très accessible sur la nature de la biodiversité et ses enjeux, avec un centrage fort sur les ressources génétiques et leur gestion.

COSTANZA, R., (Ed.) 1991.

*Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*.

Columbia Univ. Press, New York, 527 p.

L'un des premiers ouvrages fondateurs de l'économie écologique.

Rassemble de nombreux articles d'un grand intérêt qui tentent de poser les bases d'une science de la gestion durable. Niveau universitaire.

COSTANZA, R., & AL., 1997.

«The value of the world's ecosystem services and natural capital», *Nature*, 387: 253-260.

Article un peu tapageur et discuté mais qui donne à réfléchir sur ce que signifie l'évaluation économique des écosystèmes planétaires. Au fait, combien valons-nous ?

CZECH, B., 2000.

«The importance of ecological economics to wildlife conservation», *Wildlife Society Bulletin*, 28 (special coverage): 2-69.

Article pour spécialistes et curieux: sur l'importance économique de la conservation de la nature, avec l'éclairage de cette nouvelle économie dite écologique en pleine émergence. Clair et d'accès facile.

DI CASTRI, F., & YOUNÈS, T., (Eds) 1996.

*Biodiversity, Science and Development. Towards a Next Partnership*, CAB International, Wallingford (UK), 646 p.

Ouvrage multi-auteurs qui développe, à propos de la biodiversité, les relations qui existent entre diversité du vivant, sciences et capacités de développement, y compris dans le contexte politique et culturel des conflits et partenariats possibles Nord/Sud.

GASTON, K. J., (Ed.), 2000.

*Biodiversity: a Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science, Oxford, 396 p.

Une série d'essais de spécialistes sur ce qu'est la diversité du vivant, analysée à la fois sous l'angle de la biologie des nombres et sous celui de la biologie des différences.

GASTON, K. J., 2000.

«Global patterns in biodiversity», *Nature*, 405: 220-227.

La distribution de la biodiversité à l'échelle de la planète peut être exprimée par quelques gradients caractéristiques.

JOLLIVET, M., (Ed.), 2001.

*Le développement durable, de l'utopie au concept. De nouveaux chantiers pour la recherche*.

Elsevier, Paris, 288 p.

Qu'est-ce que le développement durable pour des chercheurs de différents domaines ?

Pour des publics curieux mais pas nécessairement spécialisés.

KATE, K. T., 2002.

«Science and the convention on Biological Diversity», *Science*, 295: 2371-2372.

Point récent sur le contexte institutionnel de mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique (CDB).

LAMY, M., 1999.

*La diversité du vivant*. Le Pommier/Fayard, 156 p.

Un ouvrage clair sur la diversité du vivant. Niveau terminale ou premiers cycles universitaires.

LARRÈRE, C., 1997.

*Les philosophies de l'environnement*. PUF, Paris, 124 p.

Analyse très fine des courants de pensée qui ont animé, notamment aux États-Unis, les théoriciens et praticiens de la protection de la nature, jusqu'à l'émergence de la biologie de la conservation moderne. Indispensable pour comprendre les fondements culturels et philosophiques des prises de position actuelles en matière de sauvegarde de la diversité du vivant.

LARRÈRE, C., & LARRÈRE, R., 1997.

*Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*. Alto, Aubier, 355 p.

Les deux auteurs, l'un philosophe et l'autre ingénieur agronome, en réexaminant les termes d'un long débat qui opposait l'homme à la nature, posent ici les jalons d'une nouvelle vision de cette dernière. Un bon usage de la nature qui donne à penser pour soi-même.

LAWTON, J. H., & MAY, R. M., (Eds). 1995.

*Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford, 233 p.

Tout ce que l'on sait sur la biologie des extinctions passées, en cours ou à venir.

Ouvrage de spécialistes.

LÉVÊQUE, C., 1997.

*La biodiversité*. PUF, Paris, 127 p.

Petit essai très clair sur ce que sont la biodiversité et ses enjeux.

LÉVÊQUE, C., & MONOULOU, J.-C., 2001.

*Biodiversité. Dynamique biologique et conservation*. Dunod, Paris, 248 p.

Manuel à usage universitaire sur la dynamique de la biodiversité et sa conservation.

LEVIN, S. A., (Ed.) 2001.

*Encyclopedia of Biodiversity*, 5 volumes, Academic Press, San Diego, 5000 p.

Tout ce que vous voulez savoir sur la diversité du vivant, par les meilleurs spécialistes mondiaux de la question; la nature sous toutes les coutures, sur tous les continents, des microorganismes aux séquoias géants; les menaces qui pèsent sur elle, ce que l'on sait sur les facteurs et les taux d'extinction; les enjeux qu'elle suscite; les pratiques et stratégies de conservation, etc. Très complet et très utile pour les journalistes, enseignants... et curieux.

LUBCHENCO, J., OLSON, A. M., BRUBAKER, L. B., CARPENTER, S. R., HOLLAND, M. M. HUBBEL, S. P., LEVIN, S. A., MACMAHON, J. A., MATSON, P. A., MELLILO, J.-M. MOONEY, H. A., PETERSON, C. H., PULLIAM, H. R., REAL, L. A., REGAL, P. J. & RISSER, P. G., 1991.

« The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda », *Ecology*, 72 : 371-412.

Un article important, qui marque la prise de conscience, par la Société américaine d'écologie, de la nécessité de faire évoluer cette discipline pour aborder la biosphère dans la perspective d'un développement durable.

- MALÉZIEUX, E., TRÉBUIL, G., & JAEGER, M., (dir.) 2001.  
*Modélisation des agrosystèmes et aide à la décision*. Cirad-Inra, 447 p.  
 Des essais théoriques et des études de cas concrets qui illustrent les problèmes évoqués dans le titre.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., & KENT, J., 2000.  
 « Biodiversity hotspots for conservation priorities », *Nature*, 403: 853-858.  
 Faut-il concentrer les efforts de conservation sur quelques hauts lieux de biodiversité où celle-ci est particulièrement menacée ?
- PURVIS, A., & HECTOR, A., 2000.  
 « Getting the measure of biodiversity », *Nature*, 405: 212-219.  
 Peut-on mesurer la biodiversité ? Même si aucun nombre n'exprimera jamais ce qu'est la diversité du vivant, l'analyse de celle-ci sous ses divers aspects est particulièrement féconde pour l'homme, qui la détruit à un rythme sans précédent.
- SACHS, I., 1997.  
*L'écodéveloppement : stratégie pour le XXI<sup>e</sup> siècle*. Syros, Paris, 124 p.  
 Un jalon essentiel pour aborder les problèmes que recouvre l'expression « développement durable », par l'un des fondateurs de l'idée.
- SANDLUND, O. T., HINDAR, K., & BROWN, A. H. D., (Eds) 1992.  
*Conservation of Biodiversity for Sustainable Development*.  
 Scandinavian University Press, Oslo, 324 p.  
 Ouvrage multi-auteurs illustrant les problématiques de conservation de la biodiversité dans une perspective de développement durable. Pour spécialistes.
- SOLAGRAL, 1994.  
*Biodiversité : le fruit convoité*. FPH/Solagral, 100 p.  
 Un essai de vulgarisation réussi sur les enjeux et conflits d'intérêts que suscite la biodiversité.
- TILMAN, D., 2000.  
 « Causes, consequences and ethics of biodiversity », *Nature*, 405: 208-211.  
 Comment expliquer l'existence sur terre d'un si grand nombre d'espèces ?  
 Quels sont les effets de la biodiversité sur les écosystèmes ? Quelles réponses sociétales à l'érosion de la biodiversité faut-il attendre ?
- UNEP, 1992.  
*Global Biodiversity Strategy. Guidelines for Action to Save, Study and Use Earth's Biotic Wealth, Sustainability and Equitability*. WRI, UICN, UNEP, 244 p.  
 Essai clair et bien étayé sur la biodiversité, qui propose une stratégie mondiale conçue dans un esprit de développement durable. Ouvrage-clé dans l'histoire de la conservation de la nature.

UNEP, 1995.

*Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, 1140 p.

Ce monumental ouvrage, auquel ont participé plus d'une centaine d'auteurs du monde entier, représente l'état des connaissances au moment de la conférence de Rio.

Pour spécialistes.

UNESCO, 1996.

*Réserves de biosphère : la Stratégie de Séville et le cadre statutaire du réseau mondial*.

UNESCO, Paris, 20 p.

Petit fascicule qui marque un tournant et une relance pour le programme « L'homme et la biosphère » (MAB) de l'UNESCO, programme qui dès les années soixante-dix tentait de jeter les bases et une pratique du développement durable.

VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., & MELLILO, J.-M., 1997.

« Human domination of Earth's ecosystems », *Science*, 277 : 494-499.

L'un des articles de référence qui souligne et précise les impacts de l'espèce humaine sur les écosystèmes de la planète. On a là le point de vue et les bases de l'argumentation des écologues impliqués dans les débats sur la nécessité d'une sauvegarde des grands écosystèmes de la planète.

WEBER, J., 1995.

*Gestion des ressources renouvelables : fondements théoriques*. Cirad-Green, 18 p.

[ « Gestão de recursos renováveis : fundamentos teóricos de um programa de pesquisas », in Veira, P.-F., et Weber, J. (dir.), *Gestão de Recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento : Novos Desafios para a Pesquisa Ambiental*. São Paulo, Cortez Editora 1997, Trad. de Pontbriand-Veira, A. S. et de Lassus, C., 500 p. : 115-146 ].

Une réflexion et une mise au point sur les fondements théoriques de la gestion des ressources renouvelables. Point de vue d'un économiste-anthropologue, qui équilibre utilement l'éclairage adopté dans l'article précédent.

WILSON, E. O., (Ed.) 1998.

*Biodiversity*. National Academic Press, Washington D. C. 521 p.

Ouvrage fondateur qui propage le nouveau vocable de « biodiversité » et donne le contexte scientifique qui, en coulisses, tenta de s'exprimer à Rio, lors de la Conférence sur l'environnement et le développement de juin 1992.

# Pêcheries, Ressources Marines et Conservation : vers un renouveau du concept de développement durable en milieu marin ?

Philippe Cury & Pierre Fréon

*Institut de recherche pour le développement (IRD)*

Le développement des activités humaines liées à l'exploitation des ressources marines fait face à de grands défis scientifiques en termes de durabilité : la surexploitation des ressources, l'érosion de la biodiversité marine au sens large, l'intégration dans des actions concrètes de gestion des connaissances scientifiques multidisciplinaires croissantes. Ces défis, liés à l'exploitation durable des ressources et à la conservation de l'ensemble des espèces et des écosystèmes dans lesquels ils évoluent, ne relèvent pas, dans les faits, d'une approche simple et unifiée en termes d'aménagement.

**Les surprises d'une expérience de recherche grandeur nature.** Une expérimentation planifiée sur les écosystèmes marins exploités n'est pas réalisable au sens scientifique du terme, du fait de l'absence de contrôle aux grandes échelles spatiales et temporelles impliquées. Les connaissances s'acquièrent par l'analyse des conséquences de nos actions, c'est-à-dire celles de l'exploitation, laquelle n'a été intense que depuis moins d'un siècle. La quantification, par les scientifiques, des prélèvements possibles par la pêche date des années cinquante, et les calculs récents n'ont fait que légèrement modifier ces estimations : on peut potentiellement prélever chaque année entre 80 et 100 millions de tonnes de poisson des océans mondiaux. À l'heure actuelle, les prélèvements halieutiques plafonnent à cette valeur. Cependant, il semble que ce niveau de prélèvement ne soit pas écologiquement viable. Le rapport de l'état mondial des ressources marines publié par la FAO fait état du nombre croissant de stocks surexploités qui avoisinaient en 2000 les deux tiers des stocks exploités. En 1995, les scientifiques pensaient que les stocks qui s'étaient effondrés suite à une surexploitation pouvaient se reconstituer rapidement en arrêtant l'activité de pêche. De façon surprenante, plusieurs études montrent que la plupart des stocks de poissons marins ne sont

que faiblement résilients, même en l'absence de toute exploitation. Une raison de ce manque de résilience semble résider dans l'interaction entre une pression de pêche forte et des variations naturelles d'abondance sous l'action de forçages climatiques à différentes échelles. À grande échelle spatiale, des études récentes ont confirmé l'impact de phénomènes océaniques, tel El Niño, sur les écosystèmes à l'échelle du Pacifique, modifiant grandement l'abondance et la disponibilité des ressources exploitées. À grande échelle temporelle, des recherches en paléo-écologie confirment l'existence de larges fluctuations à des échelles allant de quelques dizaines d'années au siècle. À des échelles spatio-temporelles plus fines, on voit par exemple que des stocks nationaux comme celui de l'anchois d'Afrique du Sud présentent des variations interannuelles de recrutement d'un facteur vingt en l'espace de quatre années, en dépit d'une exploitation modérée. La recherche scientifique a permis la quantification et l'interprétation de ces évolutions, qui furent souvent inattendues et parfois même surprenantes.

**Évolution des moyens d'observation et d'analyse.** La communauté des chercheurs en halieutique a très tôt saisi l'importance d'une collecte en routine des données de capture, d'effort de pêche et de biologie des espèces exploitées qui permettaient une analyse fine des dynamiques mono-spécifiques des populations. Bien que l'aménagement des pêches reste pour l'essentiel basé sur ce type de données conventionnelles via des modèles classiques de dynamique de population, leur limite est apparue depuis le développement de techniques modernes d'observation. Des progrès méthodologiques ont vu le jour dès la fin des années soixante-dix, dans les domaines de l'observation sous-marine (hydro-acoustique, vidéo, marquages acoustiques), de la télédétection océanographique, de l'informatique et des outils de modélisation numérique. Ces progrès ont permis d'obtenir une vision plus approfondie et à des résolutions spatiales et temporelles beaucoup plus fines qu'antérieurement. Ces nouvelles bases de données et les nouvelles techniques de couplage des connaissances (modélisation, SIG) ont ouvert des perspectives scientifiques pour un aménagement des pêcheries reposant sur des considérations écosystémiques (fig. 1), perspectives qui devraient se traduire par des applications concrètes. D'autre part, une prise de conscience de la communauté scientifique internationale s'est fait jour sur la nécessité de développer et de standardiser les bases de connaissances (fishBase, fishStat, etc.), les observatoires biologiques (Census of Marine Life) et environnementaux (COADS, etc.), ainsi que les outils d'analyse (ECOPATH, ECOSIM, CLIMPROD, etc.). On assiste à un renforcement de la coopération internationale en matière de gestion des ressources, tant du point de vue du partage des méthodologies (symposiums internationaux) que de celui de la production de recommandations en matière d'aménagement par des commissions et organismes internationaux, avec une implication croissante des ONG.

**Durabilité et multiplicité des enjeux.** La perception de la durabilité de l'exploitation des ressources marines a considérablement évolué au cours des deux derniers siècles. Jusqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle, les ressources étaient considérées comme pratiquement inépuisables. La première moitié du siècle dernier a vu le développement rapide d'une exploitation industrielle et les scientifiques interprétaient la forte variabilité des ressources essentiellement au travers des forçages environnementaux. Au cours de la période 1950-1975, en revanche, les critères optimaux de durabilité furent définis uniquement en fonction de l'intensité de l'effort de pêche (définition des captures maximales équilibrées traduites sous forme de quotas globaux, contrôle de l'effort global et/ou du maillage). Suite aux nombreux échecs de cette approche d'aménagement conventionnel (effondrement de nombreux stocks gérés sur des bases scientifiques), les halieutes ont perdu une grande partie de leur crédibilité. La période suivante a été l'objet de nombreuses tentatives d'élargissement des critères d'aménagement vers des aspects environnementaux et socio-économiques, tentatives restées sans grand succès en dépit du potentiel de cette approche sur le long terme. Toutefois, un maintien de la viabilité de certaines flottilles de pêche était assuré par la prospection de nouvelles ressources et de nouvelles zones géographiques. En réaction à cette internationalisation de la pêche, une étape importante a été franchie à partir du début des années quatre-vingt date à laquelle les pays riverains s'approprièrent les ressources situées au sein d'une zone économique exclusive située à moins de 200 milles marins de leurs côtes. Cette tendance à l'appropriation des ressources s'est poursuivie dans de nombreux pays, essentiellement à partir des années quatre-vingt-dix par la mise en place de quotas individuels transférables. Dans le même temps, on assistait à une prise de conscience du public et des autorités de la nécessité de protéger l'environnement et les ressources marines, renforcée par l'activisme scientifique d'associations écologiques. Cela se traduit en particulier par la mise en place de réserves marines de plus en plus nombreuses permettant un contrôle spatialisé de l'accès aux ressources. De plus, un autre type de contrôle tend à s'exercer via le marché par la certification des produits de la mer (éco-labélisation), sous l'impulsion de multinationales associées à des ONG. La période récente a été fortement influencée par la prise en compte de la multiplicité des enjeux et la reconnaissance d'une incomplétude des connaissances scientifiques nécessaires à assurer l'exploitation et la conservation des écosystèmes. Suite à la conférence de Rio de Janeiro en 1992 et à l'adoption de l'Agenda 21, le principe de précaution pour le développement durable des pêches a été proposé par la FAO en 1994 et s'est traduit par l'élaboration du code de conduite pour une pêche responsable en 1995. Ce code traduit un consensus global pour un développement basé davantage sur une approche écosystémique et des modes nouveaux de gouvernance visant à améliorer le bien-être des humains des générations actuelles sans pour autant sacrifier celui des futures générations. Dernièrement, les

concepts provenant de l'écologie terrestre – tels que la mise en place de réserves, la publication de listes d'espèces en danger d'extinction ainsi que la protection et la restauration des habitats – et le rôle joué auprès du grand public par les environnementalistes ont conduit à un élargissement des enjeux pour la durabilité de l'exploitation.

En 2001, la déclaration FAO de Reykjavik élabore une tentative de conciliation entre les enjeux de l'exploitation et ceux de la conservation dans les écosystèmes marins sur la base de l'approche de précaution. Elle recommande d'approfondir les études visant à comprendre le fonctionnement des écosystèmes (réseaux trophiques, rôle de l'habitat, facteurs biotiques et abiotiques affectant la stabilité et la résilience des écosystèmes) tout en incitant à une gestion responsable des pêches, notamment par la mise en place de mécanismes visant à ramener les efforts de pêche excessifs à des niveaux durables. La co-viabilité des systèmes d'exploitation et des écosystèmes naturels dont ils dépendent constitue un thème émergent où le concept de durabilité prend une nouvelle dimension.

Un des enjeux majeurs des pêcheries et de leur futur sera donc essentiellement lié à notre faculté d'harmoniser les objectifs de conservation et ceux de l'exploitation des ressources renouvelables marines. La difficulté réside dans la distinction entre les variations naturelles des écosystèmes marins, sous l'effet de leur dynamique propre ou des variations climatiques, et les effets anthropiques sur ces mêmes écosystèmes. L'absence de points de référence dans ces écosystèmes en évolution permanente rend difficile la conciliation entre exploitation durable de quelques espèces et préservation de l'écosystème dans son intégralité et sa diversité. Les approches comparative et historique peuvent apporter quelques éléments de réponse. Cependant, la définition d'un ensemble d'indicateurs écosystémiques permettant de caractériser les dynamiques écologiques, environnementales et socio-économiques constitue aujourd'hui une démarche de quantification des états multiples et évolutifs des écosystèmes. La recherche devra jouer un rôle important dans la définition de ces indicateurs, leur validité ainsi que les cadres d'application. Ces indicateurs devraient permettre une meilleure prise en compte de la multiplicité des enjeux et assurer une co-viabilité des pêcheries et des écosystèmes marins.

#### **Pour en savoir plus.**

CHAUVEAU, J. P., JUL-LARSEN, E., CHABOUD, C., (Eds.) 2000.

*Les pêches piroguères en Afrique de l'Ouest. Pouvoirs, mobilités, marchés*, Paris, IRD, Ch. Michelsen Institute, Karthala, 383 p.

CURY, P., CAYRÉ, P., 2001.

« Hunting became a secondary activity 2,000 years ago; marine fishing did the same in 2021 », *Fish and Fisheries*, 2 (2) : 162-169.

CURY, P., ROY, CL., (Eds.).

*Les pêcheries ouest-africaines: variabilité, instabilité et changement.* ORSTOM, Paris, 525 pp.

DURAND, J. R., LEMOALLE, J., WEBER, J., (Eds.) 1991.

*La recherche face à la pêche artisanale.* ORSTOM Éditions, Paris.

GARCIA, S. M., STAPLES, D. J., 2000.

«Sustainability reference systems and indicators for responsible marine capture fisheries: a review of concepts and elements for a set of guidelines», *Mar. Freshwater Res.*, 51: 385-426.

PAULY, D., CHRISTENSEN, V., FROESE, R., PALOMARES, M. L., 2000.

«fishing down aquatic food webs», *American Scientist*, 88: 46-51.

PITCHER, T. J., PAULY, D., 1998.

«Rebuilding ecosystems, not sustainability, as the proper goal of fishery management », in Pitcher, T. J., Hart, P. J. B. and Pauly, D., *Reinventing fisheries management*, Fish and Fisheries Series 23, Kluwer Academic Publishers, London: 311-329.

TROADEC, J. P. (Ed.)

*L'homme et les ressources halieutiques: un essai sur l'usage d'une ressource renouvelable,* Éditions IFREMER, Brest, France. 817 pp.

WEBER, J., 1992.

« Environnement, développement et propriété; une approche épistémologique », in Prades, J., et Vaillancourt, G., *Environnement, développement, éthique*, Montréal, éd. fides.

### Sites Internet

<http://www.fao.org/fi/default.asp>

Regroupe l'ensemble des données, références, textes et initiatives issues de la FAO en matière de pêche.

<http://www.fishbase.org>

Base de données qui regroupe et documente la biologie et l'écologie ainsi que de nombreuses informations sur plus de 26 000 espèces de poissons.

<http://www.refisheries2000.org>

Présente les conclusions de la conférence FAO de Reykjavik sur les pêches responsables de perturbations dans l'écosystème marin.

<http://www.iucn.org>

Documente un ensemble d'espèces marines et terrestres qui sont menacées d'extinction.

<http://www.ecosystemindicators.org>

Initiative du groupe de travail SCOR-Ioc sur le calcul d'indicateurs écosystémiques pour l'aménagement des pêcheries.

L'essartage est le mode le plus commun d'agriculture  
en grande forêt, à faible densité de population  
Forêt amazonienne, Brésil

La forêt « naturelle » en Amazonie

La forêt secondaire

La forêt domestique, ou le champ d'arbre.

En vue rapprochée, pas de tracteur dans  
les champs Bamiléké, Cameroun

Où est le pays Bamiléké,

où se trouve le pays Basque?

À problèmes et pressions de population semblables,  
réponses similaires, ici en Grèce

dans les montagnes de Pazir, au Yémen

Lorsque la pression démographique le rend possible et l'impose, les écosystèmes sont de plus en plus domestiqués. Le bocage succède à l'essart, se construit et se densifie, puis laisse place à des systèmes en terrasses dont la construction et l'entretien supposent beaucoup de monde.

et à Bali.

# **La désertification à la croisée de l'environnement et du développement : un problème qui nous concerne.**

**Antoine Cornet**

Institut de recherche pour le développement

### **Introduction.**

La variété des définitions utilisées pour le terme désertification et l'extension de l'espace géographique couvert sont probablement des tentatives de mobilisation de moyens supplémentaires pour la lutte contre la désertification. Malheureusement, cet élargissement du concept en a érodé le sens et aboutit à des résultats contraires. Il est important de préciser la notion de désertification pour lui donner une valeur diagnostique et opératoire.

Les études de suivi-évaluation de la désertification ont un double objectif : il s'agit, d'une part, d'évaluer et de mesurer l'état de dégradation des terres afin de diagnostiquer la gravité du problème ; d'autre part, de mesurer l'impact des actions de lutte entreprises. Cela repose sur une connaissance approfondie des mécanismes et des processus, et sur le développement d'outils spécifiques : indicateurs, observatoires, etc.

La désertification constitue un problème d'environnement et un problème de développement. Elle affecte l'environnement local et le mode de vie des populations, mais ses effets ont des retentissements plus globaux au niveau de la biodiversité, des changements climatiques et des ressources en eau. Étroitement liée à l'activité humaine, la dégradation des terres constitue à la fois une des conséquences du mal-développement et une entrave majeure au développement durable des zones sèches. Les efforts de lutte contre la désertification doivent s'accompagner, au-delà de l'utilisation de techniques appropriées, de mesures visant à encourager le changement économique et social, et s'inscrire dans le processus même de développement.

La Convention des Nations unies pour la lutte contre la désertification a su exprimer un changement d'approche. Elle est fondée sur l'objectif d'inciter les gouvernements à prendre des engagements en termes de politique publique ou d'aide au développement, à définir les cadres législatifs et réglementaires permettant aux populations de s'organiser pour la gestion de leurs ressources naturelles. Elle a été moins efficace pour mettre en place des outils spécifiques, qu'il s'agisse des mécanismes financiers ou d'intégration de la science et de la technologie. Elle a cependant conduit à des avancées réelles, notamment par la mobilisation des acteurs. Son avenir dépendra de la capacité des parties de trouver rapidement des solutions de partenariat pour la mise en œuvre.

### **La notion de désertification.**

*De l'origine du terme à la prise en compte internationale.*

Au sens commun du terme et selon les dictionnaires, la désertification, c'est la transformation d'une région en désert. Désert signifie dans son sens premier : vide d'hommes ; aujourd'hui, le terme a pris par extension une signification climatique et biologique, celle de régions aux précipitations

rare et irrégulières, à la végétation réduite et éparse. De nombreuses définitions différentes de la désertification ont été proposées au cours du temps, notamment ces vingt dernières années. L'abondance des définitions ne cache-t-elle pas l'imprécision même du concept ? Des acceptions et des intérêts différents sont portés à ce terme par les différentes communautés, scientifiques ou politiques.

En décrivant l'appauvrissement et la dégradation des boisements du Sud tunisien, Louis Lavauden semble avoir été le premier, en 1927, dans un article intitulé « Les forêts du Sahara », à donner au terme désertification un sens scientifique. Il attribue au phénomène une origine anthropique : « *C'est que dans toute la zone dont nous venons de parler, la désertification, si j'ose dire, est purement artificielle. Elle est uniquement le fait de l'homme. Elle est d'ailleurs relativement récente et pourrait être combattue et enravée...* ». Fairfield Osborn, en 1948, dans son ouvrage *Our Plundered Planet*, dénonce la détérioration des ressources naturelles de la planète par l'action des hommes de plus en plus nombreux. Sans utiliser le terme de désertification, il présente la dégradation des terres comme le problème mondial le plus important pour le futur de l'homme. Observant, dans le nord sub-humide du Centre-Afrique, la dégradation de la végétation et des sols, Aubréville écrit en 1949 : « *Ce sont de vrais déserts qui naissent aujourd'hui sous nos yeux, dans des pays où il tombe annuellement de 700 à plus de 1500 mm de pluie.* »

Dans les années cinquante, le programme de l'UNESCO de recherche sur les zones arides apportera le développement des communautés scientifiques et des connaissances écologiques sur ces milieux. Cependant, l'examen des liens scientifiques entre les activités humaines et la dynamique des milieux reste peu abordé. Les graves sécheresses qui affectent le Sahel dans les années soixante-dix, accompagnées de famines, de crises sociales et d'afflux de réfugiés, vont porter de manière dramatique au regard de la communauté internationale la crise environnementale et les problèmes de développement des zones sèches.

Les Nations unies organisèrent à Stockholm, en 1972 la Conférence des Nations unies sur l'environnement humain. Les gouvernements et la communauté internationale formèrent un Comité inter-États pour le contrôle de la sécheresse dans le Sahel (CILSS). L'Office des Nations unies pour le Sahel (l'UNSO) fut aussi créé au sein du PNUD. L'Assemblée générale des Nations unies décida de la tenue à Nairobi, en 1977, d'une conférence sur la désertification, l'UNCOD (United Nations Conference on Desertification). Cette conférence propose la définition suivante : « *La désertification est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire finalement à l'apparition de conditions désertiques. Elle est un des aspects de la dégradation généralisée des écosystèmes.* » Elle définit un plan d'action pour combattre la désertification

(PADC) avec 28 recommandations détaillant les actions à entreprendre. Elle en confia la mise en œuvre et le suivi au Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Il s'ensuivit une phase de mobilisation internationale au niveau de la recherche, de la mise en place de crédits internationaux et d'actions de terrain, notamment de reboisement.

Durant cette période, le terme de désertification fait l'objet de nombreux débats et controverses. Il est opportun de rappeler quelques différences : la dégradation des terres se distingue de la sécheresse, qui désigne les conséquences d'un déficit en eau plus ou moins prolongé. La sécheresse constitue un facteur d'aggravation de la désertification. L'utilisation du terme désertification dans l'expression « désertification des campagnes » semble dériver de l'expression *rendre désert*, c'est-à-dire inhabité ; dans ce cas, le terme *désertion* serait plus indiqué.

Le Houérou, se basant sur les travaux de recherche de terrain, créera en 1968 le terme de « désertisation », auquel il confère un contenu scientifique, qui se veut plus précis, mais le terme ne sera finalement pas retenu par la communauté internationale. Le PNUE, en 1991, réunit un groupe *ad hoc* pour l'« évaluation globale de la désertification : état et méthodes ». Selon la définition proposée, la désertification est « la *dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches, résultant principalement de l'activité de l'homme. Elle intègre un certain nombre de processus qui aboutissent à l'appauvrissement des sols et de la végétation là où l'activité humaine est le facteur principal* ». Cette définition reconnaît que l'impact néfaste de l'homme est la cause première de la désertification. Sont englobés dans la dégradation des terres le déclin des récoltes, la détérioration de la couverture végétale, l'exacerbation des mécanismes physiques à la surface du sol, la régression qualitative et quantitative des ressources en eau, la dégradation des sols. Elle propose également un cadre géographique : les terres sèches ou zones sèches correspondent aux zones arides, semi-arides et sub-humides sèches. Ceci fait référence à la définition des zones bioclimatiques basée sur la valeur du ratio  $P/ETP$  (rapport entre le total annuel des précipitations et la valeur annuelle de l'évapotranspiration potentielle). Les zones sèches considérées correspondent donc à  $0,05 < P/ETP < 0,65$  ( UNEP, 1992, in Le Houérou, 1995). Les zones hyper-arides ( $P/ETP < 0,05$ ) ne sont pas prises en compte, car considérées comme désertiques.

La désertification était, à la demande des pays affectés, un des principaux points à l'ordre du jour de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement à Rio, en 1992 (CNUED). La communauté internationale a reconnu que la désertification est un problème environnemental global, qui demande une mobilisation mondiale. La Conférence a demandé à l'Assemblée générale des Nations unies de mettre en place un Comité

intergouvernemental de négociation chargé d'élaborer une Convention sur la lutte contre la désertification. Conformément au calendrier fixé, le Comité a mené les négociations à leur terme, et la Convention des Nations unies pour la lutte contre la désertification a été adoptée à Paris le 17 juin 1994. Elle a été ratifiée en 1996 par plus de 50 pays, et elle est entrée en vigueur en décembre de cette même année. La définition de la désertification, retenue au niveau international et énoncée initialement dans le chapitre XII de l'Agenda 21, puis dans l'article 1 de la Convention des Nations unies, est la suivante : « Le terme désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (Article 1). Résultant d'un compromis politique négocié entre les parties, cette définition, si elle retient la même extension géographique, diffère de manière significative de la précédente, notamment en ce qui concerne la mise en avant des facteurs causaux. Elle diminue l'insistance mise précédemment sur l'action de l'homme dans le processus de dégradation.

*Par-delà les mots, des concepts à préciser.*

Le terme désertification a toujours fait l'objet de nombreuses définitions, de discussions, voire de controverses. Cependant, il est important de préciser le contenu de cette notion pour lui donner une valeur diagnostique et opératoire. Selon Glantz et Orlovsky (1983), près de 100 définitions de la désertification existaient dans les années quatre-vingt. Katyal et Vlek, dans un travail récent (2000), ont collationné quelques critères inclus par divers auteurs dans leur définition de manière à souligner les points d'accord et de désaccord. Ils constatent que la théorie de l'extension des déserts, défendue notamment par Lamprey (1975), qui chiffrait l'avancée du Sahara à 5,5 km par an, est rejetée par l'ensemble de la communauté scientifique. Diverses études ont montré, de manière concluante, qu'il n'y avait pas d'avancée significative des déserts (Warren et Agnew, 1988). Au lieu de cela, les études récentes, basées sur l'observation spatiale, montrent que la frontière du désert avance ou recule selon la quantité de précipitations dans une année donnée (Tucker *et al.*, 1991). De même, un consensus s'établit pour considérer que la désertification des terres concerne les zones sèches, c'est-à-dire les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches qui correspondent donc à  $0,05 < P/ETP < 0,65$  (UNEP, 1992). Les zones hyper-arides ( $P/ETP < 0,05$ ) ne sont pas prises en compte ; de même, la dégradation des terres en zones humides, souvent liée à la déforestation, est considérée séparément.

Parmi les différences, nous retiendrons quelques points majeurs soumis à controverse, même si les connaissances actuelles permettent de les nuancer :

- 1 Le terme désertification définit-il un processus ou un état du milieu ?

- 2 La désertification est-elle un phénomène réversible ou irréversible ?
- 3 Quel est le rôle respectif de l'homme et des conditions climatiques dans la désertification ?

Le terme désertification correspond pour certains auteurs à un état du milieu : la manifestation de conditions désertiques, terme ultime de la dégradation des terres (Rapp, 1974; Ahmed et Kassas, 1987; Mainguet, 1994...). D'autres (Rozanov, 1982; Dregne et Chou, 1993...) considèrent que le terme désertification définit le processus de dégradation des sols et de la végétation, processus entraînant progressivement une perte de la productivité, réversible ou non. L'importance de ces deux points de vue est importante, d'abord dans l'évaluation de l'étendue du problème : en effet, les zones affectées par des conditions désertiques ne représentent qu'une faible part des zones sèches, tandis que de vastes espaces sont affectés par la dégradation des ressources naturelles. Ensuite, cette différence retentit sur les stratégies de lutte portant les priorités sur la restauration des zones dégradées ou sur la lutte contre les causes et les mesures préventives. La dégradation des terres constitue un problème majeur pour l'environnement et le développement des zones sèches. C'est bien dans ce sens que les instances internationales (PNUF, CNUED) ont retenu le terme de désertification comme équivalent à la dégradation des terres dans les zones sèches. Cette définition ne quantifie pas le degré de dégradation des terres qui caractérise la désertification. Certains auteurs, tels Katyal et Vlek (2000), proposent que l'on considère comme affectées par la désertification les terres dont la perte de productivité est supérieure à 15 %, mais sans définir les méthodes de mesure.

La dégradation des terres recouvre une grande diversité de processus et de niveaux de gravité ; aussi, beaucoup d'auteurs ont associé ou associé la désertification au critère d'irréversibilité de la dégradation (Le Houérou, 1968, 1992 ; Rozanov, 1982 ; Mainguet, 1995). En matière de désertification, le terme « irréversible » est entendu comme une évolution de la végétation et des sols telle qu'elle ne permet pas de retour vers l'état primitif malgré des conditions de protection totale ou quasi totale de l'environnement pendant la durée d'une génération, c'est à dire vingt-cinq ans (flore et Pontanier, 1982). Selon Warren et Agnew (1988), la dégradation des terres englobe la désertification, qui en est la forme extrême. La désertification limitée aux zones arides est considérée comme le stade ultime de la dégradation des écosystèmes naturels et exploités. D'après Le floch (1996), la notion de « seuil d'irréversibilité » permet une différenciation entre ces deux notions. La désertification, liée à la perte de productivité totale et de résilience, n'est pas un phénomène soudain. Au contraire, elle apparaît au terme d'un processus évolutif, certes marqué par différents seuils.

C'est le processus insidieux de la dégradation des terres qui conduit à une désertification irréversible. Si, sur le plan scientifique, il est judicieux de déterminer des seuils d'évolution et d'irréversibilité au sein de ce processus, sur un plan appliqué, la dégradation des terres est incontestablement plus courante et constitue une menace beaucoup plus grave au maintien de leur utilisation et de leurs fonctions écologiques. Par contre, si le concept de désertification contient l'idée d'irréversibilité dans le contexte technique et économique actuel, parce que fin de série de processus conduisant à un environnement définitivement stérile, il est peu fréquent : selon Dregne (1983), seulement 0,2 % des terres de notre planète seraient touchées. Toute évaluation des zones affectées devra inclure les différents degrés de dégradation, y compris lorsque celle-ci est réversible.

Généralement, tous les auteurs s'accordent sur le fait que la désertification est principalement causée par l'intervention humaine. La dégradation des terres se produit lorsque l'homme modifie les équilibres ou les dynamiques naturelles par surexploitation des ressources. Les actions humaines sont largement volontaires, parfois liées à l'ignorance et souvent déterminées par l'accroissement des besoins dans un contexte d'évolution technologique insuffisante et d'absence de règles d'accès aux ressources. Si l'action de l'homme est indéniable et largement démontrée, l'impact des conditions climatiques existe également, et leurs rôles respectifs sont amplement discutés. Les sécheresses, notamment au Sahel, ont été les révélateurs de la désertification dans ces zones. La pluviosité moindre et sa variabilité plus grande ont accru la vulnérabilité des ressources naturelles à la dégradation, et il est devenu moins facile aux systèmes écologiques et sociaux de résister. Cependant, on a observé que l'impact de ces sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul (Le Houérou, 1993). En effet, la végétation et les sols des régions arides se sont adaptés à des conditions de sécheresse récurrentes au cours des siècles et des millénaires passés, acquérant une capacité à récupérer leurs caractéristiques après perturbation (c'est la résilience). Selon Le Floc'h (1996), les plus sérieux problèmes écologiques proviennent du comportement des populations et des actions conduites durant les périodes climatiquement favorables, alors que les conséquences n'apparaissent qu'après, lorsque la dégradation a conduit à la perte de résilience et des capacités de récupération des milieux face aux perturbations. La sécheresse serait le révélateur de la dégradation existante. Pour l'ensemble des auteurs, l'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches.

### **Les causes et les processus de la dégradation des terres.**

La notion de terres (*land*) correspond aux composantes naturelles des écosystèmes, cultivés ou non. Elle comporte divers éléments : le sol, l'eau, la végétation, la faune, la physiographie et le microclimat, qui peuvent être décrits en termes de caractéristiques biophysiques ou d'attributs. Les terres constituent la base de divers usages pour l'homme : agriculture, forêts, pâturages, support d'infrastructures... À côté de ces usages appelés économiques, elles jouent également un rôle de régulation écologique et environnementale. La dégradation des terres est la perte de certaines qualités propres, ou une diminution dans leur capacité à assurer des fonctions essentielles : biologiques, écologiques, économiques, voire sociales. Cette dégradation est liée à la détérioration des composantes ou de leurs liens fonctionnels.

Les activités humaines sont déterminées par le contexte social et l'environnement économique et institutionnel. Elles se traduisent par des actions concrètes sur le milieu au travers des pratiques liées aux usages, qui modifient les processus biophysiques et les caractéristiques écologiques. L'accroissement des besoins des populations et l'absence ou l'obsolescence des règles d'accès aux ressources conduisent à un accroissement de la pression sur les ressources et à des pratiques inadaptées et néfastes. Au travers de ces pratiques – surpâturage, extension de défrichement, déboisement... – s'exercent des actions sur le couvert végétal et sur les sols. Celles-ci modifient les processus biophysiques de fonctionnement des systèmes agronomiques et écologiques, entraînant des conséquences successives qui peuvent conduire à une spirale de dégradation. L'arrêt ou la modification de ces pratiques entraîne des trajectoires d'évolution différentes et, éventuellement, une reconstitution si des seuils d'irréversibilité ne sont pas franchis.

En général, la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées ou les plus appréciées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus. Le sol, moins protégé par la couverture végétale, est soumis à l'action mécanique des précipitations, qui provoquent une modification des états de surface. La diminution de la biomasse et de sa restitution au sol entraîne des pertes progressives de matière organique, celle-ci constituant un des éléments déterminants des propriétés des sols. La stabilité structurale et la porosité décroissent. La susceptibilité à l'érosion s'accroît, entraînant une destruction progressive du sol. Les conséquences sur la fertilité – chute de la capacité d'échange et des éléments disponibles – et sur le bilan hydrique – augmentation du ruissellement, baisse de la réserve en eau disponible

pour les plantes, modification du régime hydrique et des échanges avec l'atmosphère, aridification – sont très importantes. Elles auront en retour un effet sur la végétation et la production. Une spirale de dégradation est constituée, sans intervention elle conduira à une désertification irréversible.

### **Cadre conceptuel des causes de la désertification et de la dégradation des terres.**

#### *Manifestations*

Destruction du couvert végétal, baisse de productivité, érosion des sols, ensablement

#### *Causes immédiates*

Surpâturage, mise en culture inappropriée, prélèvements excessifs

#### *Causes sous-jacentes*

Accroissement de la pression humaine, inadaptation des techniques et des modes de gestion, sécheresse et accidents climatiques, fragilité des écosystèmes

#### *Causes fondamentales*

Croissance démographique, inadaptation du contrôle de l'accès aux ressources, crise économique, pauvreté, cadre institutionnel et choix de développement

La désertification et la dégradation des terres, décrites ici en termes généraux, résultent de mécanismes et de processus complexes et interactifs pilotés par un ensemble de facteurs agissant à différentes échelles spatiales et temporelles. Si la désertification est bien un phénomène global affectant l'ensemble des zones sèches, on a localement des situations et des évolutions diversifiées correspondant à des combinaisons originales de facteurs. Cela implique, pour les actions de lutte, la nécessité de s'appuyer sur des diagnostics fiables de l'état de l'environnement local intégrant l'identification des intérêts respectifs des différentes catégories d'acteurs.

La dégradation des terres a pour conséquence la perte progressive de productivité de la végétation et des sols dans les zones sèches, conduisant à un affaiblissement des capacités de produire et de supporter les populations qui y vivent. Elle entraîne une faible capacité d'évolution des systèmes écologiques, mais aussi des alternatives d'utilisation. Dans les stades avancés, on aboutit à la formation de zones dénudées et de terres stériles et à leur abandon par les populations. Outre ces conséquences locales, la désertification peut induire des effets à distance, aux conséquences économiques et environnementales graves. L'érosion des sols et la mobilisation des sables entraînent les problèmes d'ensablement des zones voisines, des infrastructures, parfois des villes. La dégradation des bassins versants

conduit à des problèmes de crue, d'inondation et de comblement de barrages. Enfin, la destruction des conditions de vie et des ressources des populations accélère et aggrave les problèmes de migration. La désertification constitue le principal obstacle au développement durable des zones sèches.

#### **Évaluation et suivi de la désertification.**

L'extension croissante des phénomènes de dégradation des terres et l'inquiétude tant des pays concernés que de la communauté internationale ont créé le besoin de mettre au point des outils d'évaluation de surveillance. L'établissement de classes et de taux de dégradation des terres (Warren et Agnew, 1988) présente un certain nombre de problèmes liés :

- 1 à la nature des critères à retenir pour estimer l'état de dégradation ;
- 2 à l'évaluation de la résilience et des capacités de récupération ;
- 3 à la prise en compte des fluctuations inter-annuelles et de la variabilité ;
- 4 à la disponibilité des données nécessaires ;
- 5 au lien existant entre les données et les critères utilisés et la capacité de maintien des systèmes locaux d'utilisation des terres. Selon ces auteurs, les critères d'évaluation de la dégradation des terres et des tendances de la désertification devraient être clairs, pertinents et spécifiques, tant en termes d'environnement que d'échelle, ce qui suppose une connaissance préalable des processus fondamentaux.

Les objectifs poursuivis dans les études de suivi-évaluation de la désertification sont doubles : il s'agit d'une part d'évaluer et de mesurer l'état de dégradation des terres afin de diagnostiquer la gravité du problème, de caractériser son étendue et d'en déceler les changements et les évolutions. D'autre part, de mesurer les performances des actions de lutte entreprises et l'effet des politiques nationales dans ce domaine. La nécessité d'évaluation et de suivi est exprimée dans la Convention sur la désertification, qui fait obligation aux pays de rendre compte des progrès enregistrés dans l'application des moyens de lutte. Plusieurs articles concernent la collecte de l'information et l'établissement d'indicateurs.

On dispose de diverses sources de données sur les tendances de la désertification. Elles vont des enquêtes mondiales et de l'analyse de transects par satellites aux études des modifications de l'environnement au niveau local. Deux ensembles principaux de données mondiales ont servi de source pour les données relatives à la désertification : d'une part, le Programme d'évaluation mondiale de la dégradation des sols (Global Assessment of Soil Degradation – GLASOD), exécuté à l'Université de Wageningen pour la FAO. L'échelle de présentation des données est le 1/10 000 000<sup>e</sup>. D'autre part, les données du Centre international d'étude des zones arides et semi-arides (International Center for Arid and Semi-Arid

Land Studies – ICASALS) de l'Université technique du Texas, dont les chiffres portent sur la dégradation des sols et/ou sur les zones souffrant d'une dégradation de la végétation. Il en ressort que les chiffres fournis par l'ICASALS sont beaucoup plus élevés que ceux de GLASOD. Ainsi, l'estimation du pourcentage des terres arides du monde entier souffrant de désertification varie de 19,5 % (GLASOD) à 69,5 % (ICASALS) suivant les sources. Le PNUÉ reconnaît lui-même que les bases de données qui ont servi à établir l'Atlas de la désertification, publié en 1992, comportaient beaucoup de lacunes et d'imprécisions. Sans nier l'importance du phénomène, il conclut qu'une information détaillée de meilleure qualité est requise d'urgence.

Par ailleurs, un certain nombre d'études de cas détaillées permettent d'arriver à une compréhension valable des modifications de l'environnement et de la façon dont les populations y réagissent en un lieu donné. Ces études au niveau local, menées souvent durant de nombreuses années, démontrent la résilience des systèmes pastoraux et agricoles face aux variabilités de grande ampleur de la pluviosité (Toulmin, 1993). Ces recherches présentent un tableau bien différent de celui présenté à des échelles plus globales. Le problème majeur est de tirer, à partir de ces études basées sur un nombre limité de sites, des conclusions plus générales pour l'ensemble d'une région, et de réconcilier les résultats souvent contradictoires obtenus au plan local et au niveau global.

#### **Quels moyens et méthodes la recherche peut-elle proposer pour évaluer et suivre la progression de la désertification ?**

La désertification et la dégradation des sols résultent de mécanismes et processus complexes et interactifs, pilotés par un ensemble de facteurs agissant à différentes échelles spatiales et temporelles. Leur suivi exige, d'une part, la description des conditions biophysiques et socio-économiques des milieux subissant ces phénomènes, et d'autre part la compréhension des mécanismes et processus résultant de ces conditions. Ce suivi repose tout d'abord sur l'acquisition de paramètres de base permettant de décrire les états du milieu et leur dynamique aux échelles spatio-temporelles pertinentes, puis sur l'analyse et, le cas échéant, la modélisation des interactions entre facteurs induisant des processus contribuant à la désertification. Sans développer tous les aspects qui donnent lieu à de nombreuses recherches, nous aborderons sommairement trois aspects : les indicateurs, les observatoires, la contribution des outils spatiaux.

##### *Les indicateurs.*

Les indicateurs sont traditionnellement employés dans l'évaluation, le suivi, la prévision, car ils traduisent de façon synthétique une action,

une situation et leur évolution. Comme d'autres termes, celui d'« indicateur » fait l'objet d'une utilisation très répandue ; il convient donc de rappeler quelques définitions.

### Définition des termes

#### Indicateur

Paramètre ou valeur calculée à partir de paramètres, donnant des indications sur ou décrivant l'état d'un phénomène, de l'environnement ou d'une zone géographique, d'une portée supérieure aux informations directement liées à la valeur d'un paramètre.

#### Indice

Ensemble de paramètres ou d'indicateurs agrégés ou pondérés décrivant une situation.

#### Paramètre

Propriété mesurée ou observée.

#### Repère

Un repère est une norme par rapport à laquelle les indicateurs ou indices peuvent être comparés afin de déterminer les tendances.

Ils ont, selon l'OCDE (1993), deux fonctions principales :

- 1 réduire le nombre de mesures et de paramètres qui seraient normalement nécessaires pour rendre compte d'une situation avec exactitude,
- 2 simplifier le processus de communication des résultats de mesures aux utilisateurs.

Leur objet consiste à condenser un grand nombre d'informations en quelques mesures compréhensibles, puis à nous aider à décider quelle action déclencher. Pour ce faire, les indicateurs doivent être corrélés aux buts et objectifs, et exprimés en des termes compatibles avec ces buts et objectifs. Un bon indicateur doit être pertinent par rapport au problème, fondé sur des données et analyses fiables, et répondre aux besoins de l'utilisateur. Il doit être suffisamment sensible pour donner précocement des indications sur les changements (Rubio et Bochet, 1998).

Dans le contexte de la Convention, on doit considérer différents types d'indicateurs : d'une part, des indicateurs concernant la mise en place des dispositifs et des actions de la Convention au niveau national ou régional. Ils sont désignés sous le nom d'indicateurs de mise en oeuvre. D'autre part, les indicateurs concernant l'impact des actions entreprises sur le phénomène de désertification.

La Commission des Nations unies pour le développement durable (CSD), en association avec le SCOPE et l'UNDP/UNSO, l'OCDE et la FAO, a établi un programme de travail sur la définition des indicateurs du développement

durable (SCOPE, 1995; CSD, 1996). Les indicateurs de désertification ou de dégradation des terres y sont inclus. Plusieurs ateliers internationaux ont été organisés. Ils ont conduit à l'adoption du schéma « Pressions, états, réponses » (PER) d'organisation des indicateurs, qui constitue un cadre logique. Celui-ci repose sur la notion de causalité : les activités humaines exercent des pressions sur l'environnement et modifient l'état de ce dernier et des ressources naturelles. La société répond à ces changements en adoptant des mesures correctives. Si le cadre PER a pour avantage de mettre en évidence ces liens, il tend à suggérer des relations de type linéaire entre activités humaines et environnement, alors que celles-ci sont beaucoup plus complexes.

De nombreuses organisations ont développé des réflexions et des programmes d'études sur les indicateurs (OSS, 1996, 2001). Cependant, on peut constater actuellement que, si de nombreux travaux de recherche ont porté sur les indicateurs à des niveaux très divers, peu ont été testés et calculés, et beaucoup moins encore sont opérationnels. Les pays affectés sont dans l'impossibilité d'inclure dans leurs rapports les indicateurs nécessaires. C'est une lacune majeure à l'heure actuelle. Un des objectifs prioritaires est de développer l'utilisation et de tester dans des situations de comparaison les indicateurs existants.

#### *Les observatoires.*

Le développement de méthodes d'évaluation et de suivi de l'état de l'environnement et de l'impact des actions de lutte contre la dégradation des terres repose sur la mise en place de réseaux d'observation à long terme utilisant des méthodologies de collecte et de transfert de données compatibles. L'intérêt de ces observatoires est de collecter les données nécessaires, sur une base harmonisée, de suivre dans le temps l'évolution de processus et de permettre la définition de situations de référence. Ils permettent de développer des indicateurs et de les tester, d'élaborer des outils d'aide à la décision intégrant ces indicateurs. Ils constituent également des sites privilégiés de recherche sur l'étude des mécanismes et des processus, ainsi que sur les facteurs déterminant les évolutions.

L'Observatoire du Sahara et du Sahel a mis en place un Réseau d'observatoires pour la surveillance écologique à long terme (ROSELT) sur la zone circum-saharienne (OSS, 1995). Ce dispositif a été conçu avec et au service des pays africains pour assurer le suivi à long terme de la désertification et développer les activités de recherche associées. Il est constitué par un ensemble d'observatoires fonctionnant en réseau à l'échelon régional de la zone géographique de l'Oss sur le continent africain. Le projet ROSELT a été bâti sur une démarche ascendante partant de la demande des États qui ont proposé des sites candidats et des équipes

de recherche et de suivi. Un mécanisme d'expertise et de labellisation a été mené, conduisant à la sélection de 23 observatoires labellisés ROSELT. Un ensemble restreint de 12 sites pilotes a été sélectionné pour la première phase du projet. Le projet est supporté financièrement par divers bailleurs de fonds, dont le Fonds français pour l'environnement mondial, la Coopération française et la Coopération suisse.

La stratégie de ROSELT s'inscrit délibérément comme une contribution essentielle à la compréhension des phénomènes d'environnement en liaison avec la problématique des changements globaux et du développement durable, et de la lutte contre la désertification. ROSELT est un outil à la fois au service de la recherche et au service du développement au travers de trois préoccupations majeures :

- 1 Contribuer à l'amélioration du potentiel de connaissances de base sur le fonctionnement et l'évolution à long terme des systèmes écologiques et agro-écologiques et sur la co-viabilité systèmes écologiques/systèmes socio-économiques, assurer un suivi scientifique et statistique de l'environnement permettant d'une part de caractériser les causes et les effets de la dégradation des milieux, et d'autre part de mieux comprendre les mécanismes qui conduisent à ces phénomènes.

- 2 Contribuer à rendre les connaissances utilisables, par le regroupement, le traitement des données et leur mise à disposition, par l'élaboration d'indicateurs et de produits finalisés aux différents niveaux locaux, nationaux et régionaux. Ces produits, élaborés sur l'état de l'environnement et son évolution, ses relations avec les dynamiques sociales et économiques, sont destinés à servir d'outils pour l'établissement de stratégies et de plans de développement durable et de protection de l'environnement, à servir d'appui aux programmes de développement et d'aide à la décision. Ils pourront permettre l'élaboration de scénarios plausibles d'évolution.

- 3 Assurer une fonction de formation, de démonstration et d'apprentissage des problématiques environnementales et de leur prise en compte dans les politiques et les programmes de développement et dans la lutte contre la désertification.

#### *Les outils spatiaux pour le suivi de la désertification.*

La cartographie et le suivi de l'extension spatiale de la dégradation constituent une des bases de la connaissance du phénomène de désertification et sont indispensables à l'établissement de plans de lutte et de programmes d'utilisation durable des ressources naturelles en zone aride, et notamment en Méditerranée.

Si de nombreuses études de terrain sur les processus de dégradation et la dynamique des écosystèmes ont été conduites, il demeure difficile et

incertain de généraliser les résultats obtenus à des échelles plus vastes et à des ensembles régionaux. Une information détaillée sur l'état actuel de la végétation et des sols à une échelle régionale n'est souvent pas disponible. Les études de terrain précises et irremplaçables ne permettent pas d'établir des cartographies régionales détaillées en raison de leur coût élevé, de leur standardisation insuffisante et des difficultés d'accès à certains terrains. La télédétection à partir des satellites constitue une source d'informations alternatives. Cependant, les données radiométriques recueillies ne correspondent pas directement à l'information souhaitée et doivent être interprétées pour obtenir ces informations (Bonn et Escadafal, 1996).

Ainsi, les études réalisées dans le Sud tunisien et sur la frange désertique du Nil dans le cadre du projet « Veille satellitaire de la désertification » (VSD, 1993-1996), financé par l'Union européenne dans le cadre du programme « Avicenne », avaient pour but de mesurer par télédétection des changements de propriétés de la surface des milieux arides étudiés et d'intégrer à ces informations des données annexes pour obtenir un véritable instrument de suivi. Elles ont clairement démontré la faisabilité du suivi de la désertification par satellite. Les résultats obtenus ont notamment montré que certains paramètres (couleur et composition des sols, rugosité, taux de couverture de la végétation), indicateurs de l'état de désertification et de son évolution, pouvaient être obtenus depuis l'espace par télédétection. La couleur et la brillance des surfaces enregistrées par les images satellitaires constituent, par exemple, un bon indice de l'extension des sables mobiles. Globalement, le programme VSD a souligné que les techniques de télédétection, combinées avec une très bonne connaissance du terrain, permettaient de détecter la progression de la dégradation des zones arides mais également leur restauration sous l'effet bénéfique des actions de protection et de lutte.

Au-delà de ces acquis, il est apparu que la diversité des méthodes utilisées pour surveiller les milieux arides rendait difficilement comparables les diagnostics réalisés d'un endroit à l'autre, voire d'une équipe scientifique à l'autre. Ce constat a mis en évidence la nécessité de donner une dimension régionale à la mise au point d'outils de surveillance. Plusieurs programmes ont été développés, notamment avec l'aide de l'Union européenne. Sur la zone méditerranéenne, nous citerons les projets : MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use, coordonné par King's College, University of London), DEMON (Satellite-based Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin, coordonné par l'Université de Trier en Allemagne, pour la rive nord de la Méditerranée), et le projet CAMELEO (Changes in Arid Mediterranean Ecosystems on the Long Term and Earth Observation, coordonné par le Centre commun de recherche d'Ispra, pour l'Afrique

du Nord). La démarche scientifique se base sur les résultats accumulés par les différents partenaires. Il s'agit d'identifier sur le terrain les indicateurs des changements écologiques locaux (état dégradé, stable, restauré...), de déterminer ceux qui sont détectables depuis l'espace, de rechercher les données satellitaires à haute résolution les mieux adaptées (et de se préparer aux futures données), de perfectionner les algorithmes de traitement et les méthodes de restitution des résultats. Enfin, la modélisation des changements observés permettra de proposer des scénarios d'évolution plausibles.

### **Désertification de l'environnement local à l'environnement mondial.**

#### **Dégradation des terres et changements climatiques.**

Un questionnement et un débat permanent existent sur les interactions entre désertification et changements climatiques. Les termes en sont à la fois complexes et controversés. La difficulté provient du fait que nos connaissances sur les processus de dégradation des terres et sur les mécanismes des changements climatiques sont encore bien incomplètes. Le débat peut être résumé à quatre questions essentielles, pour lesquelles nous ne possédons que des informations fragmentaires.

#### *1 Les fluctuations régionales récentes du climat ont-elles accru la désertification ?*

Suite à la période de sécheresse prolongée qui a sévi en Afrique sahélienne, on a constaté que cette pluviosité moindre et sa variabilité plus grande ont accru la vulnérabilité des ressources naturelles à la dégradation. Mais il a été également observé que l'impact de ces sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul. Pour l'ensemble des auteurs, l'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches.

#### *2 Un changement climatique global et un réchauffement global induit sont-ils responsables des périodes de sécheresse accrues ? Avec quelles conséquences pour la désertification ?*

Un réchauffement à grande échelle affecte le globe depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et a conduit à une élévation globale moyenne de la température de l'air de 0,5°C. Ce réchauffement n'est cependant pas identique dans les deux hémisphères et il varie avec la latitude (Janicot, 1996). Les scénarios basés sur des modèles de circulation globale prévoient tous une élévation de la température moyenne annuelle, mais sans en préciser la répartition saisonnière. Ils sont par ailleurs en désaccord sur les changements possibles de pluviosité aux latitudes subtropicales et tropicales.

Concernant l'Afrique occidentale sahélienne, les climatologues pensent de plus en plus qu'il existe un lien entre évolution globale des températures et pluviosité. Ils se basent sur le rôle que joueraient les températures

plus élevées des eaux de surface de l'Atlantique Sud et leur impact sur les pluies au Sahel. Cependant, si l'augmentation des températures des eaux de surface peut être due au réchauffement global, on ne peut écarter l'hypothèse de changements cycliques à long terme de la température de l'océan, sans liens avec le réchauffement global et dont on sait fort peu de choses. Actuellement, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat estime que la poursuite du réchauffement global aboutira à des températures plus élevées, une humidité moindre au Sahel, une variabilité accrue des précipitations et des orages de plus forte intensité.

En résumé, et malgré les incertitudes existantes, il semble que les changements climatiques globaux prévisibles devraient se traduire, dans les zones sèches subtropicales, par un accroissement des conditions d'aridité, ce qui aggraverait la pression des populations sur les ressources et la dégradation des terres.

3 *La dégradation des terres a-t-elle un effet en retour sur le climat local ou régional ?*  
D'un point de vue local, des hypothèses ont été émises sur les mécanismes liant une variation de la nature de la surface du sol et les précipitations locales. Ces interactions seraient liées à l'augmentation de l'albédo de la surface, et donc à une diminution de l'énergie disponible au sol et à une diminution de la quantité d'humidité présente. La validité de cette hypothèse semble être contestée, notamment en raison de la divergence entre les ordres de grandeur des modifications observées et ceux nécessaires pour produire le phénomène par modélisation.

Parmi les expériences et mesures réalisées, les résultats sur le Sahel, par exemple, ont montré que l'effet des rétroactions sol-atmosphère existent mais restent faibles devant les effets induits par les variations de la température de surface des océans. On peut considérer que le processus de désertification n'est pas la cause principale de la sécheresse au Sahel, mais qu'il a pu contribuer à renforcer l'importance et la persistance du déficit pluviométrique observé (Janicot, 1996).

Les climatologues se montrent en général très prudents au sujet de l'existence de rétroactions fortes entre dégradation des terres et évolution du climat local. Tout effet de ce type serait mineur et largement dominé par les effets possibles d'un changement global du climat dans ces régions.

4 *La dégradation des terres arides exerce-t-elle une influence sur le climat global ?*  
L'impact des changements dus aux activités humaines en zones sèches sur l'atmosphère terrestre et le bilan global d'énergie commence à être documenté et modélisé avec quelque succès, malgré la complexité des actions en jeu (GEF, 1995). L'influence sur le bilan d'énergie global de l'atmosphère

pourrait provenir : de la modification de l'albédo, de la modification de l'humidité des sols et du bilan hydrique, du changement de rugosité des surfaces, de l'émission de poussières et des variations dans l'émission ou le stockage de carbone.

L'influence de chaque facteur varie suivant les zones concernées : arides, semi-arides... Dans les zones très arides, la modification de l'albédo serait le facteur dominant en relation avec l'évolution des constituants de la surface des sols. L'érosion éolienne entraîne l'émission considérable de poussières qui, dans l'atmosphère, produisent une modification du bilan radiatif. Dans les régions moins arides, où l'humidité du sol est plus importante, les zones atteintes par la désertification montrent le plus souvent un accroissement des températures lié à la réduction de l'évapotranspiration. Ce phénomène a été constaté également lors de sécheresses prolongées.

Concernant les émissions et le stockage du carbone, le niveau de consommation d'énergie reste très faible dans les zones concernées et elles contribuent peu, dans ce secteur, aux émissions de  $\text{CO}_2$ . Une régression des systèmes écologiques, des zones agricoles et pastorales dans cette région du monde entraînerait un accroissement des émissions et une réduction de la capacité de stockage. Le brûlage périodique des formations herbeuses en zone semi-aride ou sub-humide sèche contribue de manière significative à l'émission de  $\text{CO}_2$  et de particules. Cependant, dans le cas où la pression humaine sur le milieu est modérée, et les équilibres entre surfaces cultivées et jachères maintenus, les émissions de carbone sont compensées par le stockage dans la production de biomasse et la contribution nette est faible. Par contre, dans le cas d'une pression accrue, avec augmentation des défrichements, diminution de la couverture végétale et de la biomasse, la contribution nette augmente avec la dégradation des terres. D'une manière générale, l'accroissement de la couverture végétale, ligneuse surtout, revêt un intérêt particulier pour le stockage du carbone et la prévention de la dégradation des terres. De récentes études semblent montrer qu'en zone sèche, les sols jouent un rôle significatif dans le stockage du carbone et que le contrôle de la dégradation et des pertes en sol pourrait être important pour lutter contre le réchauffement global. Cependant, ce fait est loin d'être reconnu comme une évidence par tous les experts, et des recherches fines sur le cycle du carbone semblent nécessaires.

Il est probable que la dégradation des terres en zone sèche contribue à modifier le climat au niveau global ; cependant, l'importance relative de cette contribution n'est pas connue. S'il était reconnu et vérifié que la dégradation des terres en zone sèche exerce une influence sur le climat global, la lutte contre la désertification prendrait une importance accrue pour la communauté internationale et notamment les pays développés.

### Dégradation des terres et biodiversité.

D'une manière générale, les terres arides n'ont pas bénéficié à ce jour de toute l'attention nécessaire en ce qui concerne leur contribution aux stratégies nationales et internationales de préservation, de conservation et de valorisation de leur biodiversité. Ceci est tout particulièrement le cas en Afrique circum-saharienne.

La durée pendant laquelle des conditions croissantes d'aridité se sont développées dans ces zones, alliées à une pression anthropique ancienne, ont entraîné des processus d'adaptation et d'évolution qui se traduisent, d'une part, par l'existence de patrimoines génétiques originaux et, d'autre part, par la présence d'une mosaïque de foyers d'adaptation et d'évolution. Les propriétés d'adaptation écophysologiques et génétiques à la sécheresse que l'on rencontre chez de nombreuses espèces des zones arides, ainsi que la diversité des écosystèmes qui les abritent, font de ces zones des centres de ressources précieuses pour des utilisations futures. Les études sur le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes montrent (Di Castri et Younés, 1990) qu'une diversité biologique plus élevée dans ces derniers entraînerait d'une part une meilleure utilisation des ressources abiotiques, d'autre part une plus grande stabilité face aux variations habituelles ou catastrophiques du milieu. La biodiversité joue un rôle important dans la résilience des écosystèmes en renforçant leurs capacités de récupération après perturbation.

L'ancienneté de l'agriculture dans ces zones a conduit à l'appropriation par les populations locales d'un stock important de variétés traditionnelles de plantes cultivées et de populations ou de races animales domestiques adaptées. Certaines sont connues pour posséder des caractères génétiques utilisables dans le monde entier dans le cadre de programmes d'amélioration. Par exemple, les études récentes ont montré l'importance des ressources génétiques que constituent les variétés traditionnelles de mil et les espèces sauvages apparentées dans la zone sahélienne. De même, de nombreuses espèces fourragères utilisées mondialement, tel *Cenchrus ciliaris*, sont originaires de ces zones, qui constituent le réservoir de diversité génétique pour leur amélioration. L'intérêt de la diversité biologique dans ces zones doit être étendu à d'autres groupes biologiques, notamment aux micro-organismes. Un programme récent étudie, au nord et au sud du Sahara, la diversité des rhizobiums en vue de leur utilisation pour la restauration des terres dégradées.

La désertification et les modifications des modes d'utilisation et de couverture des terres en zones sèches constituent le principal facteur de perte de la biodiversité, au travers de la surexploitation des populations et de la destruction des habitats. Les interrelations existantes entre prévention

de la dégradation des terres, développement rural durable et conservation de la biodiversité doivent conduire à une coordination et une synergie entre les programmes spécifiques mis en place au niveau des bailleurs de fonds et de l'État.

La dégradation des terres, principal support de la diversité biologique, est plus particulièrement préoccupante au niveau de la flore, où certaines espèces constitutives de la pharmacopée et des systèmes de culture traditionnels se font rares, voire disparaissent, de la faune sauvage et même de la faune domestique, dont les conditions de bonne gestion et de conservation ne sont plus garanties. Certains cours d'eau, jadis permanents, sont devenus intermittents, bouleversant les biotopes de nombreuses espèces. Les oiseaux migrateurs, qui constituent un patrimoine mondial, trouvent en zones sèches des habitats de plus en plus précaires dans les zones humides résiduelles.

La protection de la biodiversité s'est longtemps appuyée sur la création des parcs nationaux et des aires protégées. Les promoteurs de ces parcs ont généralement considéré l'activité humaine comme prédatrice. Face à la croissance de la pression sur les ressources, ces « sanctuaires » sont devenus des enjeux majeurs pour les paysans, les chasseurs, les pasteurs... : enjeux fonciers et forestiers, disponibilité d'espèces qui ont disparu dans les zones cultivées... La plupart des acteurs (États, ONG de conservation de la nature, ONG de développement, organisations paysannes...) reconnaissent aujourd'hui la nécessité d'associer les stratégies de conservation de la diversité biologique et la valorisation de ce potentiel par les communautés. De même, les instances internationales reconnaissent, outre la nécessité de conservation des aires protégées, l'importance de la protection de la biodiversité dans les espaces exploités et les programmes de préservation des écosystèmes.

Vu le rôle de la diversité biologique dans la résilience des écosystèmes et le fait qu'ils devront s'adapter à des modifications climatiques probables à défaut d'être prévisibles, préserver la biodiversité locale et favoriser l'adaptation floristique à des conditions plus sèches ou plus humides est sans doute un enjeu majeur pour faciliter les évolutions futures. De ce point de vue, maintenir une densité suffisante de réserves ligneuses, d'écosystèmes diversifiés, pour favoriser la conservation *in situ* d'une biodiversité élevée, représente un enjeu important.

Dans le domaine des ressources génétiques à usage agricole, plusieurs enjeux se combinent : la disponibilité de variétés locales particulièrement adaptées à des conditions agro-climatiques ; la disponibilité d'espèces qui peuvent constituer de nouvelles opportunités de valorisation tant sur les marchés locaux qu'internationaux. La conservation *in situ* d'espèces et

de gènes est un enjeu d'autant plus important que les banques de gènes *ex situ* apparaissent comme très coûteuses et difficiles à pérenniser. Elle implique en revanche de reconnaître un rôle important aux communautés et aux agriculteurs comme acteurs majeurs de la préservation des espèces.

La biodiversité doit être considérée non seulement comme un patrimoine global de l'humanité, mais également comme une des bases potentielles du développement local en relation avec les utilisations actuelles et envisageables par les populations. Cela justifie que les études de la biodiversité, sa valorisation et sa conservation ne soient pas limitées à quelques zones de richesse particulière, mais étendues à l'ensemble des régions. L'étude et le suivi de la biodiversité devraient permettre d'échantillonner correctement le patrimoine biologique original caractérisant les zones arides. Ces travaux permettront de dresser les listes et la cartographie des taxons présents, et d'établir à leur propos une évaluation critique de leur vulnérabilité. L'étude des pratiques des populations, relatives à la diversité biologique, devrait permettre de dégager les principes de sa valorisation et de son utilisation dans le cadre d'un développement viable à long terme.

#### **Dégradation des terres et ressources en eau.**

Dans les zones sèches, les ressources en eau sont étroitement dépendantes des conditions climatiques d'une part, mais aussi de la couverture végétale, de l'occupation des terres et de l'état des sols. Ces différents éléments vont être altérés, à des échelles de temps et d'espace très diverses, par les processus de désertification. Si l'effet de la désertification sur le climat local reste encore controversé, la plupart des auteurs considèrent (Thornes et Burke, 1999) qu'un effet existe, qui se traduit notamment par une augmentation de la persistance des phénomènes de sécheresse.

La modification du couvert végétal, la dégradation de la surface des sols, les modifications de leurs propriétés physiques, notamment du fait de la disparition de la matière organique, vont entraîner à l'échelle locale une modification des composantes du cycle de l'eau et du bilan hydrique : baisse de l'infiltration, accroissement du ruissellement, diminution de l'évapotranspiration. Cette dernière va conduire à la modification du bilan énergétique de la surface et à un accroissement des températures. L'importance prise par le ruissellement entraîne l'érosion des sols, donc la diminution de leur capacité à stocker l'eau pour la végétation. On assiste à un accroissement de l'aridité tant climatique – accroissement des températures et persistance des épisodes secs –, qu'édaphique : dégradation du stockage de l'eau dans les sols (Floret et Pontanier, 1982 ; Grouzis *et al.*, 1992).

Au niveau des bassins versants, les mêmes phénomènes – diminution du couvert végétal, diminution de l'infiltration, ruissellement, érosion

des sols – vont avoir des conséquences sur le régime hydrologique et les écoulements. La réduction de l'infiltration et du drainage profond va conduire à une baisse des nappes phréatiques dont les conséquences se feront sentir par la réduction de l'écoulement des rivières, en débit mais aussi en durée. L'étalement de la ressource dans le temps, pour l'alimentation des populations, sera drastiquement réduite. Parallèlement, le ruissellement et les écoulements rapides vont conduire à des pertes en eau hors de la zone considérée, à des phénomènes de crue. Ceux-ci auront des conséquences importantes, voire dramatiques, sur les infrastructures et les problèmes d'inondation en aval.

L'érosion des sols des bassins versants et les écoulements rapides qui lui sont associés vont entraîner le transport de quantités considérables de sédiments. Certains auteurs (Thornes et Burke, 1999) citent des chiffres de 20 à 200 tonnes par hectares et par an en zone méditerranéenne. Le transport de ces sédiments va avoir des conséquences importantes sur la stabilité du lit des cours d'eau en zone aval, sur la sédimentation dans les barrages, mais aussi sur l'envasement des estuaires et les dépôts en mer.

Non seulement l'eau constitue, dans les zones sèches, la base essentielle pour la production agricole et pour le développement économique, mais elle est aussi un des constituants majeurs de l'environnement, avec un impact significatif sur la santé et les conditions de vie des populations. La désertification, par ses effets directs ou indirects, accroît la rareté des ressources hydriques disponibles dans les zones affectées, mais entraîne des conséquences néfastes sur les zones limitrophes, y compris les eaux internationales.

### **Désertification et développement.**

*Les ressources naturelles : bien public et base du développement.*

Les préoccupations environnementales prennent une place croissante dans l'opinion publique et la demande sociale, notamment des pays du Nord. Le discours « productiviste » des années soixante a disparu, parfois remplacé par un discours « conservationniste » opposant développement et environnement. Les sociétés du Sud acceptent mal cette rhétorique de privilégiés et les efforts qui leur sont demandés. La Banque mondiale et les organismes internationaux soulignent qu'il y a synergie et non concurrence entre environnement et développement (« Développement économique et gestion rationnelle de l'environnement sont les aspects complémentaires d'un même programme : sans bonne protection de l'environnement, pas de développement viable, sans développement, pas de protection de l'environnement qui vaille », Banque mondiale, 1992).

Cependant, l'émergence d'un point de vue du Sud sur l'environnement considéré comme la clef du développement soutenable et son intégration dans les plans de développement est souvent obérée par l'urgence des problèmes immédiats. L'analyse montre que, dans les pays du Sud, développement et environnement sont étroitement interdépendants.

À cela, nous pouvons présenter trois raisons :

1 *Tout d'abord, les ressources naturelles constituent la base de la productivité des systèmes écologiques et des milieux.* Dans les pays en développement, l'exploitation des ressources naturelles renouvelables contribue, de manière déterminante, à la satisfaction des besoins essentiels d'une grande partie de la population. L'homme utilise pour son alimentation, pour sa santé et pour sa vie quotidienne une grande variété de ressources vivantes naturelles. Les économies nationales reposent largement sur ces ressources, qui contribuent encore, directement ou indirectement, à la majeure partie des exportations de ces pays. Ainsi, selon la Banque mondiale, dans la plupart des pays d'Afrique, la part de l'agriculture et de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables dans le produit intérieur brut était, en 1992, supérieure à 30 %. L'abondance et le renouvellement des ressources naturelles sont contrôlés par les fluctuations de l'environnement. Leur devenir est fonction des usages qu'en font les sociétés et de la maîtrise des techniques d'exploitation, et de la manière dont elles sont partagées et appropriées.

2 *Les activités humaines liées au développement ont des répercussions importantes sur l'environnement et les écosystèmes.* Durant la période 1960-1990, il est estimé globalement qu'un tiers de l'accroissement de la production agricole a été assuré par l'augmentation des surfaces cultivées. Cette augmentation a conduit à mettre en culture des terres marginales fragiles et peu productives au détriment des écosystèmes naturels, ce qui a favorisé la dégradation des terres, faute de méthodes de gestion adaptées. On estime globalement (GCRAI, 1994) que 1960 millions d'hectares, soit 17 % de la surface cultivable, ont été dégradés par l'action de l'homme depuis 1945. L'accroissement continu et rapide de la population et l'urbanisation entraînent une demande alimentaire croissante et diversifiée appelant à une augmentation considérable de la production et à une amélioration de l'efficacité des filières alimentaires. Alors qu'en 1950, en Afrique, un agriculteur devait, au-delà de son auto-consommation, nourrir 0,18 habitant non agricole, le ratio s'élevait à 0,45 en 1980 et atteindra 1,21 en 2010 (CCE, 1984). La quantité de produits alimentaires à commercialiser par l'agriculteur devra être multipliée par 7. Fréquemment, la satisfaction de besoins pressants à court terme, associée à des crises climatiques, démographiques et économiques imprévues, débouche sur des pratiques néfastes et conduit aux processus de désertification.

Les mécanismes de contrôle d'accès et de gestion des ressources naturelles mis en place par les sociétés traditionnelles deviennent alors obsolètes du fait de la pression des besoins. On assiste en de nombreux endroits à une saturation de l'espace agricole disponible, entraînant notamment la réduction des temps de jachère et la rupture des équilibres existants (Floret *et al.*, 1992). L'accroissement futur de la production devra donc être réalisé essentiellement sur des terres déjà en culture et non grâce à des augmentations des surfaces.

Dans les zones tropicales et méditerranéennes à fortes contraintes de sécheresse, qui sont caractérisées par des sociétés rurales en pleine mutation sociale et démographique, les systèmes écologiques fragiles, à faible résilience, supportent depuis de longues décennies des perturbations anthropiques fortes (désertisation, aridification, déforestation, etc.). Les baisses de potentialité du milieu y sont plus rapides, et les vitesses de reconstitution plus lentes que dans les zones à climat moins contraignant. D'une façon générale, on assiste à un accroissement de l'aridité d'origine édaphique, à une baisse de l'efficience de l'eau sur l'ensemble des systèmes écologiques et à une profonde modification du couvert végétal et des paysages, ce qui affecte la productivité des systèmes de production et les conditions de vie des populations. L'irrigation des terres, particulièrement en zones arides et semi-arides, entraîne fréquemment des problèmes de salinisation qui tendent à stériliser les terres et à provoquer l'abandon des périmètres irrigués. L'importance des surfaces concernées (50 % des terres salinisées en Irak, 30 à 40 % en Égypte, 35 % au Pakistan; Barrow, 1994) traduit la gravité du problème, d'autant plus aigu que les aménagements sont coûteux et que les terres irrigables n'ont qu'une extension limitée.

3 *Enfin, c'est du fonctionnement des systèmes sociaux que dépendent les pressions exercées sur les ressources et l'environnement.* Le développement rural n'est pas réductible à des processus d'évolution technique ou économique, il repose sur une dynamique et une construction sociale relevant d'acteurs et de déterminants multiples. Cette dynamique sociale conditionne la mise en valeur des milieux au travers de l'usage des ressources naturelles des écosystèmes, des systèmes de production agricole et d'activités rurales diversifiées. L'espace rural et les ressources naturelles constituent un enjeu pour les différents groupes d'une population, ou pour différentes populations, aux fins de leur reproduction vitale, matérielle et sociale. La manière dont les sociétés humaines gèrent leurs espaces et leurs ressources est fortement marquée par les contraintes culturelles dont dépendent leur perception de l'environnement, leurs capacités d'évolution et d'appropriation de nouvelles technologies. Pour qu'une société protège son environnement, il faut que cela soit économiquement possible et que celui-ci fasse partie de son système de références. Bien qu'il n'y ait pas de lien univoque,

la pauvreté, qui impose des stratégies de survie à court terme, constitue un des facteurs importants de l'exploitation « minière » des ressources et de la dégradation des milieux. La destruction des ressources naturelles et la perte de productivité des terres constituent un obstacle majeur au développement de ces pays, pouvant aboutir à des catastrophes majeures difficilement réversibles : famine, abandon des terres, migration brutale (réfugiés de l'environnement). On estime qu'il y a actuellement 25 millions de réfugiés, c'est-à-dire 58 % de l'ensemble des réfugiés du monde, dont la situation est liée à des catastrophes environnementales (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, World Disaster Report, 1999).

#### *Désertification et pauvreté.*

La réduction de la pauvreté est un des grands axes d'intervention dans les pays en développement. Les débats et décisions auxquels le thème de la réduction de la pauvreté donne lieu, dans la sphère de l'aide publique au développement et des institutions multilatérales, sont le reflet de l'évolution de certains courants de pensée économique (les travaux de Amartya Sen, notamment). La croissance économique ne peut constituer un facteur de réduction de la pauvreté que si elle s'insère dans un environnement permettant aux pauvres de mettre à profit les opportunités économiques qu'elle suscite. L'analyse du concept de pauvreté conduit, d'une manière partagée semble-t-il, à une grille de lecture qui incite à distinguer : la pauvreté monétaire ou de revenus, la pauvreté des conditions de vie et la pauvreté des capacités. La pauvreté monétaire exprime un aspect de niveau de vie et résulte d'un manque de ressources conduisant à une consommation insuffisante. La pauvreté des conditions de vie traduit l'impossibilité d'accéder à des services collectifs permettant de satisfaire des besoins fondamentaux tels que la santé, l'éducation, etc. La pauvreté des capacités exprime le fait que l'on ne dispose pas des moyens de mettre en valeur ses capacités individuelles et de saisir les opportunités qui se présentent, de faire entendre sa voix.

De nombreux auteurs soulignent le lien fort entre désertification et pauvreté. Selon Ph. Dobie (2001), la proportion de pauvres dans les populations est notablement plus élevée dans les zones sèches, surtout parmi les populations rurales. Cette situation s'accroît encore en fonction de la dégradation des terres en raison de la diminution de la productivité, de la précarité des conditions de vie et de la difficulté d'accès aux ressources et aux opportunités. Les décideurs ont de fortes réticences à investir dans les zones arides à faible potentiel. Ce défaut d'investissement contribue à la marginalisation de ces zones. Quand les conditions agro-climatiques défavorables sont combinées avec l'absence d'infrastructure et d'accès

au marché, une population mal nourrie et peu éduquée, des techniques de production inadaptées, la plupart de ces zones restent en dehors du développement.

Par suite du manque de capital, d'opportunités économiques, les populations pauvres sont conduites à exploiter leurs ressources limitées de manière à satisfaire leurs besoins immédiats, même si cette exploitation à court terme compromet la durabilité de ces ressources et renforce à terme leur vulnérabilité (Smith et Koala, 1999). La pauvreté engendre la dégradation des terres. La désertification est à son tour un facteur d'aggravation de la pauvreté.

L'action vers la réduction de la pauvreté se fait selon trois grands axes d'intervention : créer des opportunités économiques, appuyer et renforcer les capacités et les institutions qui se trouvent au plus près des populations (concept d'*empowerment*), aider les populations, notamment les plus pauvres, à réduire leur vulnérabilité. Ces axes correspondent également à des orientations de lutte contre la désertification : diversifier les activités et les revenus pour diminuer la pression sur les ressources, développer les capacités, décentraliser la gestion des ressources, sécuriser l'accès à ces ressources, diminuer la vulnérabilité des populations face aux aléas climatiques... Ph. Dobic (2001) souligne la nécessité de l'investissement public dans les zones arides pour la lutte contre la désertification et le développement durable. Des exemples, notamment celui du district de Machacos au Kenya, semblent montrer qu'il peut exister un retour important sur investissement dans ces zones. Au niveau des États, il convient de montrer comment les plans d'action nationaux de lutte contre la désertification (PAN) doivent être associés à d'autres axes d'intervention, et notamment aux stratégies de réduction de la pauvreté (PSRP). Cela nécessite, entre autres que les actions de lutte contre la désertification ne soient pas orientées seulement vers les aspects de protection des ressources et de conservation, mais aussi qu'elles visent au développement de la productivité dans ces zones et à la diversification des opportunités dans un cadre économique moderne.

*La lutte contre la désertification pour le développement durable.*

La désertification et la dégradation des terres en zones sèches résultent essentiellement de l'activité humaine. L'homme dégrade rarement intentionnellement les ressources et les terres qu'il exploite. Il a même su créer, sous toutes les latitudes, des systèmes adaptés aux conditions les plus difficiles. Cependant, on notera que le développement dans les zones arides est rarement continu (Mainguet, 1995). Plus que dans les autres écosystèmes, il est caractérisé par des progrès et des régressions. La lutte contre la désertification et la dégradation des terres s'inscrit dans une approche globale des problèmes d'environnement et de développement. La viabilité des actions entreprises

pour lutter contre la dégradation des terres est souvent conditionnée par l'accroissement et la diversification des ressources permettant une élévation du niveau de vie des populations. Une stratégie efficace visant à réduire ou à stopper la dégradation des terres devra prendre en compte les critères de développement durable.

Le développement d'une agriculture viable à long terme dans les pays tropicaux doit faire face à quatre défis majeurs : le premier est celui de la satisfaction des besoins alimentaires d'une population qui connaît un taux de croissance très élevé et qui devient de plus en plus urbaine. Le deuxième défi concerne la préservation des ressources naturelles et de l'environnement. Le troisième défi concerne la compétition économique mondiale, qui condamne les producteurs agricoles des Pvd à affronter les producteurs des autres régions du monde jusque sur leurs propres marchés. Enfin, le défi de réussir une répartition plus équitable des richesses ne laissant pas en marge du développement des parties importantes des sociétés (Cornet et Hainnaux, 1995). La viabilité écologique ou environnementale ne saurait être comprise dans une optique purement conservationniste ; il s'agit de préserver l'environnement et les ressources afin de préserver la capacité productive des milieux, qu'ils soient naturels ou anthropisés. Sachs (1992) souligne la nécessité d'étendre les capacités productives des systèmes naturels en intensifiant et en diversifiant l'usage des ressources potentielles des divers écosystèmes, tout en établissant les modes de gestion et les technologies qui permettent de réduire au minimum les impacts négatifs sur leur fonctionnement.

Le développement durable, dans un contexte de désertification, signifie d'abord enrayer les processus de dégradation et stabiliser les équilibres entre ressources et exploitation, rétablir des cadres sociaux et politiques viables de gestion des ressources naturelles. Du fait de la croissance démographique, les modes traditionnellement extensifs d'usage des terres ont des impacts négatifs majeurs sur le couvert végétal et les sols. Une intensification des cultures et des élevages, tenant compte de la fragilité du milieu, est donc indispensable pour limiter les défriches, le surpâturage et la déforestation qui propagent la désertification. Cette intensification n'est pas en contradiction avec des objectifs de conservation des écosystèmes et de préservation de l'environnement mondial. En effet, elle devrait permettre de limiter les pressions anthropiques sur des superficies réduites, favorisant ainsi la conservation des biotopes.

La convention sur la désertification, réclamée par les pays les plus pauvres et notamment ceux du continent africain, constitue sans doute l'accord environnemental qui associe le plus étroitement l'environnement et le développement (L. Tubiana, 1999).

### **La lutte contre la désertification.**

*Des techniques appropriées aux changements économiques et institutionnels.*

Les techniques de lutte contre la désertification ont fait l'objet de nombreuses recherches. Il n'existe malheureusement aucune solution scientifique toute faite pour contrôler la désertification, et personne n'est en mesure de fournir une réponse simple. Il existe cependant de nombreuses solutions partielles mises au point pour des conditions particulières dans des régions précises. Les solutions sont spécifiques de chaque lieu et de chaque situation. La littérature sur le sujet est aujourd'hui abondante et des solutions techniques variées existent pour la plupart des problèmes rencontrés. L'importance des moyens à mobiliser pour mettre en œuvre ces solutions techniques varie en fonction de l'état de dégradation du milieu.

Les solutions de lutte contre la désertification reposent sur le contrôle des causes de la dégradation des terres. La désertification étant avant tout le résultat d'activités humaines, il est apparu pertinent de considérer les trois grands domaines d'activité où elle se manifeste : zones pastorales, zones de culture pluviale, zones irriguées. Cette distinction va dans le sens d'une opérationnalité de la lutte, dans la mesure où les causes et les modalités de la désertification et, par voie de conséquence, les méthodes de lutte, sont en grande partie spécifiques à chacun de ces trois grands domaines. D'une manière générale, les techniques et les méthodes de lutte contre la désertification peuvent être réparties en quatre catégories correspondant à des stratégies différentes et complémentaires :

— Les méthodes correctives, qui visent à stopper un phénomène et à réparer les dégradations subies. On peut citer la fixation des dunes, la lutte contre l'ensablement, les techniques anti-érosives et de conservation des eaux et des sols, les reboisements, mais aussi les techniques de réhabilitation des écosystèmes (Pontanier *et al.*, 1995).

— Les techniques permettant de mieux exploiter les ressources, d'en accroître la productivité, d'améliorer leur régénération. Elles correspondent à la formulation de pratiques améliorées et adaptées pour l'agriculture, l'élevage, l'usage de la biomasse et des sols.

— La mise au point de modèles de gestion intégrée des ressources. Cela porte sur la résolution des conflits, la création de lieux de négociation et de décision, l'établissement de règles de gestion et de sécurisation de l'accès aux ressources.

— La mise en place de mécanismes institutionnels et politiques propices au développement économique et à la préservation des ressources naturelles. Parmi ceux-ci, l'établissement de législations et de réglementations, la mise en place d'incitations économiques et fiscales, le développement d'infrastructures, le renforcement des ressources humaines.

Les techniques et les méthodes de lutte doivent être adaptées aux conditions particulières des zones concernées. Dans une étude pour l'Agence française de développement, Jouve *et al.* (2001) précisent à ce sujet trois exigences majeures :

- 1 La contextualisation des techniques, c'est-à-dire la prise en compte des conditions dans lesquelles les techniques de lutte vont être mises en œuvre afin de choisir les plus pertinentes. Trois grands types de conditions doivent être pris en considération pour raisonner les choix : le contexte agro-écologique définissant les caractéristiques biophysiques des milieux, les systèmes de production et les dynamiques agraires.
- 2 La participation des différents acteurs engagés dans la lutte contre la désertification, qui est une des conditions *sine qua non* de la durabilité et de la réussite des actions entreprises.
- 3 L'existence d'un cadre institutionnel adapté.

#### *Quels projets en réponse aux besoins des populations ?*

De nombreux projets de lutte contre la désertification ont été conduits au cours des vingt dernières années, ce qui a représenté des investissements considérables tant sur le plan financier que sur celui de la mobilisation des hommes. Cependant, les résultats de ces efforts ont généralement été insatisfaisants et beaucoup de projets n'ont pas atteint leur but.

Il est en général admis (Waren et Agnew, 1988; Rochette, 1989; Chambers, 1990) que les causes de faible efficacité ou d'échec des projets ont été :

- 1 Le fait que le problème de la désertification n'a pas été considéré dans le contexte global du développement socio-économique des pays et que les actions de lutte n'ont pas été intégrées dans les programmes de développement rural.
- 2 Une approche parfois erronée des problèmes reposant sur une méconnaissance des processus et un diagnostic insuffisant.
- 3 Le fait que les activités avaient été élaborées avec peu de références aux besoins des populations, à leurs priorités ou à leur savoir-faire.
- 4 Une efficacité globale faible de l'aide, liée à une mauvaise coordination entre les agences et à une décentralisation insuffisante au niveau national.

On peut, au travers des nouvelles perspectives mises en place et des expériences accumulées, tenter de définir un certain nombre de critères généraux souhaitables des projets de lutte contre la dégradation des terres en zones sèches : une démarche intégrée associant la prévention et la lutte contre la dégradation des terres aux programmes de développement et aux stratégies environnementales définies au niveau national ; une démarche orientée prioritairement vers les populations et les communautés locales.

L'objectif essentiel des projets est d'apporter aux populations, dans le cadre d'une participation effective, des solutions à leurs problèmes et de leur permettre d'accroître leurs ressources et de les gérer durablement (sécurisation des droits et des revenus des populations pauvres).

Ils doivent reposer sur des connaissances scientifiques solides des processus et des causes, et sur un diagnostic local précis. Ils doivent apporter une contribution significative à la résolution du problème de dégradation des terres en zones sèches ou de réhabilitation des zones dégradées, et à l'adoption de systèmes durables de gestion des ressources. Dans ce domaine, les projets doivent être innovants et les résultats doivent être reproductibles.

Les projets doivent adopter une approche souple d'apprentissage, permettant de changer d'orientation si nécessaire; la durée des projets doit être longue et comporter différentes phases.

Une coordination efficace doit être établie entre les intervenants: qualité, engagement et continuité du personnel.

Il faut mettre en place des mécanismes de suivi et d'évaluation reposant sur la définition d'un échéancier, d'objectifs quantifiables et des paramètres de mesure, et favoriser le développement des capacités institutionnelles des pays.

#### **La Convention des Nations unies.**

La Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification vise à garantir un engagement à long terme des parties par un document juridiquement contraignant. Elle a pour objectif de lutter contre la désertification et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés, en particulier en Afrique, grâce à des mesures efficaces à tous les niveaux, appuyées par des arrangements internationaux de coopération et de partenariat, dans le cadre d'une approche intégrée compatible avec le programme Action 21, en vue de contribuer à l'instauration d'un développement durable dans les zones touchées. Elle comporte un texte principal avec quarante articles et quatre annexes relatives à la mise en œuvre au niveau régional pour l'Afrique (annexe I), l'Amérique latine et les Caraïbes (annexe II), l'Asie (annexe III) et la Méditerranée septentrionale (annexe IV). Un processus de création d'une annexe V et d'adhésion à la convention des pays de l'Europe centrale et de l'Est est en cours. La France, pays non affecté, n'est pas partie prenante à l'annexe IV; cependant, elle y joue un rôle d'observateur et s'associe à certaines actions communes.

Pour sa mise en œuvre, la convention s'est dotée d'un certain nombre d'organes. Le Secrétariat exécutif permanent est basé à Bonn; il assure la promotion de la convention, l'organisation des réunions, la transmission des rapports et la coordination des autres organes. Il est aussi en charge des liaisons avec les autres organisations ou conventions. La Conférence

des pays parties (CDP) est l'organe suprême de la convention, organisme de gouvernance et de prise de décision. Elle est organisée par le Secrétariat exécutif et réunit tous les pays signataires. Les Organisations internationales et les pays non signataires y assistent comme observateurs. Les décisions sont prises par consensus. Au lieu de créer un nouveau fonds pour lutter contre la désertification, la convention a souligné la nécessité d'améliorer la gestion et de mobiliser et coordonner les fonds existants en créant un Mécanisme mondial. Il est chargé par la Conférence des parties d'identifier les ressources financières existantes, de mobiliser et de canaliser les ressources financières des organisations bilatérales et multilatérales à tous les niveaux pour concevoir et exécuter les programmes et projets. Un autre organe subsidiaire de la convention est le Comité de la science et de la technologie (CST), formé des représentants des États. Il se réunit en même temps que la Conférence des parties et il traite des aspects scientifiques, de coopération et de transfert des technologies.

*Une démarche solidaire et des approches novatrices.*

La Convention des Nations unies de lutte contre la désertification reconnaît la dimension mondiale du problème. Elle souligne également que les efforts de lutte contre la désertification doivent s'accompagner de mesures visant à encourager le changement économique et social et conçues pour remédier à la situation à l'origine de la désertification. En d'autres termes, les efforts doivent s'inscrire dans le processus même du développement (Banque mondiale, 1998). L'approche de la convention repose sur des obligations et sur le principe de solidarité entre pays touchés et pays développés. Elle oblige les pays concernés parties à accorder la priorité à la lutte contre la désertification et contre les effets de la sécheresse, à s'attaquer aux causes sous-jacentes de la désertification, en particulier aux facteurs socio-économiques, et à collaborer dans ce sens avec les populations concernées. Parallèlement, les pays développés parties s'engagent à soutenir activement ces efforts et à fournir un concours important à cette fin.

De la convention découlent un certain nombre de principes directeurs qui doivent sous-tendre les stratégies d'application mises en œuvre :

1 *La lutte contre la désertification et la dégradation des terres s'inscrit dans une approche plus globale des problèmes d'environnement et de développement.* Une stratégie efficace visant à réduire ou à stopper la dégradation des terres devra prendre en compte les critères du développement durable : intégrité environnementale, efficacité économique et équité sociale.

2 *L'approche participative est essentielle dans la définition des stratégies, des plans d'action et des projets de lutte.* La participation des communautés concernées semble une condition préalable à la réussite de toute action de prévention ou de lutte.

Les approches participatives ont de plus grandes chances de réussir durablement, tant dans l'élaboration de projets et la planification au niveau local, que dans la conception de la politique au niveau national.

3 En mettant l'accent sur la participation des acteurs locaux du développement et sur la décentralisation des prises de décision, *la convention prône un nouveau rôle pour l'État*. Les nouvelles perspectives mises en place par la convention conduisent à une évolution du rôle de l'État. Celui-ci se situe notamment dans la coordination des initiatives internationales et la mise en place de cadres législatifs et réglementaires adéquats, permettant le développement de mécanismes nationaux de concertation et le renforcement de la capacité des communautés locales à maîtriser la gestion de leurs ressources naturelles dans le cadre d'un développement plus durable.

4 *La science et la technologie constituent des outils essentiels dans la lutte contre la désertification*. Les causes et les effets de la désertification sont en effet loin d'être élucidés et il convient de renforcer la coopération internationale en matière de recherche et d'observation scientifique. La science et la technologie doivent pouvoir être mobilisées si l'on souhaite répondre aux besoins réels des populations.

5 Une stratégie de prévention et de lutte contre la désertification doit reposer sur *la mise en place de projets concrets, susceptibles d'apporter des solutions adaptées aux problèmes majeurs rencontrés localement*.

6 La mise en œuvre de la convention repose fondamentalement sur les Programmes d'action nationaux (PAN). Ils doivent être élaborés et mis en œuvre sous la responsabilité des pays. Elle demande aux pays touchés d'élaborer des programmes d'action nationaux qui doivent dresser un état des lieux et suggérer une stratégie de lutte. Ces PAN doivent être élaborés selon un processus participatif impliquant l'État, les collectivités locales, les communautés de base et les exploitants, de la conception à l'exécution des programmes.

#### *Des tares congénitales et des difficultés.*

La Convention de lutte contre la désertification a su exprimer un changement d'approche, mais elle a été moins efficace pour mettre en place des outils spécifiques. Dépourvue d'enjeux économiques majeurs, traitant de sujets d'environnement intéressant d'abord les pays pauvres de la planète, elle mobilise peu la communauté internationale (Tubiana, 1999).

Les difficultés rencontrées concernent d'une part les aspects budgétaires. La Convention de lutte contre la désertification ne dispose pas de fonds spécialement dédiés. Les actions de lutte peuvent être financées au travers du Fonds pour l'environnement mondial, mais en relation avec les actions concernant les autres conventions: biodiversité, changements climatiques...

Les négociations actuelles devraient, à terme, permettre un financement direct par ce fonds. Une des voies prometteuses de financement est au travers d'opérations spécifiques sur financement de projets de développement. Le Mécanisme mondial, qui doit jouer un rôle de facilitateur pour le financement des projets, a beaucoup de difficultés à trouver sa place entre financements bilatéraux et multilatéraux et à préciser ses champs d'action.

Le budget de fonctionnement du Secrétariat et des organes de la convention constitue également une pomme de discorde entre pays du Nord et pays du Sud. Le Secrétariat lui-même est considéré par certains pays parties comme pléthorique. Le mécanisme complexe des organisations des Nations unies conduit à la prolifération des réunions et autres ateliers dont les résultats sont souvent faibles par rapport aux moyens humains et matériels engagés. Nombre de personnes vivent de ces processus, bien loin des préoccupations des populations.

Contrairement aux autres conventions post-Rio, la Convention de lutte contre la désertification ne repose pas sur une prise de position forte de la communauté scientifique. Elle n'est pas non plus adossée à un comité scientifique indépendant. Le CST, organe subsidiaire de la convention, qui regroupe les représentants des pays, de par sa composition, le nombre de ses membres et son mode d'organisation de travail, est peu efficace et contribue peu à la mise en œuvre.

Un certain nombre de questions cruciales pour le fonctionnement de la convention, notamment les procédures de mise en œuvre, la stratégie opérationnelle du mécanisme mondial, l'amélioration des travaux du CST, entraînent inmanquablement des débats tendus, avec pour résultat un fossé grandissant entre pays développés et en développement. Or, un climat de méfiance n'est pas favorable à la création de partenariats durables, et la convention risquerait fort de perdre sa légitimité si ces questions n'étaient pas résolues à la satisfaction de toutes les parties.

#### *Des avancées réelles.*

La convention de lutte contre la désertification est sans doute l'accord environnemental qui associe le plus étroitement l'environnement et le développement. Elle pose en termes clairs la nécessité de synergie entre les politiques économiques, les plans de développement et les programmes nationaux de préservation de l'environnement. Elle a su exprimer un changement d'approche, elle est fondée sur l'objectif d'inciter les gouvernements à prendre des engagements en termes de politique publique ou d'aide au développement, à définir les cadres législatifs et réglementaires permettant aux populations de s'organiser pour la gestion de leurs ressources naturelles.

La préparation des Programmes d'action nationaux a constitué un exercice fort de mobilisation et de sensibilisation dans les pays affectés. Leur élaboration est en voie d'achèvement, particulièrement en Afrique. Même si les résultats restent décevants en termes de diagnostic de la situation et de définition de stratégie de lutte, leur élaboration a engendré de vrais processus participatifs qui ont amené les différentes couches de la population à prendre la parole, à exprimer leurs vues et leurs besoins. Ils auront été des exercices de gestion et de mobilisation importants, allant du renforcement des capacités des acteurs locaux à la sensibilisation de l'opinion publique en passant par la révision des cadres législatifs et institutionnels. Dans bien des cas, leur élaboration aura mobilisé d'énormes ressources et soulevé des attentes importantes. Les processus des PAN ont une portée et des impacts induits jusqu'ici insoupçonnés, notamment au plan de la démocratisation des relations entre les acteurs de la société civile et leurs pouvoirs publics.

Maintenant, il faut mettre en œuvre les programmes et les projets, et intégrer la lutte contre la désertification à la gestion des ressources naturelles et de l'environnement. La question du financement de la lutte contre la désertification se pose donc avec de plus en plus d'acuité. Les pays développés seront-ils en mesure de répondre aux appels des pays en développement ? Le Mécanisme mondial réussira-t-il à mobiliser une offre suffisante pour répondre à la demande ? La convention deviendra-t-elle une institution hypertrophiée, désuète et inefficace ou sera-t-elle réellement l'outil de partenariat qu'elle devait être ?

## Bibliographie

- AHMED, Y. J., & KASSAS, M., 1987.  
*Desertification: Financial Support for the Biosphere*. Hodder and Stoughton, London, UK.
- AUBREVILLE, A., 1949.  
*Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, France.
- Banque mondiale, 1992.  
*Rapport sur le développement dans le monde*. Banque mondiale, Washington D. C.
- Banque mondiale, 1998.  
*Nouvelles opportunités de développement: la Convention sur la Lutte contre la Désertification*.  
Washington, 54p.
- BARROW, C. J., 1994.  
*Land Degradation*. Cambridge University Press, 295 p.
- BONN, F., & ESCADAFAL, R., 1996.  
«La télédétection appliquée aux sols», in: Bonn F, *Précis de télédétection*, vol.2, PUQU/AUPELF,  
Québec, pp. 92-136.
- CHAMBERS, R., 1990.  
*Développement rural, la pauvreté cachée*. Karthala, Paris.
- Commission des Communautés européennes (CCE), 1984.  
*Une image à long terme de l'Afrique au Sud Sahara*. Commission des Communautés européennes, Caisse des dépôts et consignations. Résumé, 19 p.
- CORNET, A., & HAINNAUX, G., 1995.  
«Face aux évolutions du monde rural tropical et aux enjeux du développement, quelques pistes pour la recherche», in *Recherche pour une agriculture tropicale viable à long terme*.  
C. R. Acad. Agriculture, Vol. 80- n° 8:195-208.
- CSD, 1996.  
*Report of expert workshop on methodologies for indicators of sustainable development*.  
Glen Cove, Long Island, New York.
- DI CASTRI, F., & YOUNES, T., 1990 (Ed.).  
«Ecosystem function of diversity», *Biol. Internat. Issues* 22, IUBS, Paris.
- DOBIE, PH., 2001.  
«Poverty and the drylands», in *Global Drylands Imperative*, Challenge paper, UNDP,  
Nairobi (Kenya) 16 p.
- DREGNE, H. E., 1983.  
*Desertification of arid lands. Advances in arid land technology and development*.  
3, Harwood Academic Publishers, 242 p.
- DREGNE, H. E., & CHOU NAN-TING, 1993.  
«Global desertification dimensions», in *Degradation and Restoration of Arid Land*,  
(Dregne H. E. ed.), International Center for Arid and Semiarid Studies, Texas Tech.  
University, Lubbock, Texas, pp 249-282.

- FLORET, C., & PONTANIER, R., 1982.  
*L'aridité en Tunisie présaharienne*. Travaux et Documents n° 150, ORSTOM, Paris 544 p.
- FLORET, C., LE FLOC'H, E., & PONTANIER, R., 1992.  
 « Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne », in *L'aridité, une contrainte au développement*. Le Floc'h, E., Grouzis, M., Cornet, A., & Bille, J.-C. (Eds). Éditions ORSTOM, Paris: 449-466.
- GCRAI (Groupe consultatif de la recherche agronomique internationale), 1994.  
*Sustainable agriculture for a food secure world. A vision for the CGIAR*. 28 p. multigr.
- GEF, 1995.  
*Scope and preliminary operational strategy for Land Degradation*. GEF Council Meeting, Washington, D. C., 22-24 February 1995, 21 p.
- GLANTZ, M. H., & ORLOVSKY, N., 1983.  
 « Desertification: A review of the concept », in *Desertification Control Bulletin* 9: 15-22.
- GROUZIS, M., LE FLOC'H, E., BILLE, J.-C., & CORNET, A., (Ed.) 1992.  
*L'aridité, une contrainte au développement*. Coll. IDT ORSTOM Paris, 597 p.
- JANICOT, S., 1996.  
 « Le point sur la désertification et les changements climatiques », in *Connaissance de la météorologie*, 4, Météo France, 15 p.
- JOUBE, PH., et al. 2001.  
*Prise en compte de la désertification dans les projets de développement*. Rapport à l'AFD, Paris.
- KATYAL, J.-C., & VLEK, P. L. G., 2000.  
 « Desertification: concept, causes and amelioration ». ZEF – Discussion Papers on Development Policy n° 33, Bonn. 65 p.
- LAMPREY, H. F., 1975.  
*Report on the Desert Encroachment Reconnaissance in Northern Sudan, 21 October to 10 November 1975*. Report of 1975 published as an article in 1988 in *Desertification Control Bulletin* 17: 1-7.
- LAVAUDEN, L., 1927.  
 « Les forêts du Sahara », *Revue des eaux et forêts*, LXV (6):265-277;(7):329-341.
- LE FLOC'H, E., 1996.  
 « Desertification in the Near East Region, perspectives, strategies and plan of action », IATF Meeting on Desertification, 27 p.
- LE HOUE'ROU, H. N., 1968.  
 « La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes », *Annales algériennes de géographie*, n° 6, :2-27.
- LE HOUE'ROU, H. N., 1993.  
 « Évolution climatique et désertisation », (pp. 639-668) in *Les climats subtropicaux et leur évolution*. André J.-C., Fellous, J. L., & Podaire, A., Eds. CNRS Toulouse 704 p.
- LE HOUE'ROU, H. N., 1995.  
*Climate change drought and desertification*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working group II: Adaptation: and Mitigation. 53 p.

- MAINGUET, M., 1994.  
*Desertification-Natural Background and Human Mismanagement*. Springer-Verlag, Berlin.
- MAINGUET, M., 1995.  
*L'homme et la sécheresse*. Col. «Géographie» MASSON, Paris, 335 p.
- OSBORN, H. F., 1948.  
*Our plundered planet*. Faber and Faber, Londres, 192 p.
- OSS, 1996.  
*Process and impact indicators for the convention to combat desertification*. A report prepared for the Interim Secretariat of the Convention to Combat Desertification.  
 Second Draft, June 1996, 12 p.
- PONTANIER, R., M'HIRI, A., ARONSON, J., AKRIMI, N., & LE FLOC'H, E., (Eds) 1995.  
*L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? Colloques et Congrès, Science et changements planétaires/ Sécheresse*. John Libbey, Paris, 455 p.
- RAPP, A., 1974.  
*A Review of Desertification in Africa – Water, Vegetation and Man*. Secretariat for International Ecology, Stockholm.
- ROCHETTE, R. M., (Ed.) 1989.  
*Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences*. CILSS, PAC, GTZ, Berlin, 592 p.
- ROZANOV, B. G., 1982.  
 «Assessing, monitoring and combatting desertification», in *Desertification and Soils Policy*. Transactions of the 12th Congress of Soil Science, symposia papers, III: 56-66.
- RUBIO, J.-L., & BOCHET, E., 1998.  
 «Desertification indicators as diagnostic criteria for desertification risk assessment in Europe», in *Journal of Arid Environments*, 39: 113 - 120.
- SACHS, I., 1992.  
 «Transition strategies for the 21st century», in *Nature and Resources*, vol. 28, n° 1: 4-17.
- SCOPE, 1995.  
*Report on scientific workshop on indicators of sustainable development*. Wuppertal, Germany, nov. 1995.
- SMITH, O. B., & KOALA, S., 1999.  
*La désertification : mythes et réalités*. CRDI, Ottawa (Canada), 13 p.
- THORNES, J.-B., & BURKE, S., 1999.  
*The physical and human dimensions of desertification*. Report of the Workshop Sessions, King's College, London, 115 p.
- TOULMIN, C., 1993.  
*Lutter contre la désertification : réflexion préliminaire à une convention mondiale*. Drylands Programme, IIED, Dossier n° 42, 52 p.
- TUBIANA, L., 1999.  
*Le développement durable dans la politique extérieure de la France*. Rapport de mission, Paris, 179 p.

TUCKER, C. J., DREGNE, H. E. , & NEWCOMB, W.W., 1991.

«Expansion and contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990»,  
in *Science* 253:299-301.

UNEP, 1992.

*World Atlas of Desertification*. Edward Arnold, Sevenoaks, UK.

WARREN, A., & AGNEW, C., 1988.

*Une analyse de la désertification et dégradation des terres en zones arides et semi-arides*. Drylands Programme, IED, Document n° 2, 28 p.

Dégâts de la sécheresse ici, dégâts des eaux ailleurs:  
Vaison-la-Romaine (septembre 1992),

et vallée de la Somme (décembre 2000).

La Mauritanie est particulièrement confrontée  
à la désertification.

El Niño, dont on voit la trace rouge sur l'image au-dessus, emmène des eaux chaudes vers l'est du Pacifique. Ses conséquences sont planétaires: glissements de terrain, tempêtes, inondations en Amérique, sécheresses en Afrique. Ce phénomène climatique est à présent bien connu des scientifiques.

# Les changements climatiques.

**Gérard Mégie**

Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie

Institut Pierre-Simon Laplace

**Jean Jouzel**

Institut Pierre-Simon Laplace

Depuis sa formation au sein du système solaire, voici environ quatre milliards et demi d'années, la Terre a continûment évolué à l'échelle des temps géologiques. Ces évolutions, qui ont concerné tous les compartiments de notre planète – continents, océans, biosphère –, ont conduit, par étapes successives, à l'apparition de la vie, distinguant ainsi la Terre des autres planètes du système solaire. Jusqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle, elles ont trouvé leur origine dans des phénomènes naturels, liés en particulier aux variations de l'orbite et de l'inclinaison de la Terre dans sa course autour du Soleil. Mais l'explosion démographique, le développement des activités industrielles et agricoles, la multiplication des moyens de transport ont entraîné, au cours du dernier siècle, des changements profonds de notre environnement qui affectent l'ensemble de la planète.

La planète Terre se caractérise par la présence de plusieurs compartiments qui, tous, conditionnent aujourd'hui l'équilibre de la vie : continents, océans, biosphère terrestre et biosphère marine, atmosphère. Cette dernière, que l'on peut identifier par la présence des nuages et par sa couleur bleue liée à la diffusion de la lumière solaire, est une enveloppe extrêmement ténue dont l'extension verticale n'est que de quelques dizaines de kilomètres. Elle est donc particulièrement fragile, d'autant que sa composition chimique reflète pour une large part les émissions naturelles et anthropiques à la surface de la Terre. Ainsi, outre l'azote, qui représente les  $\frac{4}{5}$  de l'abondance totale, la présence de l'oxygène, autre constituant majoritaire de cette atmosphère, résulte directement de l'équilibre entre la photosynthèse et la respiration. La présence de l'eau sous ses différentes formes est une autre caractéristique essentielle de cet équilibre de la planète Terre : liquide dans les océans, liquide ou solide dans les nuages, enfin sous forme de vapeur dans l'atmosphère, où elle ne représente d'ailleurs qu'un très faible pourcentage de l'abondance totale, quelques pour cent dans les zones humides et moins d'un millièème dans les régions sèches.

Mais il existe également dans l'atmosphère terrestre d'autres gaz, en quantités relativement faibles, tels que le dioxyde de carbone ou gaz carbonique (365 millièmes ou parties par million – ppm), le méthane (1,8 ppm), l'oxyde nitreux (0,31 ppm) et l'ozone (0,05 ppm au voisinage de la surface, 4 à 6 ppm dans la stratosphère entre 20 et 40 km d'altitude), qui eux aussi jouent un rôle fondamental dans l'équilibre énergétique de la Terre, et donc dans celui de la vie. D'une part, ils filtrent le rayonnement solaire incident – c'est principalement le rôle de l'ozone dans la stratosphère terrestre qui empêche ainsi la pénétration jusqu'au sol d'un rayonnement ultraviolet solaire qui détruirait les molécules constitutives de la matière vivante – et, d'autre part, ils absorbent une partie du rayonnement qui est émis par la surface de la Terre dans le domaine des longueurs d'onde

infrarouges et le renvoient partiellement vers cette même surface. Ils contribuent ainsi à apporter un surplus d'énergie thermique qui permet de maintenir la température moyenne de la planète à la valeur de  $15^{\circ}\text{C}$  que nous connaissons aujourd'hui. Si cet effet de serre naturel n'existait pas, la température de la Terre serait de  $-18^{\circ}\text{C}$  et l'eau liquide n'aurait pas pu se maintenir à sa surface. C'est d'ailleurs ce qui est vraisemblablement arrivé sur la planète Mars, plus éloignée du Soleil et donc plus froide. Sur Terre, cet effet de serre est dû pour les  $\frac{2}{3}$  à la vapeur d'eau et pour  $\frac{1}{3}$  au dioxyde de carbone. Il convient donc de remarquer que ni l'oxygène moléculaire ni l'azote moléculaire, constituants les plus abondants de l'atmosphère, ne jouent de rôle dans ce mécanisme, dans la mesure où leurs structures moléculaires ne leur confèrent pas de propriétés d'absorption dans le domaine des longueurs d'onde infrarouges. Enfin, à tous ces composés présents naturellement dans notre atmosphère, se sont récemment ajoutés d'autres gaz à effet de serre, comme les chlorofluorocarbures, mis en cause dans la destruction de l'ozone stratosphérique, et qui étaient principalement utilisés dans l'industrie du froid.

#### **L'équilibre dynamique de la planète Terre modifié par les activités humaines.**

Pour mieux apprécier les perturbations de l'équilibre énergétique de la Terre potentiellement attribuées aux activités humaines, il est intéressant de revenir sur l'histoire de notre planète, notamment au cours des 400 000 dernières années, période pour laquelle nous disposons de données précises sur les équilibres climatiques. Celles-ci proviennent des archives que constituent les glaces polaires, en particulier celles accumulées au centre du continent Antarctique, où leur épaisseur dépasse plusieurs kilomètres.

En effet, lors du mécanisme de cristallisation qui donne naissance à la glace, de petites bulles d'air sont emprisonnées, qui portent le témoignage de la composition de l'atmosphère à l'époque de leur formation. En extrayant des carottes de glace de plus de 3 kilomètres de longueur, ce qui représente à peu près l'épaisseur totale de la calotte glaciaire sur le continent Antarctique, les paléoclimatologues peuvent aujourd'hui restituer les variations de température et de concentration des constituants minoritaires de l'atmosphère au cours des dernières centaines de milliers d'années.

L'analyse de ces données du passé nous montre que les climats de la Terre répondent aux variations de l'énergie qui parvient à sa surface en provenance du Soleil. Celle-ci subit des oscillations liées aux paramètres cosmiques de l'orbite et de la position de la Terre dans sa course autour du Soleil. Elles sont caractérisées par des périodes récurrentes proches de 20 000, 40 000 et 100 000 ans et se traduisent par l'alternance de périodes froides – les âges

glaciaires – et d'optima climatiques pendant les périodes interglaciaires. Les variations de température reflètent ces oscillations et l'on passe ainsi, en remontant le temps, de la période actuelle interglaciaire à un âge glaciaire voici 20 000 ans. Puis on retrouve de nouveaux âges interglaciaires voici 120 000, 240 000 et 330 000 ans, séparés par des périodes glaciaires pendant lesquelles les températures moyennes sont jusqu'à 5 à 6°C plus froides. La surface de la Terre est alors profondément modifiée, notamment dans les régions de haute et moyenne latitudes de l'hémisphère nord, où une gigantesque calotte glaciaire apparaît. L'eau liquide s'accumule dans ces calottes et le niveau moyen des mers est inférieur de 100 mètres environ par rapport à sa valeur actuelle. En ce qui concerne l'atmosphère, le dosage du gaz carbonique et du méthane contenus dans les archives glaciaires montre que les teneurs de ces gaz dans l'atmosphère varient également en fonction des oscillations climatiques <sup>FIG. 1</sup>. Celles-ci sont plus faibles pendant les périodes glaciaires, avec des valeurs de 200 ppm pour le gaz carbonique et de 0,4 ppm pour le méthane. Mais on constate également que jamais au cours des 400 000 dernières années la teneur en gaz carbonique n'a dépassé 300 ppm, jamais celle en méthane n'a dépassé 0,8 ppm.

Or, depuis un peu plus de deux siècles, la concentration des gaz à effet de serre autres que la vapeur d'eau augmente rapidement dans l'atmosphère, en réponse aux activités humaines. La teneur en dioxyde de carbone, aujourd'hui de 365 ppm, a augmenté de 30 % et ce pour les trois quarts à cause de l'utilisation des combustibles fossiles. Celle du méthane a plus que doublé au cours des 300 dernières années pour atteindre près de 1,8 ppm, essentiellement à cause de l'intensification de l'agriculture qui, à travers l'utilisation des engrais azotés, est aussi partiellement responsable de l'augmentation de près de 20 % de l'oxyde nitreux (0,31 ppm). L'évolution de la teneur en gaz carbonique au cours des 30 000 dernières années illustre parfaitement l'ampleur et, surtout, la rapidité de cette perturbation. Alors que le passage de la teneur de 200 ppm, observée pendant la dernière ère glaciaire, à la valeur interglaciaire de 280 ppm s'est faite en quelques milliers d'années, la perturbation due aux activités humaines depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, qui est du même ordre de grandeur, s'est produite en moins de 200 ans. Il s'agit donc d'une variation extrêmement rapide à l'échelle des évolutions naturelles <sup>FIG. 1</sup> qui confirme que les activités humaines modifient fortement les teneurs en gaz carbonique et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Au-delà de la concentration de ces différents gaz dans l'atmosphère, il faut également prendre en compte leur capacité à absorber le rayonnement infrarouge et à le renvoyer vers la surface terrestre. Or, cette capacité dépend de la structure des molécules. Ainsi, si l'on met dans l'atmosphère la même masse de méthane et de gaz carbonique, le pouvoir de réchauffement

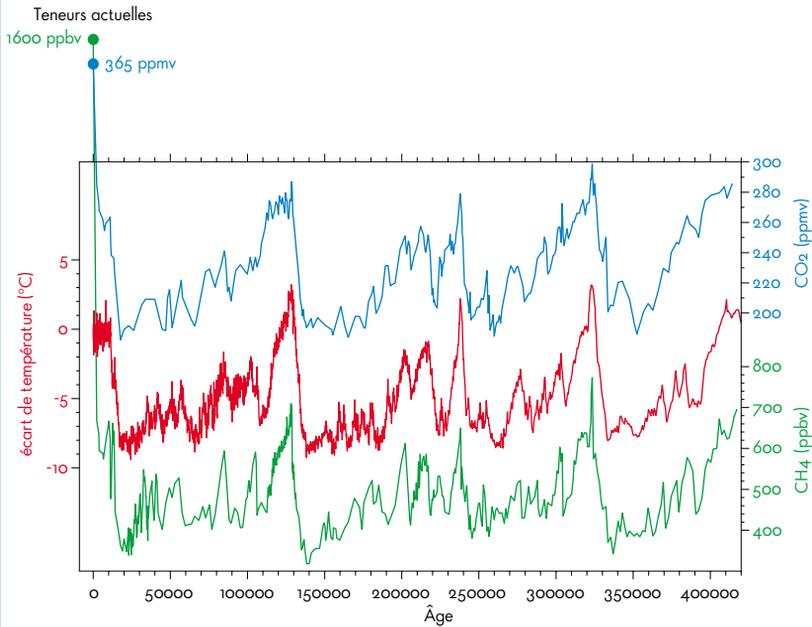


FIGURE 1. Variations des concentrations en gaz carbonique (courbe du haut) et en méthane (courbe du bas) au cours des 420 000 dernières années. Ces deux courbes combinent les mesures effectuées au LGGE Grenoble sur les bulles extraites de la glace du forage antarctique de Vostok avec, pour la partie récente (les 300 dernières années), celles réalisées sur d'autres forages et de prélèvements atmosphériques (pour les dernières décennies). La courbe du milieu correspond aux variations de la température en Antarctique estimée à partir de l'analyse de la teneur en deutérium de la glace (LSCB Saclay).

du méthane sera 56 fois supérieur à celui du  $\text{CO}_2$ . Dans le cas de l'oxyde nitreux, le facteur est de 280. Il est de 1 200 pour l'ozone de la basse atmosphère. D'autres gaz à effet de serre, comme les chlorofluorocarbures, mis en cause dans la destruction de l'ozone stratosphérique et qui étaient principalement utilisés dans l'industrie du froid, ont, à masse égale, un pouvoir de réchauffement entre 5 000 et 10 000 fois supérieur à celui du gaz carbonique. Heureusement, leur concentration dans l'atmosphère reste beaucoup plus faible, de l'ordre de 0,004 ppm. Lorsque l'on considère l'effet global des différents constituants, on constate que tous jouent un rôle non négligeable dans l'effet de serre additionnel (que nous désignerons

également par la suite sous le terme de « forçage radiatif »). L'énergie utilisable en moyenne pour chauffer les basses couches de l'atmosphère, qui était proche de  $2,40 \text{ Wm}^{-2}$ , a augmenté de  $2,43 \text{ Wm}^{-2}$  depuis 1750, soit d'environ 1 %. Si le gaz carbonique contribue pour 60 % à cette augmentation, les parts relatives du méthane, des chlorofluorocarbures et de l'oxyde nitreux sont respectivement de 20 %, 14 % et 6 %. Toutefois, une autre variable joue un rôle important dans la comparaison des différents gaz à effet de serre. Il s'agit des temps pendant lesquels ceux-ci restent dans l'atmosphère avant de disparaître ou d'être échangés avec d'autres compartiments de l'environnement. On comprend en effet que plus un gaz restera dans l'atmosphère, plus il aura la capacité d'exercer son pouvoir de réchauffement. Le gaz carbonique a ainsi un temps moyen de résidence compris entre un et deux siècles. Son impact sur l'environnement sera donc plus important que celui du méthane, dont la durée de vie n'est que de dix ans. En revanche, une action de réduction des concentrations sera plus efficace à court terme sur ce dernier, ce qui peut présenter un avantage dans la mise en œuvre des stratégies de réduction des gaz à effet de serre.

Le cas de l'ozone, non pris en compte dans le bilan ci-dessus, est particulièrement intéressant. D'une part, l'introduction par l'homme des chlorofluorocarbures a provoqué une diminution de la quantité d'ozone dans la stratosphère et donc une diminution, estimée à  $0,15 \text{ Wm}^{-2}$  entre 1979 et 2000, de l'effet de serre qui lui est associé ; l'ozone étant un gaz très réactif qu'on ne peut pas retrouver dans les archives glaciaires, il n'est pas possible de proposer une estimation qui remonte plus loin dans le passé. D'autre part, les variations de l'ozone dans la troposphère, dont le suivi à partir de l'analyse des concentrations relatives d'ozone dans l'air au voisinage de la surface remonte à environ un siècle et demi, illustrent le couplage entre le changement climatique et la qualité de l'air. Elles sont fondées sur des mesures chimiques, qui montrent que dans les années 1880-1900, les teneurs en ozone ne dépassaient pas 10 à 15 milliardièmes (ou ppb) aussi bien dans des sites proches des villes comme le parc Montsouris à Paris, que dans des stations éloignées de toute source de pollution comme le pic du Midi, à 3 000 mètres d'altitude. Aujourd'hui, les teneurs mesurées sur ce site sont de l'ordre de 50 ppb. Elles témoignent donc d'une augmentation de près d'un facteur 4, au cours du xx<sup>e</sup> siècle, que l'on peut directement relier aux activités humaines. En effet, l'ozone n'est pas un constituant qui sort directement des cheminées d'usines ou des pots d'échappement des voitures. Il se forme dans l'atmosphère par transformation chimique, en présence du rayonnement solaire qui apporte l'énergie nécessaire aux réactions, à partir de divers précurseurs, composés organiques volatiles et hydrocarbures, et de catalyseurs, les oxydes d'azote. Ce processus

de formation est d'ailleurs extrêmement sensible à la présence des oxydes d'azote puisqu'il suffit de quelques centièmes de milliardième de ces composés pour déclencher les processus oxydants qui conduisent à la formation d'ozone. Les lieux privilégiés de cette formation sont les grandes agglomérations et les zones industrielles où existe ce mélange d'oxydes d'azote, liés au processus de combustion et au transport, et d'hydrocarbures. L'ozone et ses précurseurs sont également transportés, aux échelles régionales et continentales, loin des zones de pollution et contribuent ainsi à l'augmentation globale observée. Celle-ci est estimée à 36 % depuis 1750 et on estime qu'elle contribue à augmenter de façon non négligeable ( $0,35 \text{ W m}^{-2}$ ) l'effet de serre additionnel. Toutefois, l'ozone ayant une durée de vie limitée à quelques semaines dans la basse atmosphère, les teneurs observées reflètent la répartition des sources, à la différence d'autres gaz comme le gaz carbonique ou le méthane qui, eux, ont le temps de se répartir et de se mélanger sur l'ensemble de la planète.

#### **Activités humaines et réchauffement du climat: la prise de conscience.**

Dès le XIX<sup>e</sup> siècle, le Suédois Svante Arrhénius attire l'attention sur le fait que l'homme est en train de modifier la composition de l'atmosphère en gaz carbonique à travers l'utilisation du charbon. À partir d'un calcul relativement simple, il estime que notre planète devrait se réchauffer de 5°C d'ici la fin du XX<sup>e</sup> siècle... Mais ce n'est qu'à partir des années 1970 que ce problème de l'action potentielle des activités humaines sur le climat devient l'objet de l'attention des scientifiques.

Les modélisateurs en prennent d'abord conscience. Les années après la seconde guerre mondiale voient l'apparition des premiers calculateurs, alors bien rudimentaires. La prévision du temps est l'un des domaines explorés à partir de modèles fondés sur un système d'équations physiques qui permettent de décrire le mouvement de l'atmosphère et le cycle de l'eau depuis l'évaporation à la surface des océans jusqu'à la formation des précipitations. Développés en vue d'applications en météorologie, science qui s'intéresse à la prédiction des perturbations dont on ne peut suivre l'évolution individuelle que sur quelques jours, ces modèles sont alors utilisés sur des échelles climatiques, celle du mois et au-delà. Dans ce cas, les prévisions portent sur des valeurs moyennes et non plus sur le suivi de perturbations individuelles. Les premières expériences, conduites dans les années soixante, permettent de vérifier que ces modèles sont aptes à simuler les grandes caractéristiques du climat.

Mais les climatologues s'intéressent très vite à la capacité de ces modèles à rendre compte de climats différents de celui dans lequel nous vivons actuellement. Les expériences réalisées au cours des années soixante-dix

examinent le cas du doublement de la teneur en gaz carbonique. Elles confirment qu'une telle modification se traduirait par un réchauffement significatif. Ces résultats sont pris au sérieux et motivent réunions scientifiques et rapports d'experts, dont un publié en 1979 à l'initiative de la NSF (la Fondation nationale des sciences aux États-Unis), aux conclusions déjà très bien documentées. Mais c'est au cours de la décennie suivante que s'opère la véritable prise de conscience, non seulement au sein de la communauté scientifique mais bien au-delà, à mesure que l'ampleur des conséquences de ce changement climatique, tant écologiques qu'économiques, commence à être cernée.

Sur les aspects scientifiques, les résultats des modèles climatiques s'accumulent. Certes, ils diffèrent sensiblement d'un modèle à l'autre ; ainsi, le réchauffement prédit par quatre modèles différents (trois modèles américains, l'autre anglais) en cas de doublement instantané de la teneur en gaz carbonique varie entre 1,5 et 4,5 °C. Cette amplitude d'un facteur 3, dans la valeur de ce que les climatologues appellent dans leur jargon la « sensibilité du climat », résulte pour l'essentiel de la façon dont est traitée la formation des nuages. Leurs propriétés optiques font qu'à la fois ils absorbent et réfléchissent le rayonnement solaire. Ils sont en outre affectés de façon différente selon qu'il s'agit de « nuages hauts » ou de « nuages bas ». Cette complexité fait que le comportement des systèmes nuageux est difficile à prendre en compte dans les modèles, et qu'il reste d'ailleurs une source majeure d'incertitude vis-à-vis de la prédiction du climat du futur. Mais, au-delà de ces incertitudes, tous les modèles – et cette affirmation reste quasiment vérifiée maintenant que le nombre de simulations a été multiplié par près d'un facteur 10 – prédisent un réchauffement. Qui plus est, ce réchauffement est systématiquement plus important que celui, légèrement supérieur à 1 °C, qui serait obtenu dans le cas d'un doublement de la teneur en gaz carbonique, qui correspond à un forçage radiatif de  $4 \text{ W m}^{-2}$ , en l'absence de toute rétroaction climatique. Il y a donc des mécanismes amplificateurs qui dominent la réponse du climat lors d'un accroissement de l'effet de serre et ce, de façon tout à fait démontrable. Ainsi, un réchauffement de l'atmosphère va, avec un certain délai, se transmettre aux couches de surface de l'océan. Ceci entraîne une augmentation de l'évaporation, qui croît exponentiellement en fonction de la température et, par voie de conséquence, de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Comme la vapeur d'eau est elle-même un « gaz à effet de serre », le forçage radiatif est amplifié. La diminution de la glace de mer, très réfléchissante vis-à-vis du rayonnement solaire, en réponse à ce réchauffement progressif de l'océan, constitue un second facteur d'amplification (elle est alors remplacée par une surface océanique beaucoup plus absorbante).

À l'inverse, aucun des mécanismes compensateurs qui peuvent être évoqués n'apparaît efficace.

Dans une large majorité, la communauté scientifique est rapidement convaincue de l'ampleur du problème et de la nécessité d'en analyser toutes les facettes. Les premiers résultats obtenus sur les glaces antarctiques de Vostok suggèrent également que le climat est un système amplificateur et participent de cette prise de conscience. À l'évidence, celle-ci bénéficie également du fait que les températures moyennes mesurées à la surface de la Terre dans les années 1980 sont clairement à la hausse... La communauté s'organise alors en conséquence. Dès 1979, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) met sur les rails le Programme de recherche mondial sur le climat (PRMC). Puis le CIUS, comité international qui regroupe l'ensemble des organisations scientifiques, conscient des interactions fortes qui existent entre climat et environnement, lance en 1986 un programme ambitieux dédié à l'étude de la géosphère et de la biosphère (le Programme international Géosphère Biosphère: PIGB). PRMC et PIGB sont deux des quatre composantes de ce qui est désormais connu sous le nom de programme « Global Change » (les deux autres sont consacrées à la biodiversité et à la dimension humaine du changement climatique). Grâce à ces initiatives internationales, bien relayées dans de nombreux pays par les organismes de recherche, la compréhension des mécanismes complexes qui gouvernent l'évolution du climat a largement progressé au cours des vingt dernières années.

Les gouvernements ne tardent d'ailleurs pas trop à emboîter le pas, conscients qu'il s'agit là d'un problème que l'on ne peut délibérément ignorer. D'autant que le protocole qui bannit la production de composés contribuant à la destruction de la couche d'ozone, signé à Montréal en 1987, constitue un premier exemple de ce qui peut être entrepris en matière d'environnement global. Avec le recul, les décisions prises dans ce cadre s'avèrent tout à fait judicieuses et, grâce à elles, on peut espérer un ralentissement de la diminution de la couche d'ozone dans les décennies à venir, puis une inversion du processus. Le consensus scientifique qui s'est rapidement établi, les conséquences bien identifiées et le nombre restreint de producteurs a largement facilité la signature puis la mise en œuvre de ce protocole. Mais, s'il présente de nombreuses similarités, la réponse apportée au cas de l'ozone stratosphérique n'est pas entièrement extrapolable au problème du changement climatique, dont la complexité est beaucoup plus grande. L'existence d'un lien entre activités humaines et réchauffement climatique ne repose alors que sur les prédictions de modèles dont on sait qu'ils restent assez rudimentaires, et les conséquences de ce réchauffement sont mal cernées. Par ailleurs, si des mesures visant à limiter l'utilisation des combustibles fossiles doivent être décidées, elles seront difficiles à faire

accepter, tant les notions de développement économique et de confort individuel sont étroitement mêlées à celle de consommation d'énergie. La première étape est donc d'établir un diagnostic.

C'est avec cet objectif qu'en 1988 se crée, sous les auspices conjoints du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUÉ) et de l'OMM, le Groupement intergouvernemental sur l'étude du changement climatique (GIEC), qui nous est plus familier sous son sigle anglais d'IPCC (International Panel on Climate Change). Ce problème est alors pris en compte sur un plan plus politique et il est l'un des thèmes centraux abordés lors du Sommet de la Terre de 1992 de Rio, au cours duquel est discutée la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), ratifiée en 1994. En réponse aux arguments très documentés apportés par les scientifiques à travers les travaux du GIEC, le problème est rapidement pris au sérieux par les gouvernements. Ceux-ci mettent sur pied ce qu'il convient d'appeler la Conférence des parties (COP), qui, de Rio de Janeiro (COP1) à Kyoto en 1997 (COP3) puis Marrakech en 2001 (COP7), pose autant de jalons visant à mettre en place des règles de limitation des émissions anthropiques des gaz à effet de serre, dont le sommet de Johannesburg pourrait voir une première concrétisation.

#### **De Rio à Marrakech : l'empreinte des rapports du GIEC.**

Dès le départ, le GIEC s'intéresse à trois volets distincts : le groupe I traite des aspects scientifiques de l'évolution du climat, les deux autres étant respectivement en charge d'en examiner les impacts et d'analyser les mesures d'adaptation et d'évaluation (groupe II) et d'en étudier les aspects socio-économiques (groupe III). À ce jour, trois rapports complets ont été publiés, le premier en 1990, le second en 1996 et le troisième en 2001. Chaque rapport individuel est divisé en chapitres dont la première rédaction est confiée à une équipe d'une dizaine de chercheurs de différents pays. Pour accomplir cette tâche, chaque rédacteur sollicite des contributions de chercheurs impliqués dans le domaine concerné. À partir de ces très volumineux rapports (près d'un millier de pages), sont rédigés des résumés d'une cinquantaine de pages, puis les « Résumés pour décideurs », beaucoup plus courts et écrits de façon très accessible. Le tout est complété d'un rapport de synthèse. Une fois rédigés chacun de ces documents reçoit les commentaires de la communauté scientifique (relecteurs) et ceux des représentants des instances gouvernementales. Le processus de rédaction et de relecture prend, à chaque fois, plus de deux ans pour que soit proposé aux gouvernements un texte qui ait l'approbation de la communauté scientifique. Le chiffre de 3000 personnes, mentionné pour le second rapport, comprend les rédacteurs (une centaine), les contributeurs (quelques centaines)

et les relecteurs. Les commentaires provenant des différentes sources (communauté scientifique, instances gouvernementales mais aussi organisations non gouvernementales) sont pris en compte par les rédacteurs et les textes sont amendés en conséquence. Si les rédacteurs jugent un commentaire non recevable, ce qui est parfois le cas, ils doivent justifier de la ou des raisons qui les ont conduits à ne pas le prendre en considération.

Vient alors la dernière étape avant publication, celle de l'approbation par les gouvernements membres du GIEC (plus d'une centaine de pays). Les « Résumés pour décideurs » sont discutés ligne à ligne par les délégués de ces différents pays et approuvés, après modifications éventuelles au cours de réunions auxquelles peuvent assister, au titre d'observateurs, des représentants d'organisations non gouvernementales. La règle est celle du consensus et celui-ci est quelquefois fort difficile à atteindre malgré les efforts des responsables du GIEC et des rédacteurs présents à cette réunion finale, dont l'objectif commun est de parvenir à une solution acceptable pour tous et qui reflète bien les rapports complets. Le contenu de ces derniers n'est pas rediscuté, mais celui des résumés étendus est également soumis à approbation et la cohérence entre les différents étages des rapports fait l'objet d'une très grande attention. Nous nous intéresserons ici essentiellement aux conclusions du groupe I, qui traite de la science du changement climatique. Nous en résumons les travaux à travers une série de quatre conclusions.

Les deux premières font l'objet d'un consensus qui s'est affirmé au fil des trois rapports du GIEC. L'une, que nous avons déjà largement traitée, affirme que les activités humaines modifient la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre. L'autre, déjà évoquée, concerne le réchauffement observé au cours du <sup>FIG.2</sup>  $xx^e$  siècle. Déjà visible au moment du premier rapport du GIEC, l'enregistrement disponible jusqu'à l'année 2001 en donne désormais une idée plus claire. Ce réchauffement s'est accéléré au cours des années récentes. L'année 1998 a été la plus chaude depuis 1880 et, si l'on cherche les dix années les plus chaudes, elles sont concentrées au cours des deux dernières décennies. Et c'est ce graphique pris dans son ensemble qui permet aux experts de conclure que notre climat s'est réchauffé d'un peu plus d'un demi-degré (0,6 avec une incertitude de 0,2 °C) depuis la fin du  $xix^e$  siècle. Ce réchauffement s'est opéré en deux étapes: la première entre 1910 et 1945, la seconde depuis 1976. Certains aspects – qualité et couverture géographique des données les plus anciennes, corrections qu'il faut apporter aux températures océaniques mesurées par les bateaux marchands, biais apporté par l'urbanisation pour les stations qui, initialement à la campagne, se sont peu à peu retrouvées en milieu urbain – ont été l'objet de nombreuses discussions. Ces points ont été pris en compte de façon indépendante par

différentes équipes et les courbes obtenues sont tout à fait similaires. À noter aussi la polémique engagée lorsque l'on compare, sur leur période de recouvrement, les températures mesurées à la surface de la planète et celles obtenues à partir de ballons sondes et d'observations satellitaires. La température de l'atmosphère observée depuis 1979 à partir des deux dernières méthodes augmente trois fois moins vite que celle de la surface et il est difficile de dire s'il s'agit là d'un phénomène réel ou si cette différence est liée au fait que la période de comparaison est relativement courte. Par contre, de nombreuses observations témoignent de façon indirecte de ce réchauffement : l'étendue des glaciers alpins diminue de façon quasi générale (les exceptions s'expliquent soit par la modification de la circulation atmosphérique, soit par l'augmentation des précipitations), la couverture neigeuse et l'épaisseur de la glace de mer décroissent dans beaucoup de régions, lacs et rivières sont moins longtemps gelés, l'océan se réchauffe en surface, le niveau de la mer a augmenté d'une dizaine de centimètres au cours du xx<sup>e</sup> siècle, il y a plus de vapeur d'eau dans l'atmosphère... Malgré quelques zones d'ombre, le consensus est général : le climat se réchauffe.

La troisième conclusion concerne un point certes important pour le scientifique mais qui s'avère être la question clé pour le décideur : le réchauffement que nous vivons à l'échelle de la planète a-t-il un lien avec l'augmentation démontrée de l'effet de serre ? Sans évoquer les grandes périodes glaciaires, il suffit de se tourner vers le passé récent pour observer qu'il n'est nul besoin que l'homme intervienne pour que le climat change de façon tout aussi notable qu'il l'a fait au cours du xx<sup>e</sup> siècle. Pour la période que nous appelons le petit âge glaciaire, entre le milieu du xv<sup>e</sup> siècle et la fin du xix<sup>e</sup>, le constat est sans appel. Il s'appuie sur de nombreux témoignages, tel celui de l'avancée des glaciers alpins ou ceux des peintres flamands et de leurs tableaux d'hivers rigoureux aux fleuves et rivières prises par les glaces. Lors de cette période froide, qui a atteint son paroxysme entre 1550 et 1700, la température était, tout au moins en Europe de l'Ouest, d'au moins un degré plus froide que notre xx<sup>e</sup> siècle. À l'inverse, le début du dernier millénaire, époque à laquelle le sud du Groenland était une terre hospitalière, était relativement plus chaud. Difficile dans ces conditions d'affirmer que le réchauffement que nous vivons actuellement est bien lié à l'augmentation de l'effet de serre dû aux activités humaines. L'effet de serre l'augmente et le climat se réchauffe, mais y a-t-il bien relation de cause à effet ? À cette question, le premier rapport du GIEC répond que « l'importance du réchauffement observé est grossièrement cohérente avec les prédictions des modèles climatiques, mais qu'elle est aussi comparable à la variabilité naturelle du climat. Le réchauffement observé pourrait donc être dû à cette variabilité naturelle ». Il y a une dizaine d'années, au moment

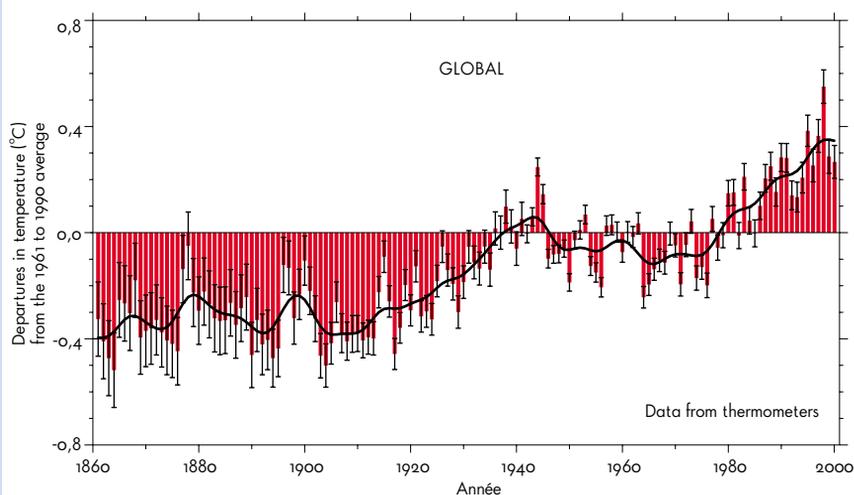


FIGURE 2. Variation de la température moyenne de la planète depuis 1861 (adaptée du rapport IPCC 2001).

du sommet de Rio, la réponse des scientifiques était donc : « On ne sait pas ». Mais elle a fortement évolué grâce à un ensemble de résultats scientifiques nouveaux qui permettent aux experts du GIEC d'indiquer, dans le rapport 1995, « qu'un faisceau d'éléments suggère une influence perceptible de l'homme sur le climat global ».

Un premier obstacle est levé. Jusqu'alors, si on tient compte de l'augmentation des gaz à effet de serre depuis le début de l'ère industrielle, les modèles d'évolution du climat prédisent un réchauffement voisin de 1°C. C'est le double de celui observé, estimé alors à une valeur comprise entre 0,3 et 0,6°C. Mais ces prédictions ne tiennent pas compte de tous les aspects liés à l'activité humaine. Ainsi, elles ignorent l'effet de refroidissement résultant de la présence de particules microscopiques en suspension dans l'air. Celles-ci, produites en particulier à partir de composés soufrés partiellement produits par l'utilisation des combustibles fossiles, rendent l'atmosphère un peu moins transparente et absorbent une faible partie de l'énergie qui nous vient du Soleil, de l'ordre de 0,5 W m<sup>-2</sup>. C'est en fait suffisant pour contrecarrer une partie du réchauffement dû à l'augmentation de l'effet de serre et gommer le désaccord entre prédictions et observations. Plus convaincante pour le spécialiste est la mise en évidence de toute une série d'indices qui correspondent à autant d'empreintes attestant que le réchauffement observé n'est vraisemblablement pas uniquement d'origine

naturelle. Ces indices s'appuient sur des comparaisons géographiques, saisonnières et verticales du réchauffement, dont les caractéristiques prédites et observées concordent d'autant mieux que les modèles tiennent compte du rôle de l'effet de serre et de celui des aérosols, et pas seulement de causes naturelles de variabilité climatique telles que les éruptions volcaniques, qui peuvent provoquer un refroidissement notable mais de courte durée, ou les faibles fluctuations de l'activité solaire. En outre, la prise en compte des aérosols soufrés donne une explication plausible au fait que la température se réchauffe plus le jour que la nuit, car leur effet de refroidissement n'intervient que sur la partie visible du rayonnement et donc que le jour. Aucun de ces éléments pris individuellement ne constitue en soi une preuve, mais c'est leur convergence qui a amené les scientifiques à suggérer que l'action de l'homme est déjà perceptible. C'est une conclusion importante qui, à l'évidence, a joué un rôle clé dans les négociations du protocole de Kyoto. Suggérer, même avec prudence, que les activités humaines commencent à avoir une influence sur le climat met désormais le changement climatique au centre des problèmes que notre société aura à affronter en matière d'environnement et lui donne une dimension socio-économique indéniable.

Le diagnostic s'est affiné entre les rapports GIEC de 1996 et 2001. Tout d'abord, le climat a continué à se réchauffer et à ceci s'ajoute une meilleure connaissance des variations du climat au cours du dernier siècle. Déjà amorcée en 1995, elle se concrétise par la publication d'une courbe de la variation du climat au cours du dernier millénaire, courbe établie grâce aux efforts conjugués de paléoclimatologistes qui ont reconstruit différentes séries climatiques à partir d'approches complémentaires et de statisticiens qui les ont combinées et en ont extrait une valeur moyenne. Celle-ci reste entachée d'une grande incertitude <sup>FIG. 3</sup> mais elle laisse peu de doutes : le réchauffement récent sort de la variabilité naturelle. Les modèles climatiques, qui ont fait beaucoup de progrès, confirment ce diagnostic. Des simulations longues montrent que le réchauffement des cent dernières années ne peut vraisemblablement pas être dû uniquement à des causes naturelles. En particulier, le réchauffement marqué des cinquante dernières années ne peut être expliqué que si l'on tient compte de l'augmentation de l'effet de serre. D'où cette conclusion : « Il y a de nouvelles et fortes indications qu'une grande part du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années est attribuable aux activités humaines. » De « peut-être » en 1995, nous voici à « probablement » en 2001. Le camp des sceptiques de l'effet de serre se rétrécit et cette conclusion, approuvée par le groupe I au moment de la conférence de La Haye et entérinée dans le rapport de synthèse avant celle de Marrakech, a eu pour conséquence d'y placer le débat scientifique au second plan... Dans l'esprit des décideurs,

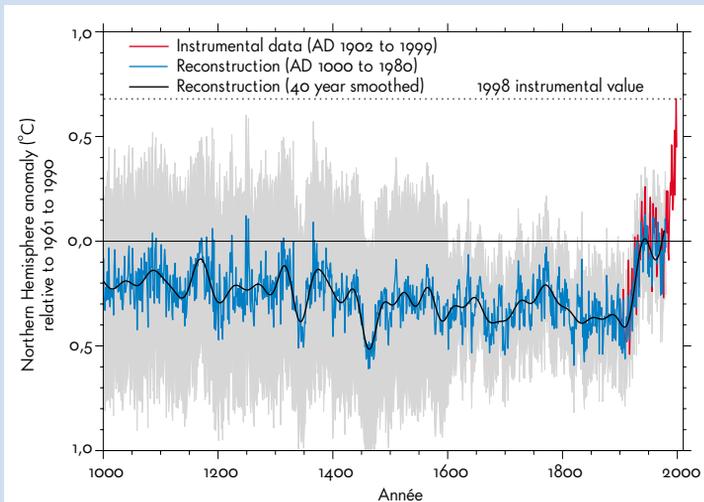


FIGURE 3. Estimation de la température moyenne de l'hémisphère nord au cours du dernier millénaire. Cette figure combine l'estimation déduite à partir de la combinaison de différents indicateurs (informations déduites de l'analyse de cernes d'arbres, de coraux, de carottes de glace et d'archives historiques) et des mesures thermométriques pour la partie la plus récente (depuis 1861). La partie en gris indique l'estimation.

l'interrogation puis le doute vis-à-vis de l'action de l'homme sur le climat se sont transformés en une quasi-certitude.

De notre point de vue, des interrogations subsistent, comme celles liées à l'influence éventuelle des changements de l'activité solaire ; il nous faudra au moins une dizaine d'années pour transformer ce « probablement » en certitude. Mais un point extrêmement important est que la réponse à cette question ne préjuge pas de l'ampleur du réchauffement qui nous attend au cours de ce siècle et au-delà. Même si l'influence de l'effet de serre additionnel était toujours masquée par la variabilité naturelle du climat, l'augmentation prévue est d'une telle ampleur (de 4 à 8  $W m^{-2}$  supplémentaires) qu'un réchauffement significatif peut sans ambiguïté être prédit d'ici la fin de ce siècle. C'est là la quatrième conclusion du rapport du GIEC, qui indique également que de nombreuses incertitudes restent associées à la prédiction de l'évolution future de notre climat. Avant de les présenter, nous revenons plus en détail sur la façon dont l'homme modifie et continuera à modifier la composition de l'atmosphère.

### **Effet de serre et activités humaines : état des lieux et évolution future.**

Sans vouloir négliger l'importance des autres gaz à effet de serre, nous centrerons la discussion sur le gaz carbonique, non seulement parce que sa contribution à l'effet de serre additionnel est de loin la plus importante (60 %), mais aussi à cause de son temps de résidence très long dans l'atmosphère. Ceci implique que la maîtrise de l'évolution de cet effet de serre additionnel passe obligatoirement par un contrôle des émissions de gaz carbonique. Cette maîtrise est inscrite dans la CCNUCC, qui stipule que « l'objectif est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai convenable pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable ».

L'augmentation de la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère n'est que le reflet d'une perturbation beaucoup plus importante, qui affecte l'ensemble du fonctionnement de la planète Terre. Le carbone est en effet contenu dans chacun des compartiments de l'environnement terrestre : atmosphère, océan, biosphère, Terre interne. Dans l'atmosphère, on le trouve essentiellement sous forme de gaz carbonique. Sur les continents, on le trouve en profondeur dans les combustibles fossiles, et en surface dans la végétation et la matière organique des sols. Dans les océans, il est principalement sous forme de carbonates, en particulier dans le principal réservoir de carbone que constitue l'océan profond. Tous ces compartiments sont en équilibre entre eux grâce à des flux d'échanges permanents, comme par exemple la respiration et la photosynthèse entre l'atmosphère et la biosphère, les échanges gazeux entre l'atmosphère et les océans, ou l'assimilation du carbone par les microorganismes dans l'océan. Ce système complexe est équilibré à l'échelle des millénaires. Naturellement, lors de la transition entre une ère glaciaire et une période interglaciaire, les échanges entre compartiments de l'environnement terrestre se modifient et le système ne retrouve son équilibre qu'au bout de quelques siècles, voire quelques millénaires. Aujourd'hui, l'homme induit à son tour un tel déséquilibre par les sources d'émission additionnelles qu'il contribue à créer : combustion des carburants fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel), émissions dues aux pratiques agricoles, déforestation qui diminue la capacité de la végétation à piéger le gaz carbonique contenu dans l'atmosphère. Certes, cette perturbation due aux activités humaines reste relativement faible en termes de flux d'échange, puisqu'elle correspond à l'émission annuelle de 7 milliards de tonnes (GtC) de carbone vers l'atmosphère, dont la plus grande part (6 GtC) est liée à la combustion des carburants fossiles. En effet, les flux d'échange naturels

se chiffrent à l'équilibre en dizaine de milliards de tonnes. Mais cette amplitude est suffisante pour modifier les concentrations atmosphériques et, surtout, sa rapidité est inquiétante. Même si une partie (2,008 GtC) est absorbée par les océans, une autre, (1,919 GtC) par la végétation et les sols, ce sont en moyenne plus de 3 GtC de carbone qui, chaque année, s'accumulent dans l'atmosphère.

Qu'en est-il pour le futur ? Pour ce qui concerne les émissions, nous nous tournons vers les économistes, auxquels le GIEC a demandé de proposer différents scénarios prenant en compte celles de l'ensemble des gaz à effet de serre mais également des composés soufrés dont, nous l'avons vu, l'effet radiatif est négatif. Ces scénarios, au nombre de 40, sont établis en tenant compte de différentes possibilités vis-à-vis des développements démographiques et économiques futurs et des avancées technologiques qui peuvent raisonnablement être attendues. Nous ne les décrirons pas en détail mais, et ce n'est pas une surprise, le scénario auquel sont associées les émissions les plus élevées allie un développement économique rapide et une utilisation privilégiée des combustibles fossiles, tandis que les émissions les plus faibles correspondent à une économie de services et d'information avec une recherche optimale de techniques propres et d'efficacité énergétique. Dans le scénario maximum <sup>FIG.4</sup>, les émissions annuelles de gaz carbonique (un peu moins de 30 GtC) vont à la fin du siècle vers un quadruplement de leur valeur actuelle (7 GtC) tandis que, dans le scénario minimum, elles croissent légèrement puis reviennent à un niveau de 5 GtC. Les émissions des autres gaz, méthane et oxyde nitreux, sont également plus importantes dans le scénario maximum tandis que celles des composés soufrés diminuent dans presque tous les scénarios du fait des efforts importants entrepris depuis plusieurs années pour diminuer les causes de cette pollution.

L'étape suivante consiste à passer des émissions aux concentrations dans l'atmosphère à partir de modèles biogéochimiques. Pour le gaz carbonique, ceux-ci tiennent compte des puits océanique et biosphérique et de leur évolution, et du fait qu'une fois dans l'océan le carbone y reste de l'ordre d'un millier d'années tandis que le stockage par la végétation n'est que très transitoire (quelques dizaines d'années). Là non plus, pas de surprise : plus les émissions sont importantes, plus les concentrations deviennent élevées. Le scénario maximum nous entraînerait d'ici la fin du siècle vers des concentrations proches de 1 000 ppm pour le gaz carbonique (triplement), 3 ppm pour le méthane (doublement) et 0,45 ppm pour l'oxyde nitreux (+ 50%). Traduites en termes de forçage radiatif, celui-ci serait augmenté de 8 W m<sup>-2</sup>... Mais même le scénario minimum, celui pour lequel les émissions moyennes de gaz carbonique sont, au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, proches

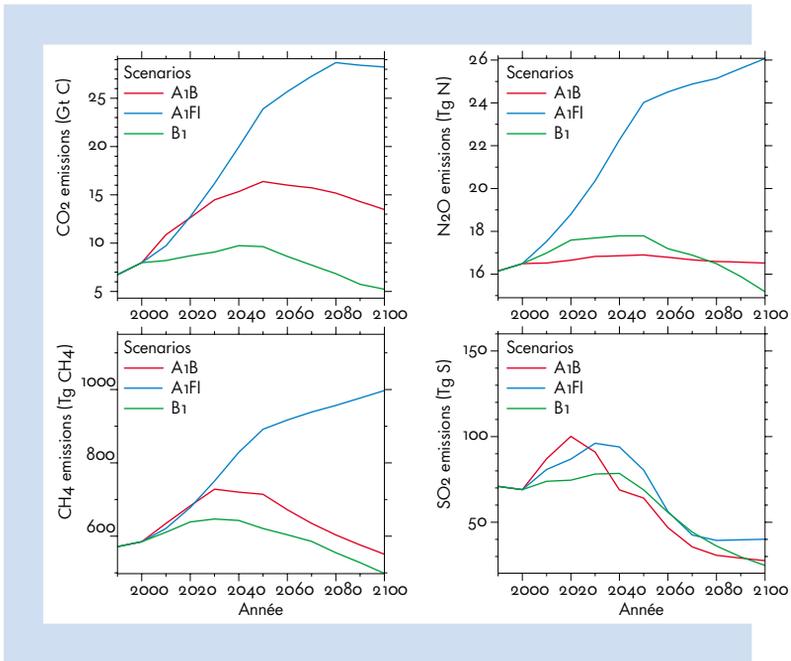


FIGURE 4. Émissions de gaz carbonique, méthane, oxyde nitreux et dioxyde de soufre pour trois des scénarios récemment proposés par le GIEC pour la période 1990-2100.

de leur niveau actuel, a des conséquences alarmantes avec, en 2100, une concentration supérieure à 500 ppm et, tenant compte de l'ensemble des composés, un forçage radiatif supplémentaire de près de  $3 \text{ W m}^{-2}$ .

Maintenir les émissions de gaz carbonique à un niveau constant ne suffit donc pas pour que sa concentration se stabilise alors que la stabilisation des émissions de gaz à courte durée de vie, tel que le méthane, se traduit en quelques décennies au niveau de leur concentration dans l'atmosphère. Nous touchons là un point essentiel qui explique pourquoi les scientifiques considèrent que le protocole de Kyoto, qui stipule une légère diminution des émissions de gaz carbonique, n'est qu'une étape, d'autant plus qu'en étaient dispensés les pays en voie de développement. Ceci étant, et nous y revenons plus en détail à la fin de cet article, c'est un premier pas indispensable, un passage obligé pour qu'ultérieurement puissent être mises en place des règles plus contraignantes. Et même si les règles édictées à Kyoto ont été assouplies au cours des COP successives, si les États-Unis, principal émetteur de gaz carbonique, refusent désormais toute contrainte, l'accord entériné à Marrakech représente toujours un bel espoir qui, s'il est ratifié à Johannesburg, sera salué comme un pas en avant prometteur.

Mais beaucoup reste à faire pour que l'objectif de stabilisation visé par la CCNUCC puisse un jour être atteint. Pour nous convaincre, adressons-nous, non pas aux économistes mais aux spécialistes du cycle du carbone. Pour que la concentration de gaz carbonique se stabilise, il faut que les émissions soient contrebalancées par les puits océanique et biosphérique. Ce que confirment les modèles. Quelle que soit la concentration visée, il faut qu'à un moment donné dans le futur, les émissions annuelles redescendent en dessous de leur valeur actuelle pour atteindre des valeurs de 2 à 3 GtC, voire moins. Si l'on se contente d'une stabilisation à 1 000 ppm, ce qui du point de vue du climatologue est complètement déraisonnable, il faudra néanmoins que les émissions n'excèdent jamais 15 GtC puis reviennent en dessous de leur niveau actuel dans deux siècles.

Une stabilisation à 550 ppm, soit déjà le double de la concentration préindustrielle, requiert que les émissions ne dépassent pas 12 GtC en 2040 puis redescendent à leur valeur actuelle vers 2100 et à environ 2 GtC à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Mais si nous nous assignons un objectif, plus raisonnable, de 450 ppm, c'est dès 2020 que les émissions doivent diminuer pour atteindre leur valeur actuelle en 2050 et moins de 3 GtC à la fin du siècle.

Certes, la photosynthèse est favorisée par l'augmentation de la concentration en gaz carbonique avec, à la clé, l'espoir d'un puits biosphérique de plus en plus important. Mais d'autres effets (augmentation de la décomposition de la matière organique des sols, répartition différente des espèces...) annihilent l'absorption supplémentaire résultant d'une croissance plus importante de la végétation. Ils vont même au-delà et l'on peut craindre que la végétation ne se transforme de puits de gaz carbonique en source... La capacité cumulée d'absorption de l'océan et de la biosphère risque en fait de diminuer à partir du milieu du XXI<sup>e</sup> siècle. Entre les 30 GtC du scénario maximum, celui pour lequel aucun effort n'est fait pour limiter l'effet de serre, et celui certainement souhaitable d'une stabilisation à une concentration pas trop éloignée de sa valeur actuelle, c'est donc, à terme, un effort de l'ordre d'un facteur 10 qu'il faut réaliser. Le fossé est immense...

Aujourd'hui, l'essentiel des émissions de gaz carbonique provient de l'utilisation des combustibles fossiles, qui correspond à environ 6 milliards de tonnes de carbone émises par an. La stabilisation des concentrations atmosphériques impliquerait une réduction des émissions de plus de 40 %. D'où l'ampleur du problème, puisque ce sont directement les modes de production de l'énergie qui sont ainsi mis en cause. Ceux-ci reposent en effet pour 40 % sur le pétrole, 20 % sur le gaz et 25 % sur le charbon. Il est intéressant ici de réfléchir à ce que pourrait être une répartition équitable des 2 à 3 milliards de tonnes auxquelles il faudrait revenir pour stabiliser

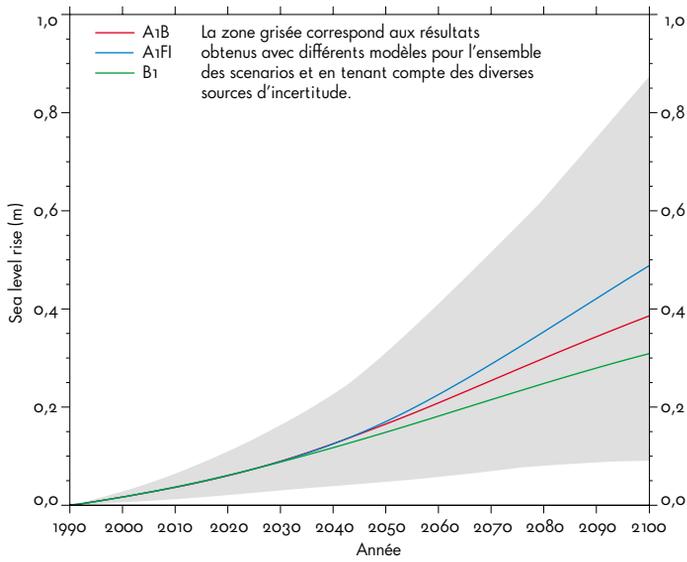
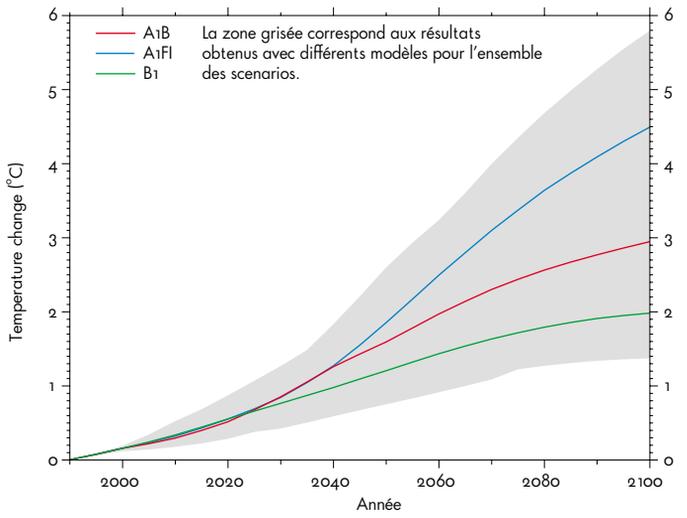


FIGURE 5. Prédiction, jusqu'en 2100, de l'augmentation de la température moyenne de la planète et du niveau de la mer pour différents scénarios proposés par le GIEC.

la concentration atmosphérique en gaz carbonique. Pour une population de 6 milliards d'habitants, chaque habitant de la Terre disposerait donc de 500 kilogrammes de carbone fossile par an. Ce chiffre représente environ 10 % des émissions actuelles d'un Américain, 15 % de celles d'un Allemand, 25 % de celles d'un Français, mais 120 % de celles d'un Indien et 200 % de celles d'un habitant de certains pays d'Afrique subsaharienne. On peut également noter que ce plafond est atteint par un seul aller et retour Paris – New York en avion ou l'utilisation de 2 tonnes de béton. L'effort à fournir pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre est donc immense et en tout cas incompatible avec une vision du développement fondé sur l'idée de consommer toujours plus. Face aux inégalités actuelles et à la nécessité de développement des pays émergents, la voie de sortie consiste vraisemblablement à faire en sorte que l'Inde et la Chine puissent se développer sans augmenter dans le futur leurs émissions de gaz à effet de serre, mais que, dans le même temps, les pays riches en émettent considérablement moins.

D'autant, nous l'avons vu, que le problème n'est pas seulement quantitatif et que la variable temps joue aussi sur le niveau de stabilisation, compte tenu notamment des constantes de temps mises en jeu, dans le cas du gaz carbonique, par les échanges avec les océans et la biosphère. Ainsi, les décisions que l'on prendra au cours des 15 ou 20 prochaines années fixeront les trajectoires, raisonnables ou plus catastrophiques, à l'échelle du XXI<sup>e</sup> siècle, et même des siècles suivants.

### **Quel futur pour les climats de la Terre ?**

Alors que l'étude des climats actuel et passé combine observations et simulations numériques, la prédiction de son évolution future ne peut faire appel qu'à la modélisation. Prenant en compte les différents scénarios évoqués ci-dessus, les modèles climatiques fixent une fourchette d'augmentation moyenne de la température à l'horizon 2100 comprise entre 1,4 °C et 5,8 °C <sup>FIG. 5</sup>. Ainsi, le XXI<sup>e</sup> siècle sera certainement un siècle de rupture, caractérisé par une transition extrêmement rapide et une amplification importante du réchauffement moyen comparé à celui observé au XX<sup>e</sup> siècle. L'amplitude de la fourchette tient à deux causes principales, dont chacune représente à peu près la moitié de l'incertitude. La première est bien évidemment notre connaissance imparfaite du système et l'imprécision relative des modèles déjà mise en évidence. La seconde est liée à la difficulté de prévoir nos comportements en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Ce réchauffement sera accompagné d'une augmentation du niveau de la mer, largement liée à la dilatation de l'océan et dont l'estimation est comprise entre 9 et 88 cm.

Un aspect que met en exergue le troisième rapport du GIEC concerne l'inertie du système <sup>FIG.6</sup>. Nous l'avons discuté pour ce qui concerne le lien entre concentration atmosphérique et émissions de gaz carbonique. Il intervient également pour la température et, encore plus, pour le niveau de la mer. Plaçons-nous à un moment dans le futur où les concentrations auront été stabilisées. La température moyenne de la planète va cependant continuer à augmenter avec, suivant les cas, de 50 à 90 % du réchauffement réalisé, ceci à cause de l'inertie de l'océan de surface qui met du temps à s'équilibrer avec l'atmosphère. Suivant le niveau de stabilisation de l'effet de serre, la température, une fois l'équilibre atteint, pourrait avoir augmenté de 3 à 8°C. Pour le niveau de la mer, l'inertie est beaucoup plus grande car c'est l'océan dans son ensemble qui est impliqué dans le processus de dilatation thermique. Une fois les concentrations en gaz carbonique à l'équilibre, le niveau de la mer continue à monter de façon quasi linéaire pendant plusieurs siècles: s'il est monté de 50 cm à la fin du siècle, il passera à plus de 2 mètres au milieu du millénaire. S'y ajoute le risque non négligeable que la calotte du Groenland, située dans une région de haute latitude dans laquelle le réchauffement est amplifié, ne commence à fondre et contribue de quelques mètres supplémentaires à l'élévation du niveau des mers. Même dans le cas d'une politique très volontariste conduisant à la stabilisation de l'effet de serre, on peut donc raisonnablement craindre, à l'échéance de quelques siècles, des augmentations de température de l'ordre de celles qui ont accompagné le passage d'une période glaciaire à une période interglaciaire et une montée du niveau de la mer qui pourrait atteindre 5 mètres. Nul besoin, devant ces chiffres, d'insister sur l'absolue nécessité d'une politique de réduction des émissions.

De plus, ces indicateurs correspondent à des valeurs moyennes dont l'estimation est largement basée sur l'utilisation de modèles simples qui seuls permettent d'examiner l'ensemble des scénarios. Mais, comme tout système subissant une perturbation, le système climatique est également soumis à une variabilité accrue autour de ces valeurs moyennes. Celle-ci peut alors se traduire par une augmentation de la fréquence des événements extrêmes: périodes plus chaudes ou plus froides, pluviosité accrue ou sécheresse intense, renforcement des tempêtes. Elle implique également une modification des phénomènes qui régissent la variabilité naturelle du climat aux échelles de temps interannuelles. Ceux-ci ressortent principalement d'interactions entre les océans et l'atmosphère, à l'exemple du phénomène El Niño qui affecte régulièrement, tous les deux à quatre ans, l'océan Pacifique tropical. Il est caractérisé par un déplacement des eaux chaudes de surface de l'ouest vers l'est du Pacifique et entraîne une modification importante des régimes de précipitations sur ces régions. Il engendre ainsi des sécheresses redoutables

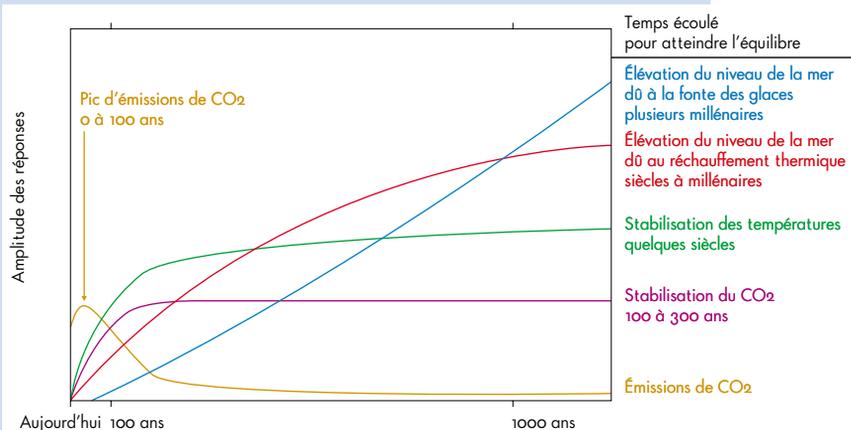


FIGURE 6. Cette figure illustre l'inertie de différentes composantes du système climatique.

en Australie, en Indonésie et dans le Nordeste brésilien, et des inondations violentes au Pérou, en Argentine et jusqu'en Californie. Les événements El Niño observés récemment semblent montrer que l'intensité de ce phénomène s'accroît dans un climat plus chaud.

C'est une difficulté supplémentaire que de prévoir ces changements climatiques aux échelles pertinentes des phénomènes, du local au régional. Ceci ne peut se faire que grâce à l'outil de modélisation et de simulation du système de l'environnement terrestre qui a été développé au cours des vingt dernières années. C'est un outil extrêmement complexe puisqu'il s'agit, sur la base des lois de la physique, de la dynamique et de la chimie, de simuler le comportement des différents compartiments de l'environnement : océan, atmosphère, biosphères terrestre et marine, cryosphère. Ces modèles sont d'autant plus complexes qu'ils doivent non seulement rendre compte du comportement de chaque compartiment, mais également des couplages qui les lient entre eux. Ils sont bien sûr loin d'être parfaits, et ce pour deux raisons essentielles.

La première est que notre compréhension du fonctionnement de l'ensemble du système reste incomplète. La seconde tient au fait que les modèles ne peuvent simuler ce fonctionnement avec la résolution quasi infinie qu'impliquerait la prise en compte des échelles les plus fines des phénomènes mis en jeu (résolution spatiale de l'ordre du centimètre ou moins, et résolution temporelle supérieure à la seconde). Ils ont aujourd'hui des mailles de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres et des échelles

de temps de l'ordre de quelques jours, voire du mois. Ceci suppose donc que les phénomènes d'échelles plus courtes spatialement et plus rapides temporellement soient paramétrés, ce qui constitue une importante source d'incertitude. Une des difficultés essentielles étant l'extrême hétérogénéité des échelles spatiales et temporelles, et notamment le fait que la différenciation des processus sur les échelles verticales s'opère sur des distances beaucoup plus faibles que sur la dimension horizontale. Une variation d'altitude de quelques dizaines de mètres dans l'océan ou l'atmosphère induit des différences extrêmement importantes. Dans ce contexte, une étape importante reste la validation de ces modèles qui prend en compte l'ensemble des données dont nous pouvons aujourd'hui disposer. Ces validations se fondent aussi bien sur la comparaison avec les observations actuelles que sur la reconstitution des climats du passé.

### **Les conséquences du changement climatique.**

Une difficulté supplémentaire survient lorsque l'on veut prévoir les conséquences potentielles d'un changement climatique. Pour que ces prévisions aient un sens et puissent déboucher sur des mesures d'adaptation ou de correction, celles-ci doivent être évaluées à des échelles d'espace au moins régionales, voire locales. Or, en règle générale, les modèles les plus performants ne s'accordent que sur des fourchettes d'évolution des valeurs moyennes. Leur accord est moins bon dès lors qu'il s'agit de quantifier la variabilité climatique dans le temps et dans l'espace. Pour la température à la surface du globe, les modèles convergent pour montrer que le réchauffement sera plus intense dans les régions de hautes latitudes, en particulier dans l'hémisphère nord. Mais, lorsque l'on s'intéresse aux précipitations, si tous les modèles prévoient une intensification du cycle de l'eau, avec des précipitations accrues dans les régions des hautes et moyennes latitudes, et des périodes plus sèches dans les régions tropicales et des basses latitudes, la limite entre ces deux régimes reste pour le moins difficile à préciser. Pour rendre compte de cette incertitude, on pourrait dire « qu'il pleuvra plus au nord et moins au sud d'une ligne passant par le centre de la France à 1 500 km près » ! Ce qui, on en conviendra, laisse une certaine marge de manœuvre pour l'aménagement du territoire métropolitain...

Néanmoins, un certain nombre de conséquences potentielles du changement climatique peuvent d'ores et déjà être mises en avant, de façon plus ou moins précise. Si la Terre se réchauffe en moyenne, les isothermes vont se déplacer, entraînant des modifications des écosystèmes : mutations des grands types de végétation avec, en particulier, un recul des surfaces boisées, sécheresse accrue dans les latitudes tropicales et risque de conditions extrêmes. En outre, certains écosystèmes assez fragiles seront

particulièrement sensibles aux changements climatiques, et notamment les écosystèmes de montagne et les écosystèmes côtiers. Dans ce dernier cas, l'effet conjugué de variations climatiques locales et de l'élévation du niveau des mers peut avoir des conséquences importantes si l'on se souvient qu'une grande partie de la population du monde vit à proximité des côtes, et notamment dans les deltas des grands fleuves. En ce qui concerne la France, il est difficile, compte tenu des incertitudes déjà citées, de prévoir les conséquences à l'échelle régionale d'un changement climatique. Le climat sera vraisemblablement plus sec au sud, et plus pluvieux au nord. Les événements extrêmes comme les tempêtes pourraient être plus fréquents, et l'enneigement diminuer sur les reliefs alpins.

Comme nous l'avons déjà noté, tous les modèles montrent qu'en dehors de la valeur moyenne, c'est la variabilité du climat qui risque de s'amplifier au cours des prochaines décennies. Celle-ci dépend pour une large part des couplages entre les différents compartiments du système Terre et est donc d'autant plus difficile à prévoir avec précision. Il est cependant très probable que les régions désertiques et subdésertiques seront particulièrement concernées. Autrement dit, certains des pays en voie de développement, qui doivent déjà faire face à des problèmes difficiles d'alimentation, risquent à nouveau d'être perdants dans la perspective d'un changement climatique. Une autre difficulté tient au fait que, dans cet effort d'appréciation du futur, les données du passé ne sont pas suffisamment précises pour nous apporter des éléments de réponse. Une référence pourrait ainsi être la période de l'optimum climatique de l'holocène, voici environ 8000 ans, quand les températures étaient en moyenne supérieures de 2 °C à 3 °C aux valeurs actuelles. La France était alors une gigantesque forêt avec des types de végétations variés. Mais les conditions étaient également trop différentes en termes d'occupation des sols pour que l'on puisse en tirer quelque conséquence que ce soit. Ce que nous confirment en revanche ces reconstitutions du passé, c'est qu'un écart de température de quelques degrés en valeur moyenne suffit à modifier complètement la nature des écosystèmes.

L'approche des changements climatiques ne peut pas non plus se limiter à une simple extrapolation linéaire des évolutions actuelles à l'échelle des décennies ou des siècles. Nous ne sommes probablement pas à l'abri d'une « surprise » plus rapide, liée au caractère non linéaire des couplages entre les océans, l'atmosphère et la biosphère. Un tel effet non linéaire s'est déjà produit dans l'atmosphère sous la forme du « trou d'ozone » dans l'Antarctique. Dans le cas du changement climatique, l'exemple d'un ralentissement du Gulf Stream est parfois mis en avant. Le Gulf Stream est ce courant chaud qui amène sur l'Europe de l'Ouest de l'énergie thermique

en provenance des zones équatoriales et tropicales et qui nous permet d'avoir un climat largement plus doux que celui de nos amis canadiens, qui sont pourtant situés aux mêmes latitudes. Il est lié et alimenté par la plongée des eaux dans les hautes latitudes de l'océan Arctique Nord. Or, si la fonte des glaces de mer dans cette région, qui semble s'accélérer au cours des dernières décennies, n'a pas d'influence sur le niveau des mers, en revanche, elle diminue la salinité de l'océan puisqu'elles sont constituées d'eau douce. Comme la salinité est l'un des facteurs qui détermine précisément la plongée des eaux vers les profondeurs, sa diminution pourrait conduire à un ralentissement du courant. On sait que cette situation d'absence du Gulf Stream s'est déjà produite plusieurs fois dans le passé, à l'échelle de centaines de milliers d'années. En effet, on retrouve dans les sédiments le témoignage de périodes beaucoup plus froides. Dans le cas présent, un tel basculement pourrait s'opérer en quelques décennies, et nous obliger à nous adapter rapidement à un climat analogue à celui du Québec. Ainsi, le réchauffement moyen de la Terre risquerait de conduire, du fait d'une instabilité climatique, à un refroidissement rapide de certaines régions. Ce risque n'est cependant pas confirmé par les modèles couplés les plus complexes. En cas de réchauffement climatique, ceux-ci prédisent bien un ralentissement du Gulf Stream lié à l'accroissement de l'évaporation dans les régions tropicales auquel sont associées des précipitations supplémentaires dans l'Atlantique Nord. Cependant, c'est un moindre réchauffement, plutôt qu'un refroidissement, qui est alors prédit sur l'Europe de l'Ouest.

Un groupe de travail du GIEC s'est également intéressé aux conséquences des changements climatiques sur la santé humaine. Il importe, dès le départ, de noter que leur appréciation reste largement de l'ordre du qualitatif. Les premières conséquences pourraient être liées à la recrudescence de phénomènes extrêmes comme les cyclones, les inondations ou les vagues de chaleur. En revanche, la fréquence des périodes très froides pourrait diminuer à nos latitudes. On peut ensuite penser à des effets secondaires : par exemple, une fréquence accrue des périodes sèches peut entraîner des phénomènes d'érosion, et donc une mise en suspension plus importante de poussières et de pollens dans l'atmosphère augmentant les risques d'allergie. Des maladies infectieuses comme le paludisme, la fièvre dengue, la fièvre jaune, ou les encéphalites risquent de connaître, dans les zones de basse et moyenne latitudes, une recrudescence liée à l'augmentation de la température moyenne et à la possibilité de remontée des maladies tropicales vers des régions plus septentrionales. D'autres facteurs peuvent également influencer sur la santé humaine, comme la diminution du rendement des productions agricoles, en particulier dans les zones tropicales, avec l'occurrence de périodes de sécheresse plus aigües et des problèmes exacerbés de malnutrition

et de famine. Il est enfin pour le moins évident que la vulnérabilité des populations sera directement fonction de leurs ressources naturelles, de leurs ressources techniques et sociales, et on peut donc légitimement penser que ce seront à nouveau les populations les plus fragiles qui auront à subir, en termes d'alimentation et de santé, les conséquences maximales des changements climatiques.

### **Changement climatique, énergie et développement durable.**

Il est évident que les climatologues ne peuvent pas « guérir » le climat. Compte tenu des incertitudes actuelles, très importantes, sur le fonctionnement même du système de l'environnement terrestre, toute tentative de réparation fondée sur une modification anthropique de tel ou tel processus climatique s'apparenterait à un jeu d'apprenti sorcier. La seule façon que nous ayons aujourd'hui de diminuer les effets de la perturbation anthropique est d'en limiter l'amplitude. Il nous faut donc réfléchir à une maîtrise raisonnée des émissions de gaz à effet de serre, qui renvoie immédiatement au problème des sources d'énergie et du développement durable.

La prise de conscience de l'ampleur du problème à l'échelle mondiale remonte seulement au début des années 1990 avec la signature de la convention de Rio de Janeiro sur le changement climatique. Un protocole de réduction des émissions a ensuite été signé à Kyoto, en 1997, qui prévoit un objectif moyen de réduction des émissions de -5 % en 2008-2012 par rapport au niveau atteint en 1990. Nous sommes effectivement loin de la réduction de 40 % nécessaire pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, mais les premières mesures sont souvent les plus difficiles à prendre. De plus, il faut tenir compte du fait que la prolongation des tendances d'accroissement annuel des émissions observées dans les années 1980 conduirait à des émissions en 2010 supérieures de 30 % à 40 % à celles de 1990. C'est donc bien une véritable rupture qu'implique le protocole de Kyoto. Ses objectifs sont modulés suivant les différents pays. Les engagements des États-Unis sont ainsi de -7%, ceux de la Russie de 0%, du Japon de -6% et de l'Union européenne de -8%. Dans la bulle européenne, l'objectif fixé à la France est de 0 %, celui de l'Allemagne de -21%, celui du Royaume-Uni de -12,5 %, alors que le Portugal et la Grèce peuvent augmenter leurs émissions de 25 % et l'Espagne de 15 %. Les pays en voie de développement, notamment la Chine et l'Inde, ne sont pas pour l'instant concernés par ces réductions.

La France occupe une position particulière dans ces négociations, liée au fait que la majeure partie de l'énergie électrique est issue de modes de production qui ne sont pas fondés sur l'utilisation des combustibles fossiles : le nucléaire pour 80 %, l'hydroélectrique pour environ 15 %.

De ce fait, la principale contribution aux émissions de gaz à effet de serre vient des activités agricoles (45 millions de tonnes), dont l'essentiel résulte directement ou indirectement de l'élevage. En effet, en bilan consolidé (*L'effet de serre*, H. Le Treut et J.-M. Jancovici, Flammarion, 2001), la production d'une tonne de blé revient à émettre 110 kilogrammes d'équivalent-carbone, alors que la production d'une tonne de viande correspond à l'émission de 8 tonnes d'équivalent carbone. Les émissions directes des procédés industriels correspondent à la seconde source d'émissions de gaz à effet de serre (35 millions de tonnes), puis viennent la consommation des ménages (25 millions de tonnes) et les transports (25 millions de tonnes). En fait, les émissions de gaz à effet de serre ont diminué en France entre 1970 et 1990 du fait du développement de l'énergie nucléaire, en particulier dans les secteurs déjà cités de la transformation de l'énergie et de l'industrie. Ceci explique que notre pays ait, au sein de la bulle européenne, un objectif affiché de stabilisation des émissions en 2008-2012 par rapport au niveau atteint en 1990. Celui-ci reste néanmoins difficile à atteindre, dans la mesure où, des efforts importants ayant déjà été faits dans le domaine des modes de production énergétique et de l'efficacité des processus industriels, la flexibilité principale reste liée à notre capacité à stabiliser les émissions dans les secteurs du transport et de la consommation des ménages, qui ont fortement tendance à augmenter. Ce problème met donc en cause les modes de vie de chacun d'entre nous.

Quatre ans après sa négociation, le protocole de Kyoto n'est toujours pas ratifié, même si les accords entérinés à Bonn puis à Marrakech en 2001 laissent espérer une ratification prochaine. L'entrée en vigueur du protocole requiert en effet qu'un ensemble de pays représentant plus de 55 % des émissions de gaz à effet de serre s'engagent dans le processus. Le refus des États-Unis de ratifier le protocole de Kyoto impose alors que l'Union européenne, la Russie, le Japon et le Canada ou l'Australie soient parmi les signataires, ce qui semble aujourd'hui acquis. Mais la position des États-Unis, principaux émetteurs de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale, pose les conditions d'une réduction rapide des émissions, malgré le volontarisme affiché par les autres pays. Il est plus que probable que les objectifs, même modestes, fixés par le protocole de Kyoto pour la période de référence 2008-2012 ne seront pas atteints. Aujourd'hui, l'Union européenne n'a réduit ses émissions que de -1 %. Quant aux États-Unis, dont l'objectif est de +7 %, ils en sont à +20 % par rapport à l'année de référence 1990. Seul les Pays de l'Est et la Russie ont d'ores et déjà réussi à remplir leurs objectifs, du fait du ralentissement majeur de leur économie au cours des années 1990, qui se traduit par une baisse des émissions de 38 %. Ce qui, dans le cadre de la mise en œuvre d'un marché mondial de permis

d'émission, excite bien des convoitises. Cette difficulté qu'ont les principaux pays à se conformer aux objectifs du protocole n'est d'ailleurs pas indépendante des positions affichées aujourd'hui quant à sa ratification.

En ce qui concerne les pays en développement, les mécanismes mis en œuvre dans le cadre de la convention de Rio de Janeiro et du protocole de Kyoto, notamment ceux liés au développement propre, portent l'espoir d'une solution raisonnable à moyen terme.

La ratification du protocole de Kyoto est certainement une première étape nécessaire si l'on considère que de notre capacité à prendre rapidement les décisions qui s'imposent dépendra pour une large part l'avenir des générations futures. C'est tout l'enjeu d'un développement durable à l'échelle de la planète, qui ne saurait laisser de côté les pays en voie de développement. Il implique un changement décisif de nos modes de vie et de consommation et une volonté partagée par une large part de l'humanité. C'est un enjeu politique déterminant pour le *xxi*<sup>e</sup> siècle.

# Controverses sur les puits de carbone.

**Bruno Locatelli**

*Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)*

**Cyril Loisel**

*Office national des forêts (ONF)*

**Introduction.** Les controverses sur les puits reflètent des incertitudes scientifiques, mais aussi des divergences de points de vue. Les opposants aux puits, que ce soient des scientifiques, des politiques ou des ONG refusent qu'ils soient pris en compte au même rang que les autres efforts de lutte contre le changement climatique.

Généralement, deux grandes approches de limitation des gaz à effet de serre sont envisagées : la réduction de la source principale qui est la combustion de carbone fossile (pétrole, gaz et charbon minéral) et le stockage de l'excédent de CO<sub>2</sub> dans les puits. Les opposants aux puits voient cette dernière approche comme une échappatoire, la vraie cause à contrecarrer étant les émissions par le carbone fossile. Les promoteurs disent que c'est une solution pour limiter rapidement et à coût raisonnable les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ils disent également que les deux approches sont complémentaires.

Au niveau de la politique internationale, les négociations ont montré un antagonisme fort entre le groupe de « l'ombrelle » (Canada, États Unis, Japon, Fédération de Russie, Australie, Nouvelle Zélande, Norvège, Islande et Ukraine) qui cherche à imposer l'inclusion des puits et l'Europe qui est prudente sur la question, voire opposée. Les pays du Sud sont divisés sur ce sujet ; parmi eux, les petits pays insulaires (rassemblés dans le groupe AOSIS *Alliance of Small Island States*) y sont opposés.

Les controverses portent sur les puits en tant qu'objets politiques, c'est-à-dire sur l'inclusion des puits dans le Protocole de Kyoto. Mais elles se servent de résultats scientifiques sur les puits, objets physiques. La distinction entre la définition physique et la définition politique des puits est souvent insuffisante, ce qui contribue à brouiller le débat.

**Qu'est ce qu'un puits de carbone?** *Un puits de carbone se définit comme un réservoir de carbone qui, pendant une période donnée de temps, absorbe globalement plus de carbone qu'il n'en rejette. Le contraire d'un puits est une source. Les océans et la biosphère continentale peuvent être des puits de carbone. Nous nous intéressons ici à la biosphère continentale seulement.*

Les deux grandeurs physiques associées sont le stock et le flux de carbone. Le stock caractérise les réservoirs alors que les puits sont définis par des stocks croissants ou des flux positifs de l'atmosphère vers la biosphère.

**Le puits, objet physique.** Le terme de puits de carbone peut caractériser un objet physique à des échelles différentes, depuis la parcelle forestière jusqu'à la biosphère globale. Par exemple, une plantation, une forêt en croissance et l'ensemble de la biosphère continentale sont des puits.

À l'échelle mondiale, la biosphère terrestre constitue actuellement un puits de carbone qui absorbe chaque année environ 2,3 milliards de tonnes de carbone<sup>FIG. 1</sup>.

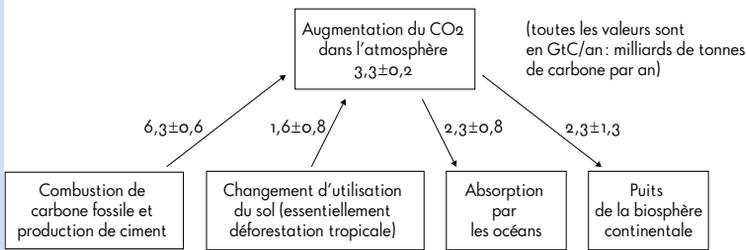


FIGURE 1. Flux de carbone entre l'atmosphère, les océans et la biosphère continentale pour la période 1989-1998 (d'après Watson *et al.*, 2000)

**Le puits, objet politique.** Le puits peut être défini de façon politique, par rapport au Protocole de Kyoto. Lors des négociations internationales sur le changement climatique, les questions relatives à la prise en compte des émissions et absorptions de carbone liées à l'utilisation des sols et à la sylviculture forment un sujet de négociation en soi, désigné par l'acronyme LULUCF (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*), ou plus communément par « les puits ».

La définition politique du puits concerne deux échelles spatiales différentes. La première échelle est macroscopique : il s'agit de la biosphère à l'échelle nationale, qui interviendra dans la comptabilité nationale des pays ayant pris des engagements de réduction (les pays industrialisés ou « pays de l'Annexe I »). Ce ne sont pas les flux de carbone de l'objet physique dans sa totalité qui seront pris en compte, mais seulement les flux causés par certaines activités humaines. D'après l'article 3.3 du Protocole de Kyoto, ces activités sont le boisement, le reboisement et le déboisement. D'après l'article 3.4, d'autres activités peuvent être incluses, comme certaines activités de gestion forestière. Le stockage de carbone compté sous cet article doit résulter d'activités anthropiques ayant eu lieu depuis 1990. Outre l'absence de précision sur le type d'activités concernées, un autre problème réside

dans le caractère anthropique. La séparation entre la part du puits due aux activités humaines récentes et celle due à la nature n'est pas toujours scientifiquement réalisable. L'existence de cet article peut s'expliquer par le fait que certains pays avait donné leur accord sur l'engagement de Kyoto à condition qu'une part significative de puits soit prise en compte.

La seconde échelle est locale, il s'agit de projets puits, comme des plantations ou des forêts gérées. Ces projets interviendront dans le Protocole par le biais de deux mécanismes : le Mécanisme pour un Développement Propre pour des projets dans les pays du Sud et la Mise en Œuvre Conjointe pour des projets dans les pays de l'Annexe I.

C'est seulement par le biais du MDP (Mécanisme pour un Développement Propre) que les puits tropicaux seront intégrés à la lutte contre le changement climatique.

Sans intervention humaine, une forêt ou une plantation absorbe du carbone pendant sa croissance : c'est un puits <sup>FIG.2</sup>. Ensuite, lorsqu'elle arrive à maturité, on considère généralement qu'elle est à peu près à l'équilibre. Elle prélève à peu près autant de carbone qu'elle en émet dans l'atmosphère : le puits est dit faible ou inactif (voir figure suivante).

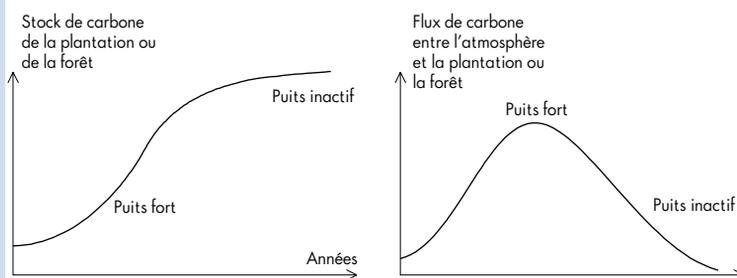


FIGURE 2. Modèle simplifié des stocks et flux de carbone dans une forêt plantée

En réalité, une forêt mature peut être soit un puits, soit une source mais faible en comparaison avec un puits actif. La critique qu'apportent tous les forestiers est qu'une plantation ou une forêt gérée n'a pas pour vocation à rester dans un état mature. Elle doit être exploitée et renouvelée. Après une exploitation durable, l'écosystème forestier reconstruit son stock en redevenant un puits actif. Le bilan de l'exploitation en terme de carbone dépendra du devenir des produits. Si tout le bois est abandonné ou non valorisé, le bilan sera négatif. Cependant, si le bois est utilisé comme matériau ou comme énergie, le bilan peut être positif, en particulier si la valorisation énergétique évite la consommation de carbone fossile.

Les articles de mai 2001 dans *Nature*: l'effet fertilisateur du  $\text{CO}_2$ . En 1996, plus de 3000 textes scientifiques avaient déjà été publiés à propos de l'effet de l'augmentation du  $\text{CO}_2$  sur les plantes (d'après ProClim-OcCC, Forum sur le climat et le changement global, Académie Suisse des Sciences Naturelles). Par exemple, Bazzaz *et al.* (1990) montrent que, suivant les espèces, une atmosphère enrichie en  $\text{CO}_2$  entraîne une augmentation ou une diminution de la biomasse des arbres. Conroy *et al.* (1990) montrent que l'effet fertilisant du  $\text{CO}_2$  sera positif ou négatif suivant les sols et la pluviométrie.

Les études publiées dans *Nature* en mai 2001 sont intéressantes car elles portent sur une forêt réelle et non sur des microcosmes comme la plupart des études précédentes. Les résultats confirment que l'effet dopant de l'excédent de  $\text{CO}_2$  pour les végétaux, observé actuellement, n'est que transitoire. Ils montrent que les excès de carbone dans l'atmosphère ne seront pas absorbés par la biosphère dont la croissance serait dopée. Par contre, l'étude ne remet pas en cause le fait qu'une plantation ou une forêt en croissance est un puits de carbone qui réduit le carbone de l'atmosphère. Or, c'est justement ainsi que le message est quelquefois interprété.

*L'accent est mis sur l'effet fertilisateur du  $\text{CO}_2$  et on oublie la simple croissance des plantations ou des forêts. Une plantation qui croît sera toujours un puits de carbone, qu'elle soit ou non stimulée par un taux élevé de  $\text{CO}_2$ .*

**Les puits: des solutions limitées et temporaires.** Les opposants aux puits avancent que cette solution est limitée dans l'espace et le temps. D'abord, les surfaces disponibles sur Terre sont restreintes et ne permettront pas d'absorber les émissions par consommation de carbone fossile. Ensuite, le stockage dans les puits est temporaire. La permanence d'un puits peut être mise en péril par de nombreux facteurs physiques (feux, ravageurs), politiques ou économiques. Enfin, même si le stockage était permanent, les puits de carbone ne feraient que remettre à plus tard le problème de réduction des émissions. Un jour ou l'autre, les puits seraient saturés et n'absorbent plus de carbone.

En effet, les puits représentent une solution limitée mais qui permet de « gagner du temps », comme l'explique Bernard Saugier dans *Le Monde* (daté du 10 novembre 2000). Du point de vue des politiques nationales, les activités « puits » peuvent être plus rapidement mises en oeuvre que des changements de technologies d'énergie ou de transport.

La solution des puits ne peut pas remplacer une réduction des gaz à effet de serre à la source. Quant à la question de la permanence du stockage, elle peut être prise en compte dans les comptabilités nationales ou les mécanismes du Protocole de Kyoto. Si un puits de carbone est détruit, les émissions correspondantes seront mesurées. Non seulement le puits ne pourra plus être utilisé pour compenser des émissions, mais les quantités créditées antérieurement pour la séquestration

de carbone seront débitées, pour refléter le fait que le carbone est retourné dans l'atmosphère.

Pour le MDP (Mécanisme pour un Développement Propre), des possibilités ont été évoquées, comme les Crédits Temporaires: le stockage dans un puits donnerait lieu à l'émission d'un crédit-carbone temporaire, à période de validité limitée. Cette période de validité pourrait être prolongée si la séquestration perdure.

La critique de la saturation des puits a déjà été évoquée précédemment : une exploitation raisonnée et une valorisation des produits peuvent réactiver le puits et éviter des émissions grâce à la substitution énergétique.

**La mesure, l'additionnalité et les fuites.** Les opposants aux puits mettent en avant le risque d'impliquer dans la lutte contre le changement climatique des puits dont on ne peut évaluer la contribution réelle. Estimer la contribution réelle d'un puits revient à mesurer la quantité de carbone, à évaluer l'additionnalité du stockage et à estimer les effets induits.

D'après les opposants aux puits, les scientifiques ne savent pas *mesurer* le carbone absorbé par un puits, ni estimer combien d'émissions de CO<sub>2</sub> sont compensées par un puits. Actuellement, de nombreuses recherches sont en cours sur les mesures de flux ou de stock de carbone ainsi que sur la dynamique du carbone dans les écosystèmes (voir Watson *et al.*, 2000<sup>1</sup>). Il est possible d'évaluer des stockages de carbone, avec différentes méthodes, plus ou moins précises et coûteuses.

D'autres critiques des puits portent sur l'additionnalité et les fuites des projets puits dans le cadre du MDP (Mécanisme pour un Développement Propre). En raison des processus socio-économiques avec lesquels interagit un projet, il est difficile de connaître l'effet véritable d'un projet sur les gaz à effet de serre. Deux questions se posent.

La première concerne *l'additionnalité*: le projet n'aurait-il pas existé de toutes façons, même sans MDP ? La deuxième concerne *les fuites*: le projet n'induit-il pas davantage de déforestation (ou d'émissions de carbone en général) en dehors du périmètre du projet ? Par exemple, si un projet de plantation exclut des populations d'une terre à vocation agricole, celles-ci vont probablement aller déboiser d'autres terres. Le bilan des gaz à effet de serre peut alors être négatif. Ces critiques portent sur les modalités de mise en œuvre des projets puits ou des projets MDP en général. Pour évaluer l'additionnalité d'un projet, il faut comparer son stockage de carbone à celui d'un scénario de référence (*baseline*), qui représente ce qui se serait vraisemblablement passé sans projet.

1 Rapport spécial du GIECC sur « Land Use, Land Use Change and Forestry ».

2 « Sinks can be deployed relatively rapidly at moderate cost and thus could play a useful bridging role while new energy technologies are developed. There is no difference in climatological effect between CO<sub>2</sub> taken up by the land and CO<sub>2</sub> reductions due to other causes ».

Des enjeux forts reposent sur ces méthodes : si les critères d'éligibilité sont trop stricts, les puits risquent de n'attirer aucun investissement MDP. S'ils sont trop souples, des risques pèsent sur l'intégrité environnementale du Protocole de Kyoto.

**Les puits auront-ils des effets négatifs sur le développement durable ?** Les opposants craignent les effets négatifs des puits, outre ceux sur les gaz à effet de serre. Selon eux, les puits présentent des risques pour le développement et l'environnement local. La création de vastes puits de carbone pourrait geler des terres au détriment des populations locales. Certaines ONG dénoncent les problèmes d'éthique ou d'équité Nord/Sud que pose le MDP forestier.

Pour les illustrer, le « World Rainforest Movement » (Lohmann, 2000) utilise l'image de communautés du Sud qui seraient chassées de leur terre par de l'exploitation pétrolière alimentant des consommateurs du Nord, puis chassées à nouveau par des puits de carbone qui compenseraient les émissions de ces mêmes consommateurs. Le terme de « CO<sub>2</sub>lonialisme » est apparu récemment.

Selon les opposants, les ressources en eau ou en terres pourraient être dégradées par des plantations à grande échelle. La transformation d'écosystèmes en puits gérés entraînerait une perte de biodiversité. De nombreuses ONG craignent le développement de grandes surfaces de plantations monospécifiques en remplacement des forêts naturelles. Par exemple, le WWF (World Wide Fund for Nature) dénonce les effets sur la forêt de certaines plantations à vocation de séquestration de carbone (Cadman, 2001).

Les promoteurs des puits disent au contraire que les conséquences sur le développement et l'environnement seront positives, en utilisant exactement les mêmes arguments mais dans l'autre sens : des projets de reconstitution du couvert boisé auront des effets positifs sur les sols et les régimes hydrologiques. Les activités de reforestation et les écosystèmes reconstitués créeront des emplois, des revenus et des ressources naturelles pour les populations locales.

Qui dit vrai ? Les deux probablement. Les projets forestiers ayant tendance à occuper plus d'espace et à concerner plus de monde que des projets de changement de source d'énergie, on ne peut nier qu'ils auront dans l'ensemble des impacts plus forts sur l'environnement et le développement local, que ces impacts soient positifs ou négatifs.

**Les puits vont-ils diluer les efforts de réduction des émissions ?** Les opposants craignent que les puits diluent les efforts de réduction des émissions. Les activités « puits » risquent de détourner des fonds qui auraient pu servir à d'autres politiques de lutte contre le changement climatique, comme le développement des énergies renouvelables ou de programmes d'efficacité énergétique.

Concrètement, certains opposants prévoient que l'utilisation des puits va faire baisser la valeur de la tonne de carbone sur un marché international de permis

d'émission et que ceci n'incitera pas les industriels du Nord à limiter les émissions. Notons que le même argument est utilisé dans l'autre sens par les promoteurs. Ces derniers disent que les puits permettront de faire baisser les coûts de réduction des émissions, en attendant que des nouvelles technologies propres soient développées dans le secteur de l'énergie et des transports (Noble & Scholes, 2001<sup>2</sup>).

La vraie question porte sur les intérêts relatifs des deux stratégies : investir massivement dès aujourd'hui dans la séquestration de carbone ou concentrer les efforts sur l'inflexion de la croissance des émissions de carbone fossile. La séquestration temporaire est économiquement intéressante si les coûts marginaux des dommages du changement climatique sont élevés (Lecocq et Chomitz, 2001). En d'autres termes, si la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère est proche d'un « seuil limite » à partir duquel le changement climatique va avoir des conséquences coûteuses, la séquestration (même temporaire) est très souhaitable pour « construire un pont au dessus de l'abîme ». Dans le cas contraire, la priorité reste aux changements de comportements et de technologies pour infléchir la croissance des émissions de carbone fossile. Cette approche théorique peut difficilement se traduire en orientations politiques : le problème reste de quantifier l'évolution des dommages marginaux du changement climatique.

Les controverses sur les puits de carbone, ou sur le changement climatique en général, ont accompagné et accompagneront encore les négociations internationales sur le Protocole de Kyoto. Même si elles utilisent parfois des résultats scientifiques de façon un peu détournée, elles sont l'occasion aux opposants ou aux défenseurs de faire passer des messages, quelquefois de façon très médiatisée. Cependant, ces controverses ne reflètent pas réellement la nature des débats politiques qui ont eu lieu lors des conférences : les négociations portent sur les règles à appliquer pour rendre le système dans la mesure du possible cohérent, efficace, opérationnel, juste et acceptable par tous.

À Bonn, un accord ne serait pas intervenu si les puits n'avaient pas été intégré. Une partie des négociations a porté sur les quotas à attribuer à chaque Partie, par exemple sur l'article 3.4 (gestion forestière et autres activités). Les questions scientifiques et les controverses sur les puits n'étaient pas du tout au centre des débats.

Même si le Protocole n'est pas encore appuyé par un nombre suffisant de ratifications pour être en vigueur, l'inclusion de certaines activités rurales dans la lutte contre le changement climatique a été confirmée et précisée à Bonn. Seront comptabilisées les activités de déboisement, boisement, reboisement, gestion forestière, gestion des sols agricoles et revégétalisation dans les pays de l'Annexe I et les activités de boisement et reboisement dans les pays du Sud par le biais du Mécanisme pour un Développement Propre.

Les discussions relatives à l'intégrité environnementale du Protocole de Kyoto ou aux impacts sur l'environnement et le développement local ne sont donc

pas terminées. À peine seront-elles closes en 2003 qu'elles reprendront pour l'élaboration des règles concernant les périodes d'engagement ultérieures, après 2012.

### Quelques références.

- BAZZAZ, F. A., COLEMAN, J. S., & MORSE, S. R., 1990.  
Growth Responses of Seven Major Co-Occurring Tree Species of the Northeastern United States to Elevated CO<sub>2</sub>. *Can. J. For. Res.*, 20(9) : 1479-1484.
- BEGG, K., (ed.), 2000.  
*Initial Evaluation of CDM type projects in Developing Countries*. Guildford, UK, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, 54 p.  
Disponible à l'adresse : <http://www.surrey.ac.uk/CES/ji/cdm-dfid.htm>
- BETTS, R. A., 2000.  
Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo. *Nature* 408, 187-190 (9 November 2001).
- BROWN, S., SAMPSON, R. N., SCHLAMADINGER, B., & KINSMAN, J., 2001.  
Policy Considerations for Using Forests to Mitigate Carbon Dioxide Emissions. *The Scientific World* (2001) 1, 241-242.  
Disponible à l'adresse : <http://216.25.253.201/tsw/iPublish/articles/2001.29.60.pdf>
- CADMAN, T., 2001.  
*The Kyoto Effect: How the push for Carbon Sinks by Industry and Government has become a Driver for Deforestation*. A report for GreenPeace International and WWF, 20p.  
Disponible à l'adresse :  
<http://www.panda.org/resources/publications/climate/carbonsinks/carbonsinks.html>
- CHOMITZ, K. M., 1998.  
*Baselines for Greenhouse Gas Reductions: Problems, Precedents, Solutions*. Washington, Carbon Offsets Unit, World Bank, 67 p.  
Disponible à l'adresse : [http://www.worldbank.org/nipr/work\\_paper/base14/base14.pdf](http://www.worldbank.org/nipr/work_paper/base14/base14.pdf)
- Climate Action Network, 2000.  
CoP6: CAN position on Land Use, Land Use Change and Forestry.  
CAN position papers, 6p.  
Disponible à l'adresse : <http://www.climateactionnetwork.org/CAN-COP6-LULUCF.pdf>
- Climate Action Network, 2000.  
CoP6: CAN position on the Clean Development Mechanism. CAN position papers, 3 p.  
Disponible à l'adresse : <http://www.climateactionnetwork.org/CAN-COP6-CDM.pdf>
- Conference of Parties, 2001.  
Decision 5/CP.6: Implementation of the Buenos Aires Plan of Action, Bonn, 24 juillet 2001, FCCC/CP/2001/L7, 14 p.  
Disponible à l'adresse : <http://www.unfccc.int/resource/docs/cop6secpart/107.pdf>

CONROY, J. P., & MILHAM, P. J., *et al.*, 1990.

Influence of Phosphorus Deficiency on the Growth Response of Four Families of *Pinus radiata* Seedlings to CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *For. Ecol. Mgmt.*, 30: 175-188

COX, P. M., 2001.

Description of the TRIFFID dynamic global vegetation model. Hadley Centre, Bracknell, UK, 16 p.

Disponible à l'adresse :

[http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/HCTN/HCTN\\_24.pdf](http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/HCTN/HCTN_24.pdf)

COX, P. M., BETTS, R. A., JONES, C. D., SPALL, S. A., & TOTTERDELL, I. J., 2000.

Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model.

*Nature* 408, 184-187 (9 November 2001).

DIXON, R. K., BROWN, S., HOUGHTON, R. A., SOLOMON, A. M., TREXLER, M. C., & WISNIEWSKI, J., 1994.

Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263 (5144), 185-190.

Friends of the Earth, 2000.

The Politics of Climate Change. London, FoE International, Climate Change Briefing, 8 p.

Disponible à l'adresse : <http://www.foei.org/Publications/fulladobetext/fccc.pdf>

GOLDBERG, J., (ed.), 1998.

*The Clean Development Mechanism: Issues and Options*. New York, United Nations Development Programme, 170p.

Disponible à l'adresse : <http://www.undp.org/seed/eap/Publications/1998/1998a.html>

KELLY, C., 1999.

*Developing the rules for Determining Baselines and Additionality for the Clean Development Mechanism: Recommendations to the UNFCCC*. Washington, Center for Clean Air Policy: 6 p.

Disponible à l'adresse : <http://www.cdmcentral.org/docs/baselines/06.pdf>

LECOCQ, F., & CHOMITZ, K., 2001.

*Optimal Use of Carbon Sequestration in a Global Climate Change Strategy: Is there a Wooden Bridge to a Clean Energy Future?*. Working Papers on Environment. World Bank, Development Economic Research Group, Infrastructure and Environment, Washington, 27p.

Disponible à l'adresse : [http://econ.worldbank.org/files/2314\\_wps2635.pdf](http://econ.worldbank.org/files/2314_wps2635.pdf)

LOHMANN L., 2000.

Le marché du carbone: dans le sillage de nouveaux problèmes. World Rainforest Movement, Campaign Material, Montevideo, Uruguay, 15 p.

Disponible à l'adresse : <http://www.wrm.org.uy/plantations/material/carbonfr.rtf>

NAKICENOVIC, N., *et al.* (eds), 2000.

*Emissions Scenarios*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK. p 570.

Résumé disponible à l'adresse : <http://www.ipcc.ch/pub/sres-f.pdf>

- NOBLE, I., & SCHOLES, R. J., 2001.  
Sinks and the Kyoto Protocol. *Climate Policy*, 1 (1): 5-25.  
Résumé disponible à l'adresse:  
<http://www.elsevier.nl/gej-ng/10/14/42/33/24/26/abstract.html>
- OREN, R., ELLSWORTH, D. S., JOHNSEN, K. H., PHILLIPS, N., EWERS, B. E., MAIER, C., SCHÄFER, K. V. R., MCCARTHY, H., HENDREY, G., MCNULTY, S. G., & KATUL, G. G., 2001.  
Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystems in a CO<sub>2</sub>-enriched atmosphere. *Nature* 411, 469-472 (24 May 2001)
- SBI (Subsidiary Body for Implementation), 2000.  
*National communications from Parties included in Annex I to the Convention: Greenhouse gas inventory data from 1990 to 1998*. United Nations Framework Convention on Climate Change, note FCCC/SBI/2000/INF.13, The Hague, 11 October 2000.  
Disponible à l'adresse: <http://www.unfccc.int/resource/docs/2000/sbi/inf13.pdf>
- SCHLESINGER, W. H., & LICHTER, J., 2001.  
Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO<sub>2</sub>, 2001. *Nature* 411, 466-469 (24 May 2001).
- STURM, M., RACINE, C., & TAPE, K., 2001.  
Climate change: Increasing shrub abundance in the Arctic. *Nature* 411, 546 - 547 (31 May 2001).
- UNFCCC, 2001.  
*Comparison of Greenhouse Gas Emission Projections*. United Nations Framework on Climate Change, Bonn, FCCC/TP/2001/I.10 July 2001.  
Disponible à l'adresse: <http://www.unfccc.int/resource/docs/tp/tp0101.pdf>
- VINE E., SATHAYE, J., MAKUNDI, W., 1999.  
*Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, and Certification of Forestry Projects for Climate Change Mitigation*. Berkeley, California, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-41877: 125 p.  
Disponible à l'adresse: <http://eetd.lbl.gov/ea/ies/suni6/climatechange/41543.pdf>
- WATSON, R. T., NOBLE, I. A., BOLIN, B., RAVINDRANATH, N. H., VERARDO, D. J., DOKKEN, D. J., 2000.  
*Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK. pp 377.  
Résumé disponible à l'adresse <http://www.ipcc.ch/pub/srlulucf-f.pdf>
- WHITFIELD, J., 2001.  
Sink hopes sink: Forests show little response to increased carbon dioxide. *Nature Science Update*, 24 May 2001.  
Disponible à l'adresse: <http://www.nature.com/nsu/010524/010524-14.html>

YAMAGATA, Y., & ALEXANDROV, G. A., 2001.

Would forestation alleviate the burden of emission reduction? An assessment of the future carbon sink from ARD activities. *Climate Policy*, 1 (1): 27-40.

Résumé disponible à l'adresse:

<http://www.elsevier.nl/gej-ng/10/14/42/33/24/27/abstract.html>

Les calottes glacières dont l'épaisseur diminue rapidement, des banquises qui se détachent

en quantités de plus en plus grandes, autant d'inquiétudes liées au changement climatique.

Antarctique, 23 mars 2002 : un iceberg de 295 km sur 37 km de largeur se détache de la banquise.

Sa surface, 12 000 km<sup>2</sup>, est celle d'un département français. [Photo prise à 700 km de la terre].

# Une chance à saisir.

**Ignacy Sachs**

Directeur d'études honoraire à l'école des hautes études  
en sciences sociales (EHESS)

Tardive et soudaine, la prise de conscience écologique se fit chez nous au cours des années soixante du siècle dernier, en plein Âge d'Or du Capitalisme – les Trente Glorieuses de Jean Fourastié. Elle fut précipitée par le constat de l'ampleur des « *dégâts du progrès* » provoqués par la croissance économique et, paradoxalement, par la catharsis de la conquête de l'espace. En regardant les photos de notre planète envoyées depuis la Lune par les astronautes, nous nous sommes rendu compte de sa finitude et de sa fragilité. Des dangers, aussi, que pouvait représenter le divorce chaque fois plus grand entre notre puissance technique et les systèmes politiques incapables de la maîtriser<sup>1</sup>. De la nécessité, enfin, de nous réconcilier avec la nature, de réapprendre à la comprendre et à l'aimer plutôt que de la dominer, l'exploiter, voire la mettre au pillage<sup>2</sup>.

Au plan politique, les conséquences furent rapides et spectaculaires, à commencer par la conférence de Stockholm de 1972 qui permit aux Nations unies d'inscrire l'environnement au rang de ses préoccupations prioritaires et, ce qui fut plus important encore, de le relier à la problématique du développement. Sans revenir sur l'analyse qu'en fit Jacques Weber dans le chapitre d'ouverture de cet ouvrage, je rappellerai simplement qu'en l'espace de quelques années, la plupart des pays se sont dotés de ministères de l'environnement et d'un corpus de lois nouvelles. Certains, comme le Brésil, ont même consacré un chapitre entier de leur nouvelle constitution à la protection de l'environnement.

Un consensus, malheureusement rhétorique et superficiel, s'est dégagé autour de la notion de développement durable, notion fondée sur le trépied des finalités sociales, des conditionnalités environnementales et de la viabilité économique, à telle enseigne que le sommet de la Terre convoqué par les Nations unies en juin 1992 à Rio de Janeiro avait déjà pour intitulé « Environnement et développement », et que le sommet de Johannesburg est consacré au « développement durable ».

Si les vingt années qui se sont écoulées entre Stockholm et Rio furent marquées par une progression certaine, il n'en fut pas de même, loin s'en faut, de la décennie qui suivit cette seconde conférence, en dépit de tous les espoirs qu'elle a soulevés. Certains observateurs vont jusqu'à dire que Johannesburg correspondra à Rio -10 plutôt qu'à Rio +10.

Dans son rapport sur la mise en œuvre de l'Agenda 21 élaboré à Rio, le secrétaire général des Nations unies reconnu qu'à Johannesburg, il faudra discuter de l'absence de progrès dans l'éradication de la pauvreté, de l'insoutenabilité à terme des modèles de consommation et de production dans plusieurs parties du monde, de la faiblesse des mécanismes programmatiques et institutionnels pour intégrer efficacement les dimensions sociales, économiques et environnementales du développement,

de l'absence de ressources financières et de mécanismes efficaces de transfert des technologies<sup>3</sup>.

Pour les habitués du langage euphémistique pratiqué par les Nations unies, son rapport se lit presque comme un cri d'alarme. En tout état de cause, l'absence de progrès dans la mise en œuvre de l'Agenda 21 à l'échelle locale, nationale et internationale contraste avec les avancées enregistrées depuis Rio pour ce qui est de la protection de la biodiversité, de la compréhension des menaces dues à l'effet de serre et de la prise en charge de la désertification, mises en évidence dans les chapitres précédents.

À quoi faut-il attribuer ce manque de résultats au cours de la dernière décennie ? Nous pensons que la raison principale tient au fait que la prise de conscience écologique représentait en réalité une véritable révolution épistémologique, dont nous ne mesurons pas encore toute l'ampleur.

En effet, l'introduction de la dimension environnementale force les socio-économistes à modifier radicalement les échelles de temps et d'espace dans lesquelles il leur faudra désormais travailler, en les obligeant à penser simultanément le très court et le très long termes, à raisonner aussi en termes d'impacts locaux, nationaux et globaux se prolongeant jusqu'à la biosphère,

comme le dit Marc Mormont : « *Penser l'ici et maintenant en même temps que demain et là-bas*<sup>4</sup> ». Toujours selon cet auteur, le développement durable vise la réconciliation du local et du planétaire, la nature comme ressource et la nature comme système, le temps court des besoins immédiats et le temps long des générations.

Au plan normatif l'ambition est de créer une société universelle de bien-être assurant à l'ensemble de ses habitants l'accès effectif à l'ensemble des droits humains – politiques, civiques et civils ; économiques à commencer par le droit au travail décent, sociaux et culturels ; enfin les droits dits collectifs au développement, à l'environnement, à la ville, à l'enfance<sup>5</sup>. Cette société doit être servie par une « *économie de permanence* », concept gandhien qui s'oppose à la notion d'« *économie de proie* »

1 Voir à ce sujet Ruffolo, G. (1988), *Potenza e potere. La fluttuazione gigante dell'Occidente*, Laterza, Bari.

2 Théodore Monod, qui consacra à ces questions des pages lumineuses, attribue notre attitude envers la nature à l'héritage de « l'anthropomorphisme triomphaliste et orgueilleux des grands monothéismes ».

Monod, Th., *Et si l'aventure humaine devait échouer*, Livre de poche, Paris, 2000, page 159.

3 United Nations Economic and Social Council, *Implementing Agenda 21 – Report of the Secretary-General* (E/CN.17/2002/PC.2/7, 19 décembre 2001, paragraphe 218).

5 Préface à l'ouvrage d'Edwin Zaccai, *Le développement durable – Dynamique et constitution d'un projet*, P1E, Peter Lang/Presse universitaire européenne, 2002, Bruxelles, p. 13.

5 L'approche du développement par les droits doit beaucoup aux travaux d'Amartya Sen (voir son livre *Développement en tant que liberté*). De son côté, Jérôme Ballet propose de définir l'exclusion à partir de la privation ou du nonaccès aux droits (« L'exclusion, une approche par les droits », *Problèmes économiques* n° 2748, 13 février 2002).

(Raubwirtschaft), ou encore de construire « une civilisation de l'être dans le partage équitable de l'avoir »<sup>6</sup> en se réconciliant avec la nature.

Du coup, l'écologie devient une vaste histoire naturelle entrelacée avec l'histoire humaine pour produire une co-évolution de notre espèce avec la planète. Pour la comprendre et infléchir dans le bon sens afin d'éviter la dérive dangereuse qui fait peser des interrogations sur l'avenir même de la vie dans la biosphère, nous n'avons plus le droit de ne pas nous situer dans une perspective systémique et transdisciplinaire aux antipodes des démarches sectorielles et de l'anarchie des multiples décisions parcellaires commandées par le marché, censées produire en fin de compte une harmonie universelle.

Autant dire que nous devons transcender l'horizon étriqué de l'économie de marché, par définition myope et insensible aux externalités sociales et environnementales produites par les activités économiques orientées exclusivement par la recherche de l'efficacité allocative des ressources et du profit qui en résulte. Il ne s'agit pas de nier le rôle très important des marchés dans nos économies, mais de reconnaître qu'ils ne sont qu'une institution parmi d'autres, comme le souligne Amartya Sen, et qu'ils demandent à être régulés en fonction d'arbitrages entre cinq efficacités différentes qui ne s'harmonisent pas d'elles seules : l'efficacité allocative, déjà mentionnée, à laquelle nous pouvons associer le nom d'Adam Smith ; l'efficacité innovatrice, schumpéterienne, qui ne saurait être laissée à la seule initiative des entreprises et demande plus que jamais un investissement public fort dans la recherche ; l'efficacité keynésienne qui se mesure à l'aune du plein emploi de tous les facteurs de production, à commencer par la force de travail ; l'efficacité sociale ; enfin, l'éco-efficacité, qu'il faut rechercher à deux niveaux.

Au plan micro-économique, l'accent doit être mis sur la productivité des ressources et non plus uniquement sur celle des hommes. Il devrait être possible, dans un avenir relativement rapproché, de doubler la production tout en réduisant de moitié les intrants et même d'ambitionner la réduction par un facteur 10 de la consommation des énergies fossiles.

Une telle démarche ne saurait cependant suffire à elle seule pour mettre l'humanité sur une trajectoire de développement durable,

6 La formule est de Joseph Lebreton. Dans l'ouvrage déjà cité, Théodore Monod oppose la civilisation, domaine de l'avoir et de la quantité, à la culture, domaine de l'être, ouverte à la qualité des rapports humains et à une libre créativité.

7 Voir à ce sujet, entre autres, l'ouvrage bien documenté d'Edwin Zaccari, *op.cit.*, bibliographie générale du livre et du premier chapitre.

8 Voir à ce sujet CEPAL, 2002, *Globalización y desarrollo*, Santiago.

9 Voir à ce sujet *Making sustainable commitments, an environment strategy for the World Bank*, Washington, 2001. Cette stratégie propose l'amélioration de la qualité de vie, de la qualité de la croissance et de la qualité des « communs globaux ».

car elle implique avant tout le questionnement des styles de consommation et de développement. En d'autres mots, la transition vers le développement durable suppose une modification du profil de la demande avant de s'attaquer aux modalités de la production de l'offre, c'est-à-dire au choix des techniques et des localisations. L'expérience montre qu'il est très difficile d'aborder dans la pratique les changements de la variable « demande » qui impliquent un consensus social et une maturité éthique que peu de sociétés sont actuellement en mesure d'atteindre. En effet, l'enjeu principal est celui de l'autolimitation des besoins matériels de la part des nantis, la capacité de s'interroger : « Assez, c'est combien ? »

Au cours des trente dernières années, une littérature abondante s'est penchée sur le développement durable en tant que concept normatif, sous l'impulsion des Nations unies et en dehors de cette institution<sup>7</sup>.

Il n'en fut pas de même pour la mise en route du processus de développement durable, qui demande des décisions politiques et des aménagements institutionnels précédés d'un vaste débat sociétal sur les projets de civilisation, une planification stratégique performante et la mobilisation des moyens financiers et techniques au sein des pays nantis. À cela s'ajoutent l'aide accrue aux pays du Sud et la reformulation des règles du jeu dans l'économie internationale, en accord avec le principe de traitement inégal aux inégaux, autrement dit d'une action affirmative en faveur des partenaires plus faibles. Il faut revenir à l'idée que le droit économique international se doit de protéger les États plus faibles des États plus forts, en accordant plus de droits aux premiers et plus de responsabilités aux seconds<sup>8</sup>.

Au plan institutionnel, la transition vers le développement durable ne pourra se faire aussi longtemps que cette problématique tout à fait centrale et, par là, relevant des instances les plus importantes du pouvoir sera logée à l'enseigne des ministères de l'environnement, comme si le développement durable était un appendice des politiques environnementales alors qu'en réalité l'environnement n'est qu'une des dimensions du concept pluridimensionnel du développement.

Pour ce qui est de l'aide publique des pays industrialisés aux pays en voie de développement, nous avons assisté, au cours de la dernière décennie, à son rétrécissement en peau de chagrin et à la dégradation de la position des pays du Sud dans l'économie mondiale, avec plusieurs crises internationales et la débâcle de l'Argentine en prime. Celle-ci montre, une fois de plus, que le développement n'est pas un processus linéaire, qu'il peut subir des involutions profondes, qu'aux critères quantitatifs il faut ajouter des critères qualitatifs, la qualité de la vie et le mieux-être étant des catégories centrales pour la définition des objectifs du développement<sup>9</sup>.

Le développement fondé sur les solutions triplement gagnantes aux plans social, environnemental et économique se fait attendre, alors que le maldéveloppement progresse<sup>10</sup>. Le monde entier doit faire face à une grave crise de chômage et de sous-emploi qui affecte, selon les calculs du BIT, près d'un tiers de la force de travail mondiale, soit 1 milliard d'hommes et de femmes. Au cours de la décennie prochaine, il faudra créer au minimum 500 millions d'emplois nouveaux et décents pour accommoder les nouveaux venus sur le marché du travail et réduire quelque peu l'ampleur de la catastrophe.

Pourtant, la croissance sans emplois ou avec peu d'emplois n'est pas une fatalité. Nous sommes loin d'avoir exploré tout le potentiel d'une croissance tirée par l'emploi<sup>11</sup>.

Dans de nombreux endroits, il est encore possible de promouvoir le développement rural appuyé sur la petite agriculture paysanne et la création de nombreux emplois non agricoles. Selon la charte proposée en France par la Confédération paysanne, l'agriculture paysanne se fonde sur une dimension sociale basée sur l'emploi et la solidarité, une efficacité économique qui permette aux paysans de vivre avec des volumes de production relativement modestes, seul moyen pour garder des actifs nombreux, enfin, le respect des consommateurs et de la nature<sup>12</sup>.

À cela s'ajoutent les nombreux emplois dans le domaine de travaux publics qui, n'étant pas soumis à la concurrence internationale, permettent le recours à des techniques intensives en main-d'œuvre, dans la construction, notamment dans le domaine de l'auto-construction assistée de logements populaires, dans les services sociaux dont le déficit se fait sentir partout dans le monde, dans les services personnels, enfin dans le domaine déjà mentionné de la recherche d'une plus grande productivité des ressources naturelles, particulièrement importante en ce qui concerne le développement durable.

En effet, la collecte et le recyclage des déchets urbains, les économies de l'énergie, de l'eau et d'autres ressources naturelles, la mise en valeur des déchets agricoles et une maintenance plus soignée en vue du prolongement de leur vie utile des infrastructures, des équipements, du parc immobilier et des véhicules de toutes sortes, offrent de nombreux postes de travail qui

10 C'est en confondant le développement et le maldéveloppement que certains auteurs en arrivent à désespérer du concept même de développement et à parler de « l'après-développement », d'une façon qui nous paraît peu convaincante. L'UNESCO vient de consacrer à ce courant post-moderniste un colloque intitulé « Défaire le développement, Refaire le monde » (28 février – 3 mars 2002).

11 Voir Sachs, I., « L'économie politique du développement des économies mixtes selon Kalecki : croissance tirée par l'emploi », *Mondes en développement*, Paris, vol. 27, n° 106, 1999, pp. 23-24.

12 Voir Confédération paysanne, *Changcons de politique agricole*, Mille et Une Nuits, Paris, 2002, pp. 132-134.

se payent, au niveau macro-économique, à travers l'économie de ressources apportée<sup>13</sup>. Il s'agit donc bel et bien des solutions triplement gagnantes.

Cet exemple n'est qu'un élément de stratégie de transition vers le développement durable, qui comporte des dossiers autrement plus lourds de transformation des modes d'habitat et de systèmes de transport privilégiant le collectif au détriment de l'individuel et le rail au détriment de la route.

La problématique du transport permet de voir l'intérêt d'une action concertée au niveau international en vue de la formulation et de la mise en œuvre d'une telle stratégie qui pourrait fonctionner comme un levier puissant permettant à l'économie mondiale de sortir du marasme qui l'affecte actuellement. De surcroît, après les attentats du 11 septembre 2001, il ne saurait être question de mener la lutte contre le terrorisme uniquement à travers les moyens militaires. Plus que jamais, s'attaquer à ses racines

demande une action vigoureuse en faveur du développement dont l'absence fait le lit de tous les intégrismes<sup>14</sup>.

Le sommet de la Terre de 1992 a proposé un Agenda 21 qui se voulait de jouer ce rôle en des conditions internationales plus favorables qu'aujourd'hui. La dérive néo-libérale ne permet pas d'avancer dans cette direction. Paradoxalement, la détérioration de la conjoncture internationale renforce les arguments en sa faveur.

Redevenons keynésiens et, de surcroît, optons pour une version pro-sociale du keynésianisme opposée à la variante conservatrice, qui privilégie la course aux armements<sup>15</sup>. Proposons un plan mondial de transition au développement durable en distinguant clairement les stratégies nationales différenciées mais convergentes pour les pays du Nord et ceux du Sud et, bien entendu, une réforme du système international qui se fait trop attendre<sup>16</sup>.

Pour que les pays industrialisés soient crédibles, il faut qu'ils sachent remettre en question leurs styles

13 La prolongation de la vie utile des équipements et des infrastructures réduit la demande pour les investissements de reposition, autrement dit, permet d'augmenter la part des investissements nets dans le volume des investissements bruts.

14 Thomas L. Friedman («The war on terror – America's failure of imagination», *The New York Times*, 20 mai 2002) reproche au Président Bush de ne pas avoir lancé au lendemain des attentats un projet Manhattan destiné à donner aux États-Unis l'indépendance énergétique grâce à un effort vigoureux d'économies d'énergie et de promotion d'énergies renouvelables pour réduire graduellement les importations de pétrole. L'Amérique ne pourra gagner la bataille contre le mal qu'en convainquant ses partenaires, notamment l'Europe, qu'elle s'emploie à produire du bien, en réduisant sa surconsommation d'énergies fossiles et en ratifiant l'accord de Kyoto.

16 N'en déplaise à la rhétorique libérale à outrance, le gouvernement américain pratique des politiques de type keynésien. Comme l'a bien conseillé Paul Krugmann, il ne faut pas que le reste du monde fasse ce qu'ils lui disent de faire, mais qu'il fasse ce qu'ils font («Don't do what we say, do what we do»). La publication très opportune du recueil d'articles de John Maynard Keynes, au titre significatif *La pauvreté dans l'abondance*, permet de mesurer l'actualité de ses idées (Gallimard, Paris, 2002; préface de Jean-Paul Fitoussi et Axel Leijonhufvud).

de consommation et de développement, qu'ils s'interrogent, « Combien, c'est assez ? », qu'ils remettent sur le chantier leurs villes et leurs systèmes de transports, et qu'ils privilégient les éléments non matériels dans leurs projets de civilisation.

Quant aux pays du Sud, ils doivent se rendre compte que la poursuite des trajectoires mimétiques est incompatible avec les postulats d'une plus grande justice sociale et d'une réduction draïstique des inégalités sociales qui y règnent. Plus ils voudront imiter dans leurs modes de vie et de consommation les pays du Nord, et plus béant sera le gouffre entre la minorité nantie qui en bénéficiera et la majorité des exclus et des semi-exclus, condamnés à une forme d'apartheid social.

Comme nous l'avons déjà dit, le traitement inégal des inégaux constitue un principe auquel il ne saurait être question de déroger. Cela implique des responsabilités différenciées entre les privilégiés et les discriminés, en particulier pour ce qui est de la répartition des charges financières.

Au vu de ces considérations et de la situation nouvelle créée par les attentats du 11 septembre 2001, le sommet de Johannesburg pourrait apparaître comme une occasion rêvée pour s'acheminer enfin vers le développement durable à l'échelle planétaire, d'autant plus nécessaire que le PNUB vient de dresser un tableau sombre de l'environnement mondial à l'échéance de 2030 en mettant l'accent sur l'urbanisation incontrôlée, les dégâts causés par le transport routier et les pénuries en eau, qui affecteront en première instance les populations démunies.

Nous employons le conditionnel, car cette chance ne semble pas avoir été saisie à en juger par les travaux préparatoires de cette conférence et, surtout, par la tournure qu'a prise la conférence de Monterrey, pourtant essentielle puisqu'elle avait pour objet de formuler un plan de financement du développement durable.

Après les attentats du 11 septembre 2001 et la descente aux enfers de l'Argentine, il serait extrêmement fâcheux qu'un sommet auquel assisteront de nombreux chefs d'État s'achève sur un exercice de rhétorique

16 La fin du consensus de Washington et la critique décapante des institutions financières internationales par Joseph Stiglitz bien placé pour les connaître (Stiglitz, 2002. *La grande désillusion*, Fayard, Paris), créent une situation favorable pour aborder ce sujet et de revenir peut-être, comme le postule le programme IFI animé par Agir ici, l'AITEC et le CRID, à la proposition défendue par Keynes lors des premières négociations de Bretton Woods : « Quoi de mieux qu'une monnaie universelle pour une stabilité monétaire mondiale ? Et quoi de mieux qu'un système de taxes pour les < trop riches > et de prêts pour les < trop pauvres > afin d'éviter les inégalités entre les pays et à l'intérieur des pays ? » (« Que faire du FMI et de la Banque Mondiale ? » CRID, *Les cahiers de la solidarité*, mars 2002.

17 Stern, Nicolas, « La lutte contre la pauvreté : joindre le geste à la parole », *Le Monde*, 22 mai 2002.

18 Maurice Strong parle du « *greening of the market system* » (Strong, M. 2000, *Where on Earth are we Going ?*, Texere L.L.C., New York, p 375).

et de déclarations de bonnes intentions sans engagements précis, chiffrés et datés. Même le vice-président de la Banque mondiale vient d'appeler les pays industrialisés à joindre le geste à la parole dans la lutte contre la pauvreté<sup>17</sup>.

Il ne faut pas non plus surestimer l'action des entreprises « citoyennes » converties au développement durable et désireuses de montrer de cette façon leur responsabilité sociale. Certes, leur participation pourrait être importante et il faut s'efforcer de réguler le marché de façon à ce qu'il intègre la dimension environnementale<sup>18</sup> mais elle ne saurait être à elle seule suffisante, pas plus que la surmise des solutions purement techniques (*technological fix*). Il est urgent de donner au développement durable la place centrale qu'il doit occuper au sein des institutions internationales et nationales en tant que concept organisateur de toutes les actions sectorielles et de l'ensemble des politiques économiques et sociales.

Cette avancée au niveau institutionnel nous paraît encore possible, si les chefs d'État s'y décident. En revanche, un plan sérieux de transition vers le développement durable, même stratégique, ne pourra plus être préparé à temps. La seule solution serait de prendre, à Johannesburg, les dispositions nécessaires pour qu'un tel plan soit élaboré dans le prolongement immédiat de la conférence, en mandatant à cette fin une commission internationale de haut niveau, à l'instar des commissions Brandt et Brundtland. La commission pourrait organiser, dans les différentes régions de la planète, des états généraux du développement durable afin de consulter aussi largement que possible la société civile et les mouvements citoyens.

Trois scénarios s'offrent à nous. Le premier, fondé sur l'extrapolation des tendances lourdes en cours, est le scénario de la catastrophe qui, selon les lieux, pourra venir tantôt d'une rupture sociale, tantôt d'un désastre écologique, les deux se conditionnant mutuellement. Le second, privilégié par les grandes entreprises, consiste en réalité en une recherche de techniques plus respectueuses de l'environnement, pouvant donner lieu à une croissance plus propre mais pas nécessairement plus créatrice d'emplois et, à la limite, une croissance en harmonie avec la nature mais très cher payée en termes de ses retombées sociales. Cela nous renvoie au troisième scénario, celui du développement durable tel qu'il a été défini et discuté dans ce livre. L'enjeu est capital.

# Pour aller plus loin.

**Ouvrages** 188

**Sites Internet** 203

**Audiovisuel** 205

## Ouvrages.

Aménagement et nature, 1998.

*Un siècle d'environnement*, Paris, *Aménagement et nature*, mars.

Un numéro de la revue dont les auteurs sont nombreux et de disciplines diverses :

M. Batisse, S. Antoine, I. Sachs, P. Acot, H. Tazieff, Perennius, Roland de Millier. Contient également une précieuse anthologie francophone sur l'environnement, dont le numéro couvre la plupart des aspects.

Académie des sciences (États-Unis). 1992.

*Une planète, un avenir*. Le Sang de la terre. Paris. 193 p.

Cet ouvrage reflète bien l'état de la connaissance scientifique sur les phénomènes globaux, et met en exergue l'interdépendance des peuples. Ce texte a été publié l'année même de la conférence de Rio.

Action 21. Avril 1993.

*Textes de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro : déclarations, convention, Agenda 21*. New York, Genève, Nations unies.

Ensemble des textes issus de Rio 1992. Permettra, à l'issue de Johannesburg, de mesurer le chemin parcouru.

ARENDT, H. 1961.

*La condition de l'homme moderne*, Paris, Pocket.

L'auteur recoupe beaucoup de thèmes écologistes dans son traitement de la durabilité (terme non encore inventé à l'époque). Elle nous met en garde contre l'instrumentalisation de la nature et des hommes, le productivisme destructeur. Publié un peu avant l'ouvrage célèbre de Carolyn Carson, cet ouvrage est peu connu des environnementalistes.

AUBERT, F., & SYLVESTRE, J.-P. 1998.

*Écologie et société*. Dijon, éditions Educagri et éditions CRDP, 224 pages.

Bonne introduction au sujet, dans un ouvrage collectif riche et de lecture aisée.

AUBERTIN, C., & VIVIEN, F. D. 1998.

*Les enjeux de la biodiversité*. Economica, Paris, 12 p.

Un point de vue bien informé « sciences sociales » et « économie » sur les enjeux de la biodiversité. Analyse claire de la situation dans cette perspective et accessible à des publics non spécialisés.

BAHUCHET, S., & DEMARET, P. de (dir.), 2000.

*Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui*. 5 volumes, édité par AFT-ULB, avec le concours de l'UE. Volume 1. : *Forêts des tropiques, forêts anthropiques : sociodiversité, biodiversité*. 132 p.

Monumentale synthèse sur les peuples qui habitent les forêts tropicales du monde et dont l'avenir est bien mal assuré.

BARBAULT, R. 1994.

*Des baléines, des bactéries et des hommes.* Odile Jacob, Paris, 338 p.

Essai sur la dynamique de la biodiversité à volonté de vulgarisation. Donne le cadrage écologique et évolutif qui permet de comprendre ce qu'est la diversité du vivant, ce qu'elle signifie pour le fonctionnement de la planète et le développement des sociétés humaines. Pour publics éclairés mais pas nécessairement spécialisés.

BARBAULT, R. 1997.

*Biodiversité. « Les fondamentaux »*, Hachette, Paris, 159 p.

Petit manuel d'introduction aux sciences de la biodiversité et à la biologie de la conservation, en particulier. Premiers cycles universitaires.

BARBAULT, R. 2000.

« La vie, un succès durable », *Natures, sciences, sociétés*, 8 : 40-46.

Le concept de développement durable vu par un écologue et transposé au cas du phénomène « vie ». Pour lecteurs éclairés non spécialistes.

BARBAULT, R. 2000.

*Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère.* Paris, Dunod, 5<sup>e</sup> édition, 326 p.

Ce manuel rédigé pour les étudiants de premier cycle constitue l'une des meilleures introductions possibles à l'écologie scientifique et à la biodiversité. Un excellent point de départ pour comprendre les enjeux liés à la complexité de la biosphère.

BARBIER, E. B., BURGESS, J.-C., & FOLKE, C. 1994.

*Paradise lost ? The ecological economics of biodiversity.* Earthscan, New York, 268 p.

Un excellent manuel d'économie écologique centré sur les enjeux de la biodiversité. Accessible à des non-spécialistes.

BARRAQUÉ, B. (dir.), 1995.

*Les politiques de l'eau en Europe.* Paris, La Découverte, 303 p.

Le titre est explicite et l'ouvrage collectif, de qualité.

BURGENMEIER, B. 2000

*Principes écologiques et sociaux du marché.* Paris, Economica, 306 p.

Le marché est-il compatible avec les exigences de la durabilité ? L'auteur explore ce champ et conclut à la nécessité que les marchés soient régulés sous peine de n'être pas eux-mêmes régulateurs. Cet ouvrage est également un essai sur l'éthique et l'économie environnementale. Pour universitaires.

CARSON, R. 1963.

*Printemps silencieux.* Préface de Roger Heim. Plon, Paris. 283 p., réédition LGF, Paris, 1968,

Le Livre de poche, n° 2378 [*Silent Spring*, Boston, Houghton Mifflin, 1962].

Ouvrage fondateur dans le domaine de l'écologie politique et militante, à partir de l'analyse des effets de l'usage immodéré des produits chimiques sur l'environnement.

CHAPIN, F. S. *et al.*, 2000.

«Consequences of changing biodiversity», *Nature*, 405: 234-242.

Les changements de biodiversité provoqués par les actions des hommes altèrent les processus écosystémiques et la vulnérabilité des écosystèmes aux changements globaux. Cela a de profondes conséquences sur les services que tirent les hommes des écosystèmes.

CHAUVET, M., & OLIVIER, L. 1993.

*La biodiversité, un enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique.* Éditions Le Sang de la terre, Paris, 416 p.

Synthèse très accessible sur la nature de la biodiversité et sur ses enjeux, avec un centrage fort sur les ressources génétiques et leur gestion.

CMED, 1988.

*Notre avenir à tous.* Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement («Rapport Bruntland»). Montréal, Éditions du Fleuve, 434 p.

Le fameux rapport Bruntland, qui donne une définition devenue « officielle » du développement durable. La commission, constituée en 1983, a travaillé pendant cinq ans pour remettre ce rapport, qui va bien au-delà de la seule définition à laquelle il est associé.

COSTANZA, R. (dir.) 1991.

*Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability.* Columbia Univ. Press, New York, 527 p.

L'un des premiers ouvrages fondateurs de l'économie écologique. Rassemble de nombreux articles d'un grand intérêt qui tentent de poser les bases d'une science de la gestion durable. Niveau universitaire.

COSTANZA, R. *et al.*, 1997.

«The value of the world's ecosystem services and natural capital», *Nature*, 387: 253-260.

Article un peu tapageur et discuté mais qui donne à réfléchir sur ce que signifie l'évaluation économique des écosystèmes planétaires. Au fait, combien valons-nous ?

COUDE-GAUSSEN, G., & ROGNON, P. N. D.

*Désertification et aménagement au Maghreb.* Paris, L'Harmattan, 314 p.

Le titre est explicite du contenu de l'ouvrage, qui examine les réponses aménagistes à la désertification au Maghreb.

CZECH, B. 2000.

«The importance of ecological economics to wildlife conservation», *Wildlife Society Bulletin*, 28 (special coverage): 2-69.

Article pour spécialistes et curieux : sur l'importance économique de la conservation de la nature, avec l'éclairage de cette nouvelle économie dite écologique en pleine émergence. Clair et d'accès facile.

DAMIAN, M., & GRAZ, J.-C. 2001.

*Commerce international et développement soutenable.* Paris, Economica, 224 p.

DANSEREAU, P. 1976.

*Le cadre d'une recherche écologique interdisciplinaire*. Montréal, PUM.

Reconnu comme l'un des fondateurs de l'écologie moderne, cet observateur du milieu se voue à l'étude des relations de l'homme et de son milieu, conférant à l'écologie ses premières lettres de noblesse sur le plan international. Par celui que l'on appelle parfois le « Théodore Monod canadien ».

DELAUNAY, J. 1972.

*Halte à la croissance ?* Enquête sur le Club de Rome, suivi de Donnella H. et Dennis L. Meadows, Jürgen Randers et William W. Behrens III (du MIT), *Rapport sur les limites de la croissance*, Paris, Fayard.

Publié en 1972 sous le titre contesté de *Halte à la croissance*, le rapport Meadows avait décidément posé le problème des « limites » et montré comment des contraintes matérielles, surgies de toutes parts, allaient bloquer le mouvement vers une croissance sans mesure.

DESCOLA, P. 1993.

*Les lances du crépuscule. Relations Jivaro, Haute Amazonie*. Paris, Plon, Coll. « Terre humaine », 505 p.

Très beau livre, pour comprendre à quel point la division du monde entre « nature » et « culture » est un accident historique récent, propre à l'Occident. Pour se convaincre que la plupart des peuples divisent le monde de façon très différente. Pour les Achuar, plantes et animaux sont, comme les humains, des « personnes » douées de conscience, de volonté, et communicantes.

Revue *Aménagement et nature*, 1998.

*La désertification*. Numéro spécial n° 129, juin 114 p.

DE STEIGER, J. E., 1997.

*The Age of Environmentalism*. Mc Graw Hills, 292 p.

Si le lecteur souhaite découvrir les personnages derrière les noms qui ont fait la pensée environnementaliste aux États-Unis: R. Carson; Pigou et Coase, K. Boulding; L. White; P. Ehrlich; G. Hardin; B. Comonner; H. Daly; MIT Team; A. Ness.

DI CASTRI, F., & YOUNÈS, T. (dir.) 1996.

*Biodiversity, science and development. Towards a next partnership*, CAB International, Wallingford (UK), 646 p.

Ouvrage multi-auteurs qui développe, à propos de la biodiversité, les relations qui existent entre diversité du vivant, sciences et capacités de développement, y compris dans le contexte politique et culturel des conflits et partenariats possibles Nord/Sud.

DORST, J. 1965.

*Avant que Nature meure*. Gland, Wwf.

Dans cet ouvrage devenu un grand classique, Jean Dorst tirait dès 1965 la sonnette d'alarme devant les risques que les activités de l'homme font courir à l'ensemble du monde vivant.

DROUIN, J.-M. 1991.

*Réinventer la nature : l'écologie et son histoire*. Paris, Desclée de Brouwer, 208 p.

Une histoire des idées écologiques extérieure à toute « écologie politique ».

Montre comment se construit cette discipline qu'est aujourd'hui l'écologie *scientifique* et ce, de façon à la fois très claire et très rigoureuse.

*L'Écologiste* (revue), 2001.

« Développement durable : une contradiction », numéro spécial, vol.2, n° 4.

Un riche dossier contenant des textes courts et percutants de scientifiques de renom, ainsi qu'un rappel de la préhistoire du concept de développement durable.

ERLICH, R. P. 1972.

*La bombe P. 7 milliards d'hommes en l'an 2000*. Fayard/Les Amis de la terre.

C'est en 1972 que Paul Ehrlich a publié son célèbre livre *La bombe P* dans lequel

il affirmait que l'on avait perdu la bataille pour nourrir toute l'humanité. C'est dans

les années soixante que la population mondiale a augmenté au rythme le plus rapide

de l'histoire de l'humanité. Si la croissance continue à ce rythme pendant 900 ans environ,

il y aura 60 millions de milliards d'individus, soit 120 personnes au mètre carré

sur toute la surface du globe, océan compris. La mise en garde de Paul Erlich a contribué

à donner le ton pendant cette période.

FAUCHEUX, S., & NOËL, J.-F. 1995.

*Économie des ressources naturelles et de l'environnement*. Paris, Armand Colin, 370 p.

Un des rares manuels en français ; l'ouvrage correspond au second cycle des universités.

FERRY, L. 1992.

*Le nouvel ordre écologique : l'arbre, l'animal et l'homme*. Bernard Grasset. Paris. 277 p.

Un ouvrage important, qui tente de montrer l'évolution des modes d'entrée en relation des hommes avec la nature et qui défend contre l'écologisme l'héritage des Lumières.

À été très discuté lors de sa publication, en raison de jugements parfois rapides

et à l'emporte-pièce. Un chapitre passionnant sur les procès d'animaux en France

jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle.

GADGIL, M., & GUHA, R. 1995.

*Ecology and equity. The use and abuse of nature in contemporary India*. New York & London,

Routledge, 213 p.

Un ouvrage déjà classique sur les relations entre écologie et équité, par deux très grands scientifiques indiens.

GASTON, K. (dir.), 2000.

*Biodiversity: a biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford, 396 p.

Une série d'essais de spécialistes sur ce qu'est la diversité du vivant, analysée à la fois

sous l'angle de la biologie des nombres et sous celui de la biologie des différences.

GASTON, K. J. 2000.

« Global patterns in biodiversity », *Nature*, 405: 220-227.

La distribution de la biodiversité à l'échelle de la planète peut être exprimée par quelques gradients caractéristiques

- GEORGESCU-ROEGEN, N. 1979.  
*Demain la décroissance. Entropie, écologie, économie.* Lausanne.  
 Une réflexion écologique sur l'économie dont l'intérêt est de montrer que la décroissance est désormais inévitable pour que le développement soit réellement durable, à très long terme.
- GODARD, O. 1994.  
 « Le développement durable : paysage intellectuel », *Nature, sciences, sociétés*, vol. 2, n° 4 : 309-322.  
 Article important pour comprendre ce qui sépare les différentes approches de la durabilité, « forte » ou « faible ».
- GODARD, O. (dir.), 1997.  
*Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines.* Paris, Mh et INRA, 351 p.  
 Ouvrage collectif assorti d'une solide introduction de l'éditeur, passant en revue les acceptions et mises en application du principe de précaution dans divers domaines.
- GRIFFON, M. (dir.) 1996.  
*Vers une révolution doublement verte.* Actes d'un séminaire, Poitiers, Futuroscope, 8 et 9 nov. 1995, 206 p.  
 Actes d'un séminaire international consacré à la recherche des fondements d'un nouveau type de révolution verte, en harmonie avec le concept de durabilité.
- GROUZIS, M., LE FLOC'H, E., BILLE, J. C., & CORNET, A. (dir.), 1992.  
*L'aridité, une contrainte au développement.* Paris, Orstom, Coll. IDT, 597 p.  
 Nombreuses contributions sur l'aridité d'une part, ses relations avec le développement d'autre part. Cet ouvrage permet, entre autres, de bien distinguer l'aridité de la sécheresse et de la désertification.
- HAMMARSKJÖLD, D. 1975.  
*Un autre développement. Rapport à l'Assemblée générale des Nations unies.* Uppsala, Dag Hammarskjöld Foundation, 136 p.  
 L'un des rapports les plus importants des années soixante dix, dans la dynamique de prise de conscience des relations entre environnement et développement compris comme à la fois social et économique. Les chercheurs Français ont contribué de façon importante à ce rapport.
- HANNA, S., FOLKE, C., & MÄLER, K. G. (dir.), 1996.  
*Rights to nature. Ecological economics, cultural and political principles of institutions for the environment.* Wash. D.C., Island Press, 298 p.  
 Un ouvrage qui aide à comprendre le rôle déterminant des institutions dans la gestion durable de l'environnement. Ces institutions, souvent locales, sont fréquemment sous-estimées par les analystes.

HARDIN, G. 1993.

*Living within limits. Ecology, economics and population taboos.* New York, Oxford, 339 p.

Un exercice qui se veut « malthusien » par l'un des pères de la « sociobiologie ».

Hardin consacre l'ouvrage à convaincre le lecteur du danger que la démographie « galopante » fait courir à la planète, et particulièrement celle des pauvres, qui exercent une pression immédiate sur les ressources. La thèse débouche sur la nécessité de ramener la population mondiale à 600 millions d'habitants, un chiffre supposé correspondre à une non moins supposée « capacité de charge ».

HULOT, N., BARBAULT, R., & BOURG, D. 1999.

*Pour que la Terre reste humaine.* Paris, Le Seuil, 171 p.

Institut de France. 2000.

*Conséquences scientifiques, juridiques et économiques du protocole de Kyoto.* Paris, Académie des sciences, Académie des sciences morales et politiques, éditions Tec. et Doc., 76 p.  
Utile pour ceux qui voudraient apprécier les conséquences non environnementales du protocole de Kyoto sur les émissions de CO<sub>2</sub>

JOLLIVET, M. (dir.) 1992.

*Sciences de la nature, sciences de la société : les passeurs de frontières.* Paris, CNRS éditions, 589 p.  
Cet ouvrage est l'une des plus importantes contributions de la recherche française à la réflexion sur l'interdisciplinarité indispensable pour aborder les questions environnementales.

JOLLIVET, M. (dir.), 2001.

*Le développement durable, de l'utopie au concept. De nouveaux chantiers pour la recherche.*

Elsevier, Paris, 288 p.

Qu'est-ce que le développement durable pour des chercheurs de différents domaines ?  
Pour des publics curieux mais pas nécessairement spécialisés.

KANDEL, R., 1990.

*Le devenir des climats.* Paris, Hachette, 127 p.

Bonne introduction à la connaissance des climats, de lecture aisée.

KARSENTY, A. 1999.

*Les instruments économiques de la forêt tropicale. Le cas de l'Afrique centrale.* Paris, Maisonneuve et Larose, CIRAD, 125 p.

Analyse de l'utilisation des divers instruments permettant de gérer durablement les forêts tropicales, l'auteur insistant plus particulièrement sur la fiscalité.

KATE, K. T. 2002.

« Science and the Convention on Biological Diversity », *Science*, 295 : 2371-2372.

Point récent sur le contexte institutionnel de mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique (CBD).

KEMPF, H. 1994.

*L'économie à l'épreuve de l'écologie.* Paris, Hatier, 79 p.

Bonne introduction, très illustrée de cas, sur les relations entre économie et écologie.

KOURILSKY, P., & VINEY, G. 2000.

*Le principe de précaution. Rapport au Premier ministre.* Paris, Documentation française et Odile Jacob, 405 p.

L'ouvrage de référence le plus complet sur le sujet en français. Montre bien que le principe de précaution est une incitation et non un empêchement à agir.

LAMY, M. 1999.

*La diversité du vivant.* Le Pommier-Fayard, 156 p.

Un ouvrage clair sur la diversité du vivant. Niveau terminale ou premiers cycles universitaires.

LARRÈRE, C. 1997.

*Les philosophies de l'environnement.* PUF, Paris, 124 p.

Analyse très fine des courants de pensée qui ont animé, notamment aux États-Unis, les théoriciens et praticiens de la protection de la nature, jusqu'à l'émergence de la biologie de la conservation moderne. Indispensable pour comprendre les fondements culturels et philosophiques des prises de position actuelles en matière de sauvegarde de la diversité du vivant.

LARRÈRE, C., & LARRÈRE, R. 1997.

*Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement.* Alto, Aubier, 355 p.

Les deux auteurs, l'un philosophe et l'autre ingénieur agronome, en réexaminant les termes d'un long débat qui opposait l'homme à la nature, posent ici les jalons d'une nouvelle vision de cette dernière. Un bon usage de la nature qui donne à penser pour soi-même.

LAWTON, J. H., & MAY, R. M. (dir.), 1995.

*Extinction rates.* Oxford University Press, Oxford, 233 p.

Tout ce que l'on sait sur la biologie des extinctions passées, en cours ou à venir. Ouvrage de spécialiste.

LE BRAS, H. 1994.

*Les limites de la planète : mythes de la nature et de la population.* Paris, Flammarion, 350 p.

Critique approfondie et parfois virulente du néomalthusianisme et de la sociobiologie. Hervé Le Bras, fait justice, notamment, de la notion de « capacité de charge », dès que l'on sort des conditions d'expérience en laboratoire.

LE PRESTE, P. 1997.

*Écopolitique internationale.* Montreal, Guérin Universitaire.

Analyse approfondie des enjeux internationaux des politiques environnementales, par un politologue important.

LÉVÊQUE, C. 1994.

*Environnement et diversité du vivant.* Cité des sciences et de l'industrie, et ORSTOM, Presses Pocket, 127 p.

Petit ouvrage de lecture aisée et riche d'analyses et d'informations.

LÉVÊQUE, C. 1997.

*La biodiversité.* PUF, Paris, 127 p.

Essai très clair sur ce que sont la biodiversité et ses enjeux.

LÉVÊQUE, C., & MONOULOU, J.-C. 2001.

*Biodiversité. Dynamique biologique et conservation.* Dunod, Paris, 248 p.

Manuel à usage universitaire sur la dynamique de la biodiversité et sa conservation.

Très complet et de lecture facilitée par une écriture évitant le jargon.

LEVIN, S. A. (dir.) 2001.

*Encyclopedia of Biodiversity*, 5 volumes, Academic Press, San Diego, 5000 p.

Tout ce que vous voulez savoir sur la diversité du vivant, par les meilleurs spécialistes mondiaux de la question; sa nature sous toutes les coutures, sur tous les continents, des micro-organismes aux séquoias géants; les menaces qui pèsent sur elle, ce que l'on sait sur les facteurs et les taux d'extinction; les enjeux qu'elle suscite; les pratiques et stratégies de conservation, etc. Très complet et très utile pour les journalistes, les enseignants... et les curieux.

LOCATELLI, B. 1996.

*Forêts tropicales et cycle du carbone.* Montpellier, CIRAD, coll. « Repères », 91 p.

L'un des premiers ouvrages en français sur le stockage du carbone par les écosystèmes forestiers, de lecture aisée et bien documenté.

LOVELOCK, J. E. 1986 [1979].

*La Terre est un être vivant. L'hypothèse Gaïa.* Le Rocher. 184 p.

L'auteur conçoit la Terre comme un superorganisme vivant dans lequel nous ne serions que des éléments de l'organisme, un peu comme les globules rouges n'ont pas d'existence autonome... Ouvrage sérieux, et hypothèse stimulante, non responsable des usages qui ont pu en être faits pour accréditer des croyances en la déesse Terre. Initialement publié en 1979.

LUBCHENCO, J., OLSON, A. M., BRUBAKER, L. B., CARPENTER, S. R., HOLLAND, M. M., HUBBEL, S. P., LEVIN, S. A., MACMAHON, J. A., MATSON, P. A., MELLILO, J.-M., MOONEY, H. A., PETERSON, C. H., PULLIAM, H. R., REAL, L. A., REGAL, P. J., & RISSER, P. G. 1991.

« The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda », *Ecology*, 72 : 371-412.  
Un article important, qui marque la prise de conscience par la Société américaine d'écologie de la nécessité de faire évoluer cette discipline pour aborder la biosphère dans la perspective d'un développement durable.

MAINGUET, P. 1995.

*L'homme et la sécheresse.* Coll. « Géographie », Masson, Paris 335 p.

Pour mieux comprendre comment les hommes s'adaptent à la sécheresse et comment, le cas échéant, ils la favorisent.

MAINGUET, M. 1995.

*Desertification-Natural background and human mismanagement.* Springer-Verlag, Berlin, Germany.  
Montre les conséquences des erreurs dans la gestion des milieux sur la sécheresse.

MAZoyer, R., & Roudart, L. 1997.

*Histoire des Agcultures du monde, du néolithique à la crise contemporaine.* Paris, Le Seuil, 544 p.

La dynamique des systèmes agraires est présentée, du néolithique à nos jours. Les liens entre agriculture, population et environnement sont particulièrement approfondis dans cet ouvrage d'importance majeure.

Mégie, G. 1989.

*Ozone : L'équilibre rompu.* Presses du CNRS. Paris. 260 p.

Ouvrage dans lequel Gérard Mégie fait le point sur le devenir de la couche d'ozone et les moyens de remédier à sa tendance à disparaître.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J., 2000.

« Biodiversity hotspots for conservation priorities », *Nature*, 403 : 853-858.

Faut-il concentrer les efforts de conservation sur quelques hauts lieux de biodiversité où celle-ci est particulièrement menacée ?

Nelissen, N., & Van der Straaten, Klinkers, L. (dir.) 1997.

*Classics in environmental studies. an overview of classic texts in environmental studies.*

The Hague, International Books, 423 p.

Pour prendre connaissance des étapes de la construction de l'environnement comme domaine scientifique.

OCDE, 1999.

*Manuel de protection de la biodiversité. Conception et mise en œuvre des mesures incitatives.*

Paris, OCDE, 196 p.

Ce manuel d'économie de la biodiversité passe en revue les incitations possibles en vue d'une gestion durable. Il met l'accent sur les droits de propriété, non nécessairement privés, comme l'une des conditions importantes de cette durabilité.

O'Connor, M. (dir.), 1994.

*Is capitalism sustainable ? Political economy and the politics of ecology.* New York, London, Guilford Press, 283 p.

Ouvrage collectif important, qui tente d'évaluer le système économique actuel à l'aune de la durabilité telle que définie par la commission Brundland. Riche de nombreux auteurs et d'approches multiples de cette question.

O'Connor, M., & Spash, C. L. (dir.) 1999.

*Valuation and the environment. Theory, methods and practices.* London, Edward Elgar,

« *Advances in ecological economics* », 339 p.

Ouvrage collectif qui passe en revue les méthodes d'évaluation économique et sociale de l'environnement, sans se limiter à l'évaluation par consentements à payer. Une bonne vue d'ensemble comparatiste sur le sujet.

ORSTOM, 1993.

*Une terre en renaissance*. Paris, Le Monde diplomatique, coll. «Savoirs», 127 p.

Un an après Rio 1992, ce document offre un large éventail d'articles couvrant la plupart des domaines et des enjeux environnementaux, par un nombre important d'auteurs de qualité; ce volume n'a pas vieilli et reste d'utilité.

OSTROM, E. 1989.

*Governing the Commons*. Cambridge Univ. Press.

Vingt ans après la *Tragédie des communs* de Hardin, Elinor Ostrom propose une vision renouvelée des régimes d'appropriation des ressources et montre que de tous les systèmes, les moins performants semblent être le « tout privé » et le « tout public ». Passant en revue un grand nombre de formes de gestion *en commun* (« *common pool* »), elle met en évidence la capacité de ces formes de propriété collective à assurer une gestion durable.

OSBORN, F. 1949.

*La planète au pillage*. Payot. Paris.

L'auteur calcule la capacité de charge de la terre à moins de 2 milliards d'hommes.

Une détection précoce de la crise population/ressources/environnement. L'auteur s'est concentré sur les ressources naturelles mais a ajouté le surpeuplement à l'équation.

Aux origines de la pensée néo-malthusienne actuelle.

PASSET, R. 1979.

*L'économie et le vivant*. Payot.

René Passet procède à une analyse lucide et pertinente de la situation de crise du monde contemporain. La science économique classique, centrant sa démarche sur la gestion optimale de biens matériels, inanimés, soumet hommes et nature à une loi qui n'est pas nécessairement la leur. Ce livre, important, a connu plusieurs rééditions.

PNUD.

*Rapport sur le développement humain*.

Chaque année, le PNUD publie ce rapport très riche en statistiques et en indices originaux, tels que l'indice de développement humain et l'indice de pauvreté humaine.

PONTANIER R., M'HIRI, A., ARONSON, J., AKRIMI, N., & LE FLOC'H, E. (dir.) 1995.

« L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? », *Science et changements planétaires/Sécheresse*.

Paris, John Libbey, 455 p.

De nombreux essais sur la réversibilité des processus écologiques et sociaux.

PURVIS, A., & HECTOR, A. 2000.

« Getting the measure of biodiversity », *Nature*, 405: 212-219.

Peut-on mesurer la biodiversité? Même si aucun nombre n'exprimera jamais ce qu'est la diversité du vivant, l'analyse de celle-ci sous ses divers aspects est particulièrement féconde pour l'homme, qui la détruit à un rythme sans précédent.

RICH, B. 1994.

*Mortgaging the Earth. The World Bank, the environmental impoverishment and the crisis of development.* Boston, Beacon Press, 376 p.

Une critique acerbe et radicale du rôle de la Banque mondiale dans la dégradation de l'environnement et la montée de la pauvreté. La Banque est mise en accusation, notamment en raison de l'inversion des flux de capitaux, majoritairement orientés Sud-Nord, par le jeu des remboursements de la dette. Elle est également mise en cause pour ses grands projets destructeurs d'environnement et porteurs de graves atteintes sociales, notamment les grands barrages.

RIFKIN, J. 1998.

*Le siècle biotech. Le commerce des gènes dans le meilleur des mondes.* Paris, La Découverte, 348 p.

Exploration des conséquences de la révolution biotechnologique et de l'expansion du système de brevets au vivant. L'ouvrage contient entre autres un chapitre important sur l'eugénisme aux États-Unis entre les deux guerres, ainsi qu'une réflexion nécessaire sur les implications potentielles des biotechnologies sur le statut de la personne.

RIFKIN, J. 2000.

*L'âge de l'accès. La révolution de la nouvelle économie.* Paris, La Découverte, 396 p.

L'auteur tente de montrer qu'à l'âge d'Internet, des droits de propriété intellectuelle et de la mondialisation, la propriété au sens classique est vouée à disparaître au profit de marchés de droits d'accès.

ROCHETTE, R. M. (dir.) 1989.

*Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences.* Berlin, CILSS, PAC, GTZ, 52p.

ROQUEPLO, P. 1988.

*Pluies acides: menaces pour l'Europe.* Economica, Paris, 357 p.

Philippe Roqueplo a considérablement fait avancer les conceptions de l'expertise en situation de crise et plus généralement de l'expertise environnementale, en situation d'incertitude scientifique.

ROQUEPLO, P. 1993.

*Climats sous surveillance. Limites et conditions de l'expertise scientifique.* Economica, 401 p.

Dans cet ouvrage, l'expertise en matière de climat est analysée très en détail.

Devrait être lu par les scientifiques comme par les « décideurs ».

SACHS I. 1997.

*L'écodéveloppement. Stratégie pour le XXI<sup>e</sup> siècle.* Syros, Paris, 124 p.

Sachs retrace l'évolution, les fondements et les valeurs de l'écodéveloppement. Il s'intéresse à ce qui aurait dû être l'ébauche d'une ère nouvelle: le sommet de la Terre de Rio, en 1992.

SANDLUND, O. T., HINDAR, K., & BROWN, A. H. D. (dir.), 1992.

*Conservation of biodiversity for sustainable development.* Scandinavian University Press, Oslo, 324 p.

Ouvrage collectif illustrant les problématiques de conservation de la biodiversité dans une perspective de développement durable. Pour spécialistes.

SCHUMACHER, E. F. 1978.

*Small is beautiful. Une société à la mesure de l'homme.* Le Seuil, coll. « Points ».

Un ouvrage majeur : Schumacher fait dans ce livre une critique de la société de production de masse. Il expose ses absurdités, les impasses dans lesquelles elle se dirige et propose des solutions qui reviennent à rapprocher le système de production humain de son environnement écologique afin de réduire les déséquilibres.

SMOUTS, M. C. 2001.

*Forêts tropicales, jungle internationale. Les revers d'une écopolitique mondiale.* Paris, Fondation nationale des sciences politiques, 349 p.

Étude serrée des enjeux internationaux et nationaux de la gestion des forêts tropicales, par l'une des (trop) rares politologues françaises qui s'intéresse aux enjeux environnementaux. De lecture passionnante.

SOLAGRAL, 1994.

*Biodiversité : le fruit convoité.* FPH/Solagral, 100 p.

Un essai de vulgarisation réussie sur les enjeux et conflits d'intérêts que suscite la biodiversité.

SOLAGRAL, 1998.

*Gestion des ressources naturelles. Droits de propriété, institutions et marchés.*

Actes d'une journée de débats, 101 p.

Solagral, qui publie *Le Courrier de la planète*, organise aussi des journées de réflexion sur des thèmes importants, donnant lieu à des publications synthétiques, approfondies mais toujours aisées de lecture.

SOLAGRAL, 1999.

*L'environnement dans les négociations commerciales multilatérales : un passage obligé ?*

Actes d'une journée de débats, octobre, 112 p.

STIGLITZ, J., 2002.

*La grande désillusion.* Paris, Fayard. [*Globalization and its discontents.* Norton, 2002].

Une sévère critique du FMI par un Prix Nobel qui a été économiste en chef de la Banque mondiale et l'artisan de la fin du « consensus de Washington », qui considérait que le remplacement de l'État par le marché et le secteur privé serait suffisant pour enclencher la croissance... Livre de lecture aisée, et très profond.

TEVOEDJRE, A. 1978.

*La pauvreté, richesse des peuples.* Éd. Ouvrières, coll. « Économie et humanisme ».

Le livre développe la thèse, apparemment paradoxale, selon laquelle « la pauvreté peut constituer une richesse des peuples ». L'imitation par les pays émergents des options des pays industrialisés conduit à négliger les besoins et les aspirations des peuples.

THOREAU, D. H. 1992 [1854].

*Walden ou la vie dans les bois*. Paris, Gallimard, coll. «L'imaginaire», 263 p.

*Walden ou la vie dans les bois* est, avec *Le Printemps silencieux* de Rachel Carson,

l'un des deux ouvrages qui ont le plus contribué à la naissance d'une sensibilité écologique aux États-Unis. Ils sont les équivalents américains des ouvrages français sur l'harmonie des hommes avec la nature et sur le «bon sauvage» étendu aux espèces sauvages.

À mettre en parallèle avec l'ouvrage de A. Harendt, publié en 1961 (voir supra).

TILMAN, D. 2000.

«Causes, consequences and ethics of biodiversity», *Nature*, 405: 208-211.

Comment expliquer l'existence sur terre d'un si grand nombre d'espèces ?

Quels sont les effets de la biodiversité sur les écosystèmes ? Quelles réponses sociétales à l'érosion de la biodiversité faut-il attendre ?

TROADEC, J. P. (dir.), 1989.

*L'homme et les ressources halieutiques*. Brest, IFREMER, 817 p.

Quelques années avant Rio, ce livre collectif met l'accent sur l'accès et l'usage des ressources. Les meilleurs spécialistes mondiaux de ces questions dans le domaine des pêches ont contribué à cet ouvrage, qui est et restera un document de référence.

UNEP, 1992.

*Global biodiversity strategy. Guidelines for action to save, study and use earth's biotic wealth sustainably and equitably*. WRI, UICN, UNEP, 244 p.

Essai clair et bien étayé sur la biodiversité, qui propose une stratégie mondiale conçue dans un esprit de développement durable. Ouvrage-clé dans l'histoire de la conservation de la nature.

UNEP, 1995.

*Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, 1140 p.

Ce monumental ouvrage auquel ont participé plus d'une centaine d'auteurs du monde entier, représente l'état des connaissances au moment de la conférence de Rio.

Pour spécialistes et décideurs.

UNESCO, 1996.

*Réserves de biosphère: la Stratégie de Séville et le cadre statutaire du Réseau mondial*.

UNESCO, Paris, 20 p.

Petit fascicule qui marque un tournant et une relance pour le programme L'homme et la biosphère (MAB) de l'UNESCO, programme qui, dès les années soixante-dix, tentait de jeter les bases et une pratique du développement durable.

VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., & MELLILO, J.-M. 1997.

«Human domination of earth's ecosystems», *Science*, 277: 494-499.

L'un des articles de référence qui souligne et précise les impacts de l'espèce humaine sur les écosystèmes de la planète, à condition de penser ces impacts en termes de compétition entre les humains et la phytomasse pour l'énergie solaire. On a là le point de vue et les bases de l'argumentation des écologues impliqués dans les débats sur la nécessité d'une sauvegarde des grands écosystèmes de la planète.

VOITURIEZ, G., & JACQUES, G. 1999.

*El Niño, réalité et fiction*. Paris, UNESCO, 116 p.

Une introduction solide à la variabilité climatique, sa prévision et ses effets environnementaux, économiques et sociaux.

VOITURIEZ, B. 1992.

*Les climats de la Terre*. Paris, Cité des sciences et de l'industrie, Presses Pocket, 127 p.

Bonne introduction, facile de lecture, sur le sujet.

WEBER, J. 1995.

*Gestion des ressources renouvelables: fondements théoriques*. CIRAD-Green, 18 p. [« Gestão de recursos renováveis: fundamentos teóricos de um programa de pesquisas »].

In Veira, P. F., et Weber, J. (dir.), *Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento:*

*Novos desafios para a pesquisa ambiental*. São Paulo, Cortez Editora, 1997, trad. de Pontbriand-Veira, A. S., et Lassus, C., 500 p.: 115-146.

Une réflexion et mise au point sur les fondements théoriques de la gestion des ressources renouvelables. Point de vue d'un économiste-anthropologue, qui équilibre l'éclairage adopté dans l'article de Coștanza *et al.*

WILSON, E. O. (dir.) 1998.

*Biodiversity*. National Academic Press, Washington D. C. 521 p.

Ouvrage fondateur qui propage le nouveau vocable de « biodiversité » et donne le contexte scientifique qui, en coulisses, tenta de s'exprimer à Rio lors de la Conférence sur l'environnement et le développement de juin 1992.

WINTER, G. 2002.

*L'impatience des pauvres*. Paris, PUF, coll. « Histoire et société », 291 p.

Ouvrage largement fondé sur les relations entre politiques de développement, développement des inégalités et pauvreté. Ce livre est une contribution importante en vue de Johannesburg 2002.

ZACCAÏ, E. 2002.

*Le développement durable: dynamique et constitution d'un projet*. Bruxelles, éditions Peter Lange, 358 p.

Récemment publié, l'ouvrage se veut une étape sur la route de Johannesburg.

Il retrace les étapes de la genèse du concept de développement durable, à travers les conférences sur le développement et l'environnement.

## Sites Internet

<http://www.un.org/french/events/wssd/>

Site des Nations unies sur le Sommet mondial, contient à la fois le calendrier des événements préparatoires, les documents préparatoires. Très riche.

<http://www.worldsummit.org.za>

Le site officiel du Sommet mondial en Afrique du Sud. Toutes les informations sur les avancées de la préparation.

<http://www.climatenetwork.org/eco/>

Plusieurs ONG internationales participent à la rédaction de la lettre d'information Eco, disponible sur ce site.

<http://www.biodiv.org>

Site officiel de la Convention sur la biodiversité.

<http://www.crdi.org.sg>

Site du Centre de recherche sur le développement international, de l'Agence canadienne pour le développement international. Site très riche en matière de développement durable. Consultable en français.

<http://www.agora21.org>

Pour consulter l'Agenda 21. De nombreux liens avec d'autres sites d'importance. Consultable en français.

<http://www.iisd.ca>

Institut international du développement durable, à Winnipeg, Canada. Très documenté sur le changement climatique, la biodiversité, la désertification. Consultable en français.

<http://www.globenet.org/crid>

<http://www.comite21.org>

Site français sur la mise en œuvre de l'Agenda 21.

<http://www.association4d.org>

Site de l'Association 4D, riche en informations et débats sur les différents aspects du développement durable.

<http://www.un.org>

Site des Nations unies, sur lequel il est possible de suivre la préparation du sommet de Johannesburg et de trouver les textes des principales conventions: biodiversité, Agenda 21, etc. Nombreux liens vers les autres agences des Nations unies.

<http://www.fao.org>

Site de la FAO.

<http://www.unep.org>

Site du Programme des Nations unies pour l'environnement.

<http://www.undp.org>

Site du Programme des Nations unies pour le développement. Le meilleur site pour avoir une idée claire de l'évolution économique et sociale du monde.

<http://www.cnrs.fr>

Site du CNRS, dans lequel le lecteur trouvera des informations sur les derniers développements scientifiques en matière d'environnement.

<http://www.cirad.fr> et <http://www.ird.fr>

Sites du CIRAD et de l'IRD. Fournissent des sources importantes d'informations sur la recherche dans le monde intertropical, le développement et l'environnement.

<http://www.inra.fr>

Pour tout ce qui concerne la recherche agronomique et les biotechnologies.

<http://www.mnhn.fr>

Offre un site très riche sur tous les aspects de la biosphère.

*Plus spécifiquement biodiversité.*

<http://www.brg.fr>

Site du Bureau des ressources génétiques, et <http://gis-ibf.fr>, site de l'Institut français de la biodiversité.

<http://www.unfccc.de/>

Site officiel de la Convention des Nations unies sur le changement climatique (le texte complet de Kyoto peut être téléchargé, en français, en format PDF).

<http://www.globalwarming.org>

Informations sur le réchauffement climatique.

<http://environnement.gouv.fr>

Ministère de l'Écologie et du Développement durable.

<http://diplomatie.gouv.fr>

Ministère des Affaires étrangères.

<http://www.documentation-francaise.gouv.fr>

Permet d'avoir accès et, pour certains, de télécharger les rapports officiels au gouvernement français et les publications de la Documentation française.

<http://bnf.fr>

La Bibliothèque nationale de France François-Mitterrand en ligne.

<http://www.unccd.int/>

Site officiel de la Convention sur la désertification.

<http://www.csf-desertification.org>

Site du comité scientifique français pour la Convention sur la désertification.

<http://www.unesco.org/mab>

Site du programme « l'homme et la biosphère » de l'UNESCO, permet de prendre connaissance de la stratégie de Séville et du Réseau mondial des réserves de la biosphère.

<http://www.irdc.ca/media/fdesert1.html>

Site du Centre international pour la recherche et le développement (CRDI canadien). Riche d'informations et de documents, pas seulement sur la désertification.

<http://cari.asso.free.fr>

Site du Centre d'actions et de réalisations internationales; ONG active, notamment en ce qui concerne la désertification.

<http://www.solagral.org/publications/>

Site de Solagral, qui publie une excellente revue d'information de bon niveau: *Le Courrier de la planète*. Les numéros, à thème, ont abordé la plupart des enjeux du sommet mondial de Johannesburg.

<http://www.iepf.org>

Sur ce site, il est possible de télécharger et de s'abonner (gratuitement) à la passionnante revue de la francophonie: *Objectif Terre*.

<http://www.iucn.org>

Le site de l'Union internationale pour la conservation de la nature comporte des dossiers importants sur le sommet mondial, notamment une rubrique: «Que représente pour vous le Sommet mondial sur le développement durable?»

<http://www.panda.org>

Site de World Wild Fund (W W F) International. Contient aussi de nombreux documents soutenant les positions des mouvements de conservation de la nature.

### **Audiovisuel.**

De nombreux documents audiovisuels ont été produits en France, sur les sujets traités dans ce livre.

L'émission «Thalassa» (qui produit également l'émission «Faut pas rêver»)

a réalisé un nombre important de très beaux documentaires qui ont pour trait commun de s'intéresser aux relations entre les humains et la nature, plus qu'à la nature elle-même. Les films sur l'environnement donnent à comprendre comment se génèrent des pollutions, comment les écosystèmes, comme les sociétés, tentent d'y faire face. Qu'il s'agisse de la Caspienne ou de la Petite Camargue, ou encore des plates-formes pétrolières, nul manichéisme dans ces documents dont la beauté accompagne l'intelligence, le tact et la clarté.

<http://www.france3.fr/semi/42-2333-NIL-1528.html>

L'institut de recherche pour le développement (IRD) dispose également d'un catalogue de films accessibles également sur support vidéo, relatifs à la nature et l'environnement, aux expéditions scientifiques, aux peuples de la forêt comme de la mer, et à la façon dont ils interagissent avec la nature. Ces documents concernent la ceinture intertropicale dans son ensemble. Le catalogue est consultable en ligne, ainsi qu'une photothèque très importante.

<http://www.ird.fr> et [audiovisuel@bondy.ird.fr](mailto:audiovisuel@bondy.ird.fr)

Le CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement offre également des documents audiovisuels en relation avec le travail de ses équipes de recherche dans la ceinture intertropicale; et l'INRA, en ce qui concerne principalement le territoire français métropolitain.

<http://www.cirad.fr> et <http://www.inra.fr>

Le CNRS (Centre national de la recherche scientifique) offre un catalogue de films et une photothèque en ligne, avec un très important catalogue.

<http://www.cnrs.fr/diffusion/index.html>

Le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) offre l'accès en ligne à une photothèque, et dispose par ailleurs d'une médiathèque.

<http://www.mnhn.fr/mnhn/pmh/Images/>

Toutes les émissions hertziennes de radio et de télévision ayant une part de français donnent lieu à dépôt obligatoire auprès de l'Institut national de l'audiovisuel (INA) depuis 1995. On peut consulter ces archives et accéder à de nombreux audiovisuels relatifs à l'environnement, à la pauvreté, au changement climatique, à la sécheresse, à la biodiversité.

<http://www.ina.fr/visite/chercheurs/index/html>

Il existe de nombreux autres sites, que l'on pourra atteindre grâce aux liens contenus dans les sites proposés.

Réalisation **adpf** Anne Parian.

6, rue Ferrus. Paris 14 ● Fabrication Cent pages.

Typographie SP Millot. Composé en Architype Renner et Lanston Kaatskill.

Imprimé sur PrintSpeed 70 grs, Fedrigoni Kryocolors 85 grs pour les pages intérieures et Fedrigoni Saville Row 160 grs pour la couverture.

Crédits photographiques des pages de couverture :

p 1 : © Locatelli et Loisel, 2002. p 2 : © Lucky Comics 2002 (extrait de « Lucky Luke: Des barbelés dans la prairie »)

Crédits photographiques des pages intérieures :

p 11 : © Droits réservés. p 12 : © Worldsat International

& J. Knighton/Science Photo Library. p 50 : © Afp.

p 88 © Edward/Still. p 89 : © H. Chelle/Bios. © G. Dif/Bios.

© M. Wendler, P. Arnold/Bios. p 90 : © G. Lopez/Bios.

© P. Brabant/IRD (ex-Orstom). © Y. Marguerat/IRD

(ex-Orstom). p 91 : © O. Bouqueau/Bios. © H. Klein/Bios.

p 92 : © A. Compost/Bios.

p 131 : © M. & C. Denis-Huot/Bios. © C. Ruoso/Bios.

© P. Bessard-Pig/Afp. p 132 : © J. May/Corbis Sygma.

© J. Mellom/Corbis Sygma. p 133 : © M. Welsh/Corbis Sygma.

© NOAA/Science Photo Library. p 175 : © esa 2002.

p 176 : © Liaison Antarctica/Gamma presse.

© **Ministère des Affaires étrangères — adpf**

Juillet 2002/7 500 exemplaires. Isbn 2-911127-97-8/13 euros

## Titres parus

Aragon

Architecture en France

Art contemporain en France/épuisé

Balzac (Honoré de)

Bande dessinée en France

Bernanos (Georges)

Breton (André)

Chateaubriand (François René de)

Cinéma français

Cinéma français 2

Cinquante ans de philosophie française

1. Les années cinquante

2. Les années structure, Les années révolte

3. Traverses

4. Actualité de la philosophie française

Écrivains francophones/épuisé

Écrivains français d'outre-mer/épuisé

France – Allemagne

France – Arabies

France – Grande-Bretagne

Gracq (Julien)

La Fontaine (Jean de)

La nouvelle française contemporaine

L'Essai

L'État

Lévi-Strauss (Claude)

Lire la science

Livres français pour la jeunesse/épuisé

Livres français pour la jeunesse 2/épuisé

Malraux (André)

Maupassant (Guy de)/épuisé

Médecine en français/épuisé

Michaux (Henri)

Musique en France

Nouvelle médecine française

Philosophie contemporaine en France/épuisé

Photographie

Poésie contemporaine en France/épuisé

Polar français

Roman français contemporain/épuisé

Roman français contemporain 2

Sarraute (Nathalie)

Sciences humaines et sociales en France

Simon (Claude)

Sport et Littérature

Théâtre français

Voltaire

## À paraître

La France de la technologie

Le Roman français

Les textes publiés dans ce livret et les idées qui peuvent s'y exprimer n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne représentent en aucun cas une position officielle du ministère des Affaires étrangères.