

## **Biodiversité, écologie et sociétés**

ROBERT BARBAULT

**Le succès planétaire** du néologisme *biodiversité* marque une rupture épistémologique majeure, l'émergence d'un nouveau concept. Un concept qui fait penser la diversité du vivant, et par voie de conséquence l'homme dans le monde, d'une manière renouvelée – grâce à une approche écologique elle-même renouvelée.

De fait, par ses origines écologiques et le contexte « environnement et développement » qui a présidé à son apparition (le sommet planétaire de Rio de Janeiro, juin 1992), c'est l'homme qu'interpelle le concept de biodiversité, l'homme produit d'un développement qui dure depuis 3,8 milliards d'années – celui de la Vie –, l'homme espèce interdépendante de millions d'autres, l'homme facteur d'extinction et de transformation d'espèces, l'homme porteur de civilisation.

Après une présentation de la biodiversité dans tous ses états, j'examinerai successivement les menaces qui pèsent sur elle et les enjeux qu'elle représente. Il sera possible alors de souligner les perspectives qu'offre la vision écologique sous-jacente pour la mise en œuvre d'un développement durable de l'échelle locale à l'échelle planétaire.

### **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 autre, 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.

Robert Barbault, écologue, est professeur à l'Institut fédératif d'écologie fondamentale et appliquée (IFR101), Université Pierre et Marie Curie, 7, quai Saint-Bernard, bâtiment A, 75005 Paris.

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'autorépliquer, la vie n'a cessé de se diversifier tout en se transformant. Quand de nouvelles espèces naissent, d'autres disparaissent : comme les individus qui les constituent, les espèces sont mortelles, mais leur durée de vie se compte, en moyenne, en millions d'années. 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 (Mexique) 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 – différenciation de nombreuses espèces à partir d'une espèce « source » –... 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 multiplier en se diversifiant, il faut se transformer ! Que nos sociétés en prennent bonne note.

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 : pour l'écrasante majorité d'entre elles, on ignore à peu près tout de la biologie, des caractéristiques fonctionnelles, du rôle dans l'écosystème planétaire, des utilisations possibles par l'homme. À la source de toute cette dynamique on trouve une omniprésente variabilité génétique, la prodigieuse capacité de multiplication des êtres vivants et la mécanique implacable de la sélection naturelle.

Mais derrière ce foisonnement du vivant, cette pullulation d'espèces, les naturalistes ont su lire toute une organisation.

Le premier ordre qui fut identifié résulte du processus de spéciation : les nouvelles espèces qui apparaissent procèdent d'espèces mères ; en d'autres termes il existe des *relations de parenté* entre les espèces : l'image organisée de l'arbre du vivant se substitue à cette première impression d'une sorte de forêt vierge d'espèces indépendantes

les unes des autres. Cette représentation ordonnée de la diversité du vivant que nous construit la biosystématique moderne a le grand mérite aussi, je voudrais le souligner en passant, de nous resituer, nous autres membres de l'espèce *Homo sapiens*, au tout proche voisinage de nos frères et cousins, chimpanzés et autres gorilles (figure 1).

Avec le développement de l'écologie, c'est un ordre fonctionnel qui a été établi. Il résulte de la dynamique des interactions qui s'exercent au sein d'écosystèmes constitués de populations naturelles et de leur environnement physique. On parle, pour mieux souligner qu'il s'agit là de relations consommateurs-ressources, de réseaux *trophiques*.

Par le jeu des interactions de compétition, de prédation, de parasitisme, de mutualisme et sous l'effet de contraintes exercées par le cadre physico-chimique et climatique, les différentes espèces ajustent leurs niches écologiques, évoluent ou disparaissent localement. On imagine

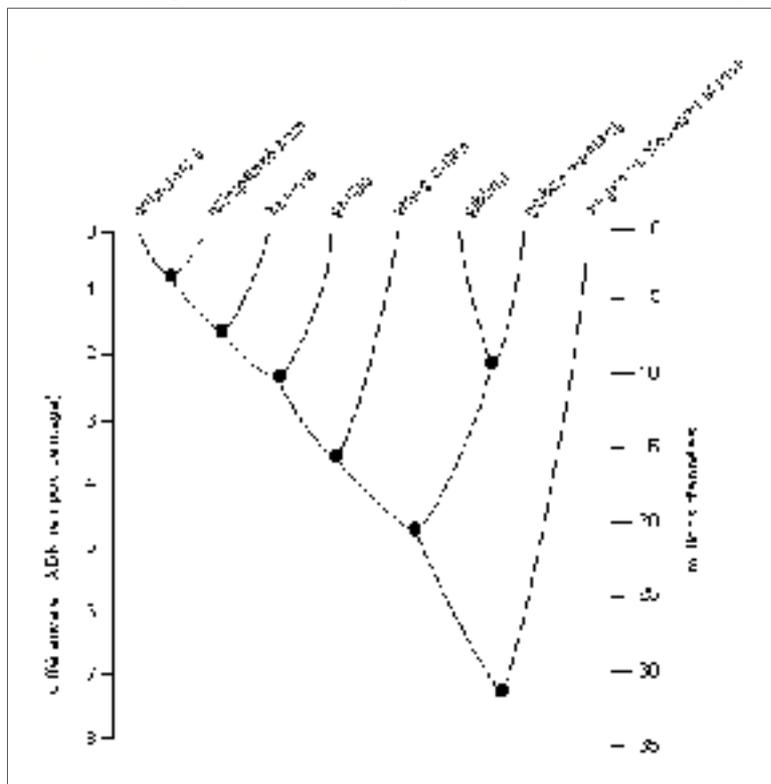


Figure 1. Arbre phylogénétique situant l'homme parmi les autres primates et soulignant la grande proximité génétique entre celui-ci et ses cousins anthropoïdes. À gauche, évaluation du degré d'apparementement à partir des similitudes entre ADN ; à droite, évaluation de l'âge de divergence des espèces.

aisément qu'à l'échelle de l'évolution cette diversité *écologique*, diversité des espèces *et* diversité des fonctions écologiques (= niches), ait pu être canalisée et organisée du local au planétaire.

Cette dynamique implique aussi bien des processus d'extinction que des processus de spéciation et de différenciation au sein des espèces. Ainsi, le phénomène créateur de diversité que l'on appelle *radiation adaptative* est une bonne illustration de ce type de dynamique écologique. En d'autres termes, la diversité des formes et des êtres vivants implique aussi l'unité de la vie. On comprend en outre que, du point de vue du fonctionnement des systèmes vivants, on ne saurait dissocier diversité génétique, diversité spécifique et diversité écologique.

La diversité du vivant est donc un fait bien établi. 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 en effet deux ruptures épistémologiques par rapport au constat bien connu d'un vivant diversifié.

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. 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 188 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. Ce qui autorise

certain auteurs à parler d'une *construction sociale* du concept de biodiversité<sup>[1]</sup>.

### **Raison d'être de la diversité du vivant**

Maintenant, il convient de souligner la signification écologique de l'état diversifié du vivant, ce que l'on peut appeler sa *raison d'être*.

Si la diversité apparaît aussi omniprésente, constamment renouvelée, restaurée après chaque grande crise d'extinction c'est parce qu'elle assure une fonction essentielle pour l'expression et le maintien de la vie. De fait, il n'y a pas de vie sans diversité : c'est une *caractéristique intrinsèque* du vivant.

On connaît bien aujourd'hui les risques associés à l'appauvrissement génétique des populations animales ou végétales. Ils sont de trois types : adaptabilité amoindrie face aux changements de l'environnement ; expression accrue de gènes délétères ; vulnérabilité des individus à l'agression des agents pathogènes suite au manque de variabilité des systèmes de défense, immunitaires ou autres, qui en découle.

Je voudrais illustrer ce point par quelques exemples, après un bref rappel de l'étonnement premier du biologiste confronté à la diversité intrapopulationnelle. Cela permettra de mieux comprendre la signification profonde du concept de biodiversité.

On sait que la variabilité génétique résulte de *mutations*, accidents survenus au cours de la mécanique complexe de la duplication de l'ADN. C'est sur la base de cette diversité que la sélection naturelle, de génération en génération, façonne l'évolution des populations et des espèces et promeut leur adaptation à l'environnement où elles se développent. Entre plusieurs variantes du même gène (ce qu'on appelle des allèles), par simple multiplication différentielle, la sélection naturelle finira par fixer l'allèle le plus efficace et éliminer les autres. Mais alors, pourquoi enregistre-t-on toujours une telle variabilité génétique dans les populations naturelles, un tel polymorphisme ?

Il y a là beaucoup à dire et cela dépasserait le cadre de cet article. Retenons que les êtres vivants se développent dans un environnement hétérogène dans l'espace et changeant dans le temps – la diversité des milieux et des climats de la terre : l'allèle le plus efficace *ici et maintenant* sera moins avantageux *ailleurs et/ou plus tard* ; la diversité apparaît comme un gage d'adaptation et de survie à long terme dans un environnement changeant, une assurance sur l'avenir gérée par la sélection naturelle.

[1] C. Aubertin, V. Boisvert et F.-D. Vivien, « La construction sociale de la question de la biodiversité », *Natures, Sciences, Sociétés*, 1, 1998, p. 7-19.

Quelques exemples feront mieux comprendre la portée de cette généralisation. L'homme a appris à ses dépens que l'homogénéisation génétique des variétés de plantes produites et cultivées à une échelle industrielle les expose particulièrement aux ravageurs à évolution rapide, virus, champignons ou insectes. Ainsi, en 1970, tandis que les pratiques de croisement et de sélection avaient réduit 85 % du maïs cultivé aux États-Unis à une presque totale homogénéité génétique, la résistance de cette plante à l'helminthosporiose, une maladie cryptogamique, fut surmontée par le champignon et l'épidémie provoqua des dégâts considérables. En 1980, pour la même raison, 90 % de la récolte cubaine de tabac fut détruite par le mildiou.

De même que la variabilité génétique est, pour toute espèce, une assurance pour parer à l'imprévu, on peut considérer dans les mêmes termes la diversité des espèces et donc celle des écosystèmes pour l'homme et ses besoins connus ou à venir. De fait, alors que se dessinent de nets changements climatiques, à l'heure où l'utilisation des sols et des milieux est profondément affectée par les besoins des hommes, on ne peut douter que changent les conditions de l'environnement dans les années et décennies à venir. Pour remédier à ces changements ou les contrôler, pour mieux gérer à notre convenance et d'une façon durable les systèmes biologiques dont nous dépendons, il faudra pouvoir disposer de toute la diversité des *compétences écologiques* qui existent dans la nature : gènes, complexes de gènes ; espèces, complexes d'espèces ; écosystèmes et paysages.

Au-delà de l'intérêt économique évident des ressources génétiques que représentent les espèces et des raisons éthiques qui militent en faveur de la sauvegarde de ces dernières, l'érosion de la biodiversité a des implications écologiques qu'il importe de souligner.

Elles incluent :

- la perte de diversité génétique, par le jeu de la réduction des effectifs au sein des populations puis l'extinction des populations et des espèces ;
- la rupture et la perte de performances écologiques à l'échelle des écosystèmes – c'est-à-dire la détérioration de ce que l'on appelle aujourd'hui des *services écologiques*.

Le premier point, très médiatisé, fait oublier le second : comment les espèces assurent, par leur diversité, la durabilité des écosystèmes et des services qu'ils assurent ?

## Des écosystèmes à notre service

Que, de la nature, on puisse tirer des ressources est connu depuis longtemps : pour se nourrir, se vêtir, se chauffer, construire ou se soigner, de tout temps, les hommes y ont puisé.

Le concept de service écologique, en revanche, est tout ce qu'il y a de très récent. L'expression est apparue dans la littérature écologique dans la décennie 1980, même si les racines sont bien antérieures<sup>[2]</sup>.

Désignés en anglais par l'expression *ecosystem services*, ils regroupent les conditions et processus grâce auxquels les écosystèmes, avec l'ensemble des espèces qui en constituent la trame vivante, active, supportent et satisfont les besoins des hommes. Cette définition intègre la production de biens – déjà évoquée – et les services proprement dits – c'est-à-dire les fonctions utiles à notre propre existence tels que la purification de l'air et de l'eau, la régulation des inondations et des sécheresses, la détoxification et la décomposition des déchets, l'entretien de la fertilité des sols, la pollinisation des plantes (cultivées et sauvages) la régulation des climats, le contrôle des espèces potentiellement envahissantes et autres ravageurs. Ces services écosystémiques résultent de l'ensemble des cycles biogéochimiques et des agents biologiques qui, à partir de l'énergie solaire, animent la biosphère.

Les réalités que recouvre ce concept de services écologiques, outre qu'elles échappent largement à la perception des sociétés humaines, sont extérieures au marché : elles n'ont pas de valeur – et n'existent donc pas pour l'*Homo economicus* que nous sommes devenus. Sauf quand les choses se dégradent et que des coûts apparaissent. Par exemple quand, comme dans le comté de Maoxian en Chine, la pollinisation des vergers – nécessaire pour assurer une bonne production de fruits – doit être assurée manuellement par femmes et enfants formés à cet effet, parce que les abeilles et autres bourdons qui le faisaient naturellement et gracieusement ont été éliminés par les pesticides.

Même si cela est encore insuffisamment étudié, on peut avancer que les espèces, leur diversité, peuvent avoir un rôle écologique important en assurant la *résilience* des écosystèmes en régime de perturbations. La perte d'espèces, l'amenuisement continu des populations naturelles et la simplification des habitats peuvent atteindre un seuil critique et conduire finalement à la rupture du fonctionnement et de la résilience des écosystèmes, donc à leur effondrement irréversible ; d'autres espèces, ravageurs ou fléaux, peuvent alors s'introduire et amplifier le processus.

[2] G.C. Daily, *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington, 1997.

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

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, etc.) 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.

Un point décisif dans la viabilité des populations et des espèces est l'étendue du milieu où elles trouvent les conditions favorables à leur développement. On sait que celle-ci détermine le nombre d'individus que le milieu peut supporter. En outre, plus l'espèce est de grande taille, plus elle a besoin d'une superficie élevée pour disposer de ressources alimentaires suffisantes et maintenir une population viable à long terme. Et c'est plus aigu encore pour les grands prédateurs, lions, tigres ou panthères, qui se trouvent au sommet des pyramides trophiques : les surfaces nécessaires se comptent en milliers de kilomètres carrés.

Bref, on sait que c'est la réduction des effectifs et de la diversité génétique des populations qui les précipitent vers l'extinction. On sait par ailleurs qu'il y a un lien étroit entre la superficie du milieu habitable, l'effectif des populations considérées et la richesse spécifique locale. Ainsi, la sauvegarde ou la restauration des habitats naturels de superficie importante est la clé de toute conservation durable de la biodiversité.

On connaît aussi les trois causes qui précipitent l'extinction des espèces : la dégradation des milieux (déforestation, fragmentation de l'habitat, pollutions) ; la surexploitation des populations (chasse, pêche, récolte) ; l'introduction et le développement d'espèces exotiques (des-

tructrices de l'habitat comme chèvres et moutons, prédatrices comme chiens ou chats, compétitrices efficaces ou vectrices de maladies comme tous ceux-là et bien d'autres). Et l'on peut craindre que les changements climatiques en cours ne fassent qu'amplifier le phénomène. Il faut ajouter que l'extinction d'une espèce-clé peut induire à son tour une cascade d'extinctions, c'est-à-dire celle des espèces qui en dépendent directement ou indirectement – telle plante, les espèces d'insectes qui s'en nourrissent, tel insecte, les espèces de plantes qu'il pollinise.

Ne perdons pas de vue que les espèces sont interdépendantes les unes des autres et que toute altération qui se produit en un chaînon de l'écosystème peut, à un degré ou un autre, se répercuter en cascade sur d'autres composantes de celui-ci. C'est aussi ce qui rend difficiles les estimations de taux d'extinction à moyen et long terme.

La plupart des estimations des taux d'extinction produits dans la littérature spécialisée reposent sur un enchaînement d'extrapolations écologiquement fondées.

Le point de départ est le constat d'une diminution croissante de la superficie des milieux naturels abritant des faunes et des flores très riches, avec une forte proportion d'espèces endémiques – c'est-à-dire propres à ces régions et inexistantes partout ailleurs. Le plus souvent, le raisonnement s'applique aux forêts tropicales – qui couvrent 7% de la surface terrestre et hébergeraient plus de la moitié des espèces vivantes. À partir de ce constat, on recourt à une relation bien connue des naturalistes et des écologues entre surface et richesse spécifique (nombre d'espèces) pour estimer un taux d'extinction locale, puis extrapoler *dans l'hypothèse où se poursuivrait au même rythme le pourcentage de déforestation avancé*: si le nombre d'espèces double quand la superficie de la forêt est multipliée par dix, inversement, on doit s'attendre à ce qu'une déforestation réduisant la surface du milieu à 10% de l'état d'origine conduise à la perte de 50% des espèces présentes au départ.

Le fil du raisonnement est correct. La rigueur des estimations l'est moins. Car une large proportion des espèces tropicales est inconnue; car il n'est pas acquis que tous les types d'espèces, insectes, vertébrés, plantes, microorganismes, réagissent rigoureusement de la même manière et dans les mêmes proportions à la fragmentation du milieu; car la nature du milieu environnant peut avoir un effet sur le devenir de certaines espèces.

On ne connaît pas, et beaucoup s'en faut, la totalité des espèces qui peuplent aujourd'hui la Terre ni, *a fortiori*, leur écologie. On ne connaît donc pas ni le nombre exact de celles qui se sont éteintes ces dernières décennies, ni l'identité de toutes celles qui sont sur le point de le faire. Mais on sait, et de façon certaine, que quantité d'espèces voient

leur aire géographique rétrécir au « lavage *Homo* », leurs populations disparaître et leurs effectifs globaux décliner.

Qu'est-ce qu'un taux d'extinction « normal » vous demandez-vous ?

Si, hors catastrophe, la durée de vie moyenne des espèces est de l'ordre de 5 millions d'années comme nous le disent les paléontologues, alors on doit s'attendre à un taux normal d'extinction d'une espèce sur 50 000 par siècle. Dans le cas des vertébrés, pour lesquels on dispose d'estimations solides et d'observations suivies, on peut s'attendre à la disparition d'une espèce par siècle, puisqu'il en existe environ 50 000 espèces. Or le nombre de poissons, d'amphibiens, de reptiles, d'oiseaux et de mammifères éteints au 20<sup>e</sup> siècle s'élève à 260 au moins (car des extinctions ont nécessairement échappé aux observateurs)<sup>[3]</sup>.

Sur la base du diagnostic de l'état des populations naturelles de plantes et de vertébrés et de leurs habitats, l'Union mondiale pour la nature (UICN) a établi la liste des espèces menacées d'extinction. Y figurent plus de 3 600 espèces de plantes et plus de 520 espèces de vertébrés. Pour les seuls mammifères, on estime que 25 % des espèces sont menacées d'extinction.

Il faut insister en effet sur le fait que les taux d'extinction ne sont qu'une mesure différée de l'érosion de la biodiversité : ils renseignent sur le déclin actuel. Or les espèces ne s'éteignent pas instantanément en réponse au bouleversement de leurs conditions de vie, mais après une longue période d'érosion qui s'étend sur plusieurs décennies ou plusieurs siècles. Réponse différée aux pressions de l'environnement, le surcroît d'extinctions observées au 20<sup>e</sup> siècle ne témoigne que très marginalement de l'érosion actuelle de la biodiversité – qui touche aussi fortement la diversité des races et variétés domestiques, animales et végétales.

Si l'on retient l'estimation moyenne des Nations unies d'une population humaine de neuf milliards d'habitants en 2050 ; les scénarios de l'IPCC (Comité international d'experts sur les changements climatiques) qui donnent des accroissements de température moyenne de un à deux degrés à cet horizon ; et, surtout, que l'humanité dans son ensemble ne s'est pas déterminée pour des voies radicalement nouvelles de conduire les affaires, alors l'horizon est sombre et la sixième crise d'extinction une perspective certaine. De fait, dans ce contexte, les facteurs qui sont le plus directement impliqués dans les changements de biodiversité – la conversion et la destruction des habitats, la pollution des sols et des eaux, l'exploitation des ressources naturelles et les impacts des espèces introduites – vont continuer d'exercer leur pression et entraîner une perte de biodiversité, telle qu'elle s'exprime déjà dans

[3] A. Teyssède, « Vers une sixième crise d'extinction », in R. Barbault et B. Chevassus-au-Louis (dir.), *Biodiversité et changements globaux*, Ministère des affaires étrangères, Adpf, Paris, 2004, p. 24-49.

le déclin des populations d'espèces sauvages et la réduction de leurs habitats<sup>[4]</sup>.

### **L'homme dépendant de la biodiversité**

La prodigieuse diversité des espèces (diversité génétique comprise) est une source encore largement inexplorée de produits alimentaires, de matériaux (papier, vêtements, bois, fibres, etc.) et de ressources pharmaceutiques. L'agronomie ne cesse de tirer profit de cette diversité, non seulement des rares espèces effectivement exploitées à une échelle industrielle (riz, blé, maïs, etc.) mais aussi de quantité de variétés et espèces sauvages sources de gènes pour améliorer les variétés exploitées (gènes de résistance à la sécheresse ou à tel ou tel ravageur, par exemple).

La médecine aussi. Éléments essentiels de la médecine traditionnelle, les plantes restent à la base de la médecine moderne. Ainsi, la médecine chinoise utilise 5 000 plantes (loin encore des 250 000 espèces connues). Aux États-Unis, 25 % des ordonnances prescrites comportent des médicaments dont les principes actifs sont tirés ou dérivés de plantes. En 1990, les médicaments à base de plantes y représentaient un budget de 12,5 milliards de dollars. Faut-il citer la morphine, extraite du pavot, la quinine et le quinquina, la digitaline et la digitale, l'aspirine et la reine-des-prés – sans parler des premiers antibiotiques ? Faut-il rapporter, parmi les découvertes cette fois plus récentes, la vinblastine, molécule antitumorale extraite de la pervenche de Madagascar, très efficace contre les leucémies infantiles (et dont un analogue, la navelbine, a été mis au point à l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS) ? Faut-il parler du taxol, extrait de l'écorce de l'if du Pacifique, qui fournit le composant actif dans un nouveau traitement du cancer du sein et de l'ovaire ?

La biodiversité marine est également mise à profit dans cette recherche intensive de nouvelles molécules actives. La description de 3000 à 4000 substances nouvelles synthétisées par les organismes marins – algues, invertébrés ou microorganismes – a permis de caractériser près de 500 molécules actives : antitumorales, antivirales, immunomodulatrices, antibiotiques, antifongiques, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques et moléculaires agissant au niveau des systèmes nerveux ou vasculaires. Actuellement, trois médicaments d'origine marine sont commercialisés : des antibiotiques (les céphalosporines), un antitumoral (la cytarabine) et un antiviral (la vidarabine). Une trentaine de molécules sont à des stades de développement divers.

[4] M. Jenkins, « Prospects for biodiversity », *Science*, 302, 2003, p. 1175-1177.

Au fond, pour le biologiste frappé par la diversité et par la sophistication des mécanismes de défense mis au point au cours de milliards d'années d'évolution par les espèces exposées, comme nous-mêmes, à une multitude d'agents pathogènes, de parasites et de prédateurs, quoi de plus naturel que de rechercher à détourner ces armes chimiques à notre profit ? La sélection naturelle a retenu partout les grands inventeurs, des espèces capables de résoudre les problèmes posés par un environnement hostile : températures extrêmes (bactéries des sources hydrothermales), lutte contre des pathogènes ou des parasites, protection vis-à-vis de consommateurs trop avides ou de compétiteurs dangereux.

Ainsi, nombre d'espèces devraient de plus en plus apparaître comme des auxiliaires de l'homme, et pas seulement les quelques espèces d'insectes entomophages utilisées en lutte biologique !

*« Si l'extraordinaire diversité du vivant est bien l'expression, à la fois du jeu de la sélection naturelle et des enjeux qu'elle représente pour les espèces et les systèmes écologiques qui l'exhibent, alors c'est certainement une mine prodigieuse de solutions à bien des problèmes que rencontre notre propre espèce. Comme n'importe quel organisme, en effet, l'homme doit lutter contre de nombreux autres êtres vivants, bactéries, virus, champignons, parasites, qui menacent sa santé et s'attaquent à ses propres ressources : pourquoi ne pas utiliser à notre profit ces armes biologiques que l'évolution a créées tout au long de milliards d'années chez des millions d'espèces ?<sup>[5]</sup> »*

La biodiversité apparaît donc, pour notre espèce comme pour les autres, un atout en termes d'adaptation et de survie à long terme. C'est aussi un enjeu. Enjeu en termes de survie, mais surtout enjeux pour nos « sociétés » en termes de ressources – avec les conflits d'intérêts que cela suppose. Quand on aura souligné que la biodiversité est principalement une richesse des pays tropicaux et que les grands groupes industriels et pharmaceutiques sont des firmes internationales implantées dans les pays du Nord on comprendra mieux les tensions et polémiques qui se sont développées avant Rio et qui se poursuivent autour de la convention sur la diversité biologique et sa mise en œuvre.

[5] R. Barbault, *Des baleines, des bactéries et des hommes*, Odile Jacob, Paris, 1994.

## D'une vision écologique du monde à la mise en œuvre d'un développement durable à l'échelle 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 : parce qu'il oblige à réinsérer l'homme dans cette dynamique de diversification du vivant qui n'a cessé depuis 3,8 milliards d'années ; 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.

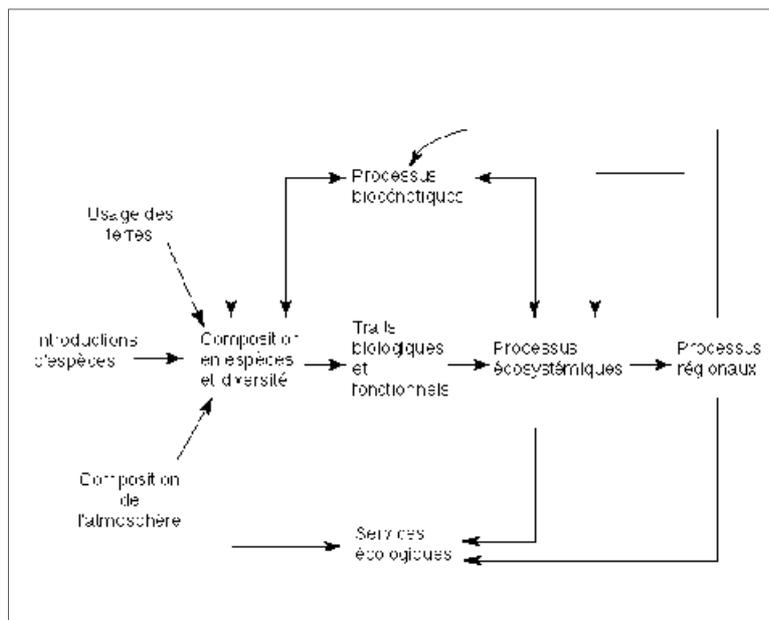


Figure 2. Relations entre diversité du vivant, processus écosystémiques, services écologiques et facteurs de changement liés aux activités humaines (à gauche). Ressources biologiques et services écologiques sont l'une des bases essentielles du développement des sociétés humaines qui, mal conduit, pourrait les affecter à leur propre détriment. Par processus biocénotiques on regroupe toutes les interactions entre espèces – compétition, prédation, parasitisme, mutualisme.

Pour mieux faire saisir cette « double articulation », je ne puis que renvoyer au concept de services écologiques déjà évoqué et que schématise bien la figure 2. 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 recouvrir ses préoccupations originelles. De fait, l'écologie retrouve ici sa sœur aînée, l'économie, après un développement tout au long du 20<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.

Dans le même temps, on est invité à un retour réfléchi à la nature, cette infatigable pourvoyeuse d'innovations. Car que sont les espèces, la diversité du vivant, sinon le produit d'innovations ?

Ainsi, c'est bien l'homme qui est interpellé à travers cette lecture écologique de la dynamique de la biodiversité planétaire, mis face à ses responsabilités de seule espèce capable de façonner consciemment son avenir : en tant qu'être de culture, porteur de valeurs morales, l'homme doit relever le défi que lui posent la préservation de la biodiversité et sa gestion pour un développement durable, ici et ailleurs, pour les générations d'aujourd'hui et celles de demain. Un défi de civilisation<sup>[6]</sup>.

[6] R. Barbault et B. Chevassus-au-Louis (dir.), *Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche*, Ministère des affaires étrangères, Adpf, Paris, 2004.