

ROBERT BARBAULT

La notion de développement durable tend à passer du discours politique au discours scientifique. Dans quelles conditions ce transfert, fort inhabituel, peut-il se faire en évitant les confusions ? De nombreuses disciplines sont concernées tant dans le secteur des sciences de la société que dans celui des sciences de la nature. Parmi ces dernières, l'écologie l'est tout particulièrement. D'où l'intérêt de l'interroger sur ce point.

ROBERT BARBAULT

Institut fédératif d'écologie
fondamentale et appliquée
(CNRS-FR3)
université Pierre-et-Marie-Curie
7, quai Saint-Bernard,
75252 Paris cedex 05, France

Un colloque interdisciplinaire consacré au développement durable, invitait récemment¹ à une réflexion sur la notion de durabilité. Peut-elle devenir un concept fondateur de démarches scientifiques originales ? Les différentes disciplines concernées sont-elles outillées pour aborder la question du développement durable ? Peuvent-elles aborder – et comment – la question du long terme ?

Le champ ainsi ouvert est vaste. À réfléchir en écologue sur la notion de durabilité, quitte à en élargir ou infléchir le champ au-delà de ce que recouvre habituellement l'expression « développement durable » (qui suppose un cadrage environnement / développement, nature / société, écologie / économie), je vois se dégager trois voies prometteuses, à partir des constats suivants :

- 1) le phénomène-vie est un succès de quatre milliards d'années ;
- 2) l'écologie est une discipline confrontée dès ses origines aux défis du développement durable ;
- 3) la recherche fondamentale dépend, pour la poursuite de son développement, de la qualité de ses relations avec la société.

La vie, un succès de quatre milliards d'années

Pour le biologiste, réfléchir sur la notion de durabilité c'est d'abord se pencher sur les conditions et les modalités du succès de la vie sur terre – un développement qui dure depuis 3,8 milliards d'années !

Un développement marqué par le changement : évolution des formes de vie et des espèces d'une part ; modification progressive de la composition de l'atmosphère et bouleversements géologiques d'autre part (dérive des continents, glaciations, éruptions volcaniques...). Bref, tout le contraire d'une perpétuation à l'identique d'un quelconque état de référence originel – ce qui pourrait bien être la version stérile de l'idée de « développement durable » ! Ici, la vie perdure parce que ses formes changent, s'adaptent.

L'histoire de l'évolution, pas plus que celle de la Terre, ne saurait se résumer en quelques lignes. Je me bornerai ici à souligner quelques traits marquants de l'aventure du vivant, dans l'esprit de la présente

réflexion sur la notion de durabilité, de développement durable – c'est-à-dire en tant que pistes pour un approfondissement de la portée de ces concepts.

Le vivant semble devoir son succès à la conjonction de deux propriétés fondamentales :

- une capacité d'auto-réplication et de multiplication exponentielle ;
- l'aptitude à se différencier, à se prêter à l'expression d'une prodigieuse diversité de formes, de cycles de vie, d'espèces – bref, à évoluer (Mayr, 1997).

En vérité, il y a là une sorte de contradiction fondamentale, les deux faces d'une même médaille : d'un côté l'aptitude à se reproduire identique à soi-même, duplication parfaite du brin d'ADN « moule » ; de l'autre la survenue d'erreurs de copies, de mutations, dont certaines finissent par s'imposer grâce au jeu de la sélection naturelle, introduisant la nouveauté – la véritable source de durabilité dans un monde changeant. Bref, c'est l'imperfection, le défaut, la défaillance d'un mécanisme de réparation, qui, dans un second temps, grâce à une prodigieuse capacité de multiplication, est à l'origine du succès du vivant² !

Le bilan de cette longue histoire d'extinctions, d'erreurs fructueuses et de multiplications, sur une toile de fond de bouleversements géologiques et climatiques, est la biodiversité (Wilson, 1993 ; Barbault, 1994). Plusieurs leçons se dégagent d'une telle dynamique :

¹ Il s'agit du colloque « La notion de durabilité : quelles pistes pour la recherche ? » organisé par l'association « Natures, Sciences, Sociétés. Dialogues », qui s'est tenu à Paris en Décembre 1997. Ce texte reprend les éléments de l'intervention de R. Barbault à ce colloque.

² D'une certaine façon, c'est le dualisme vie/mort que l'on retrouve ici. C'est Auguste Weismann qui, le premier, donna un sens biologique à la mort. Ce successeur de Darwin fut, en effet, à la fin du XIX^e siècle, le premier à expliquer « qu'une rapide succession de générations apporte le nombre de nouveaux géotypes nécessaires pour répondre en permanence à un environnement changeant » (Mayr, 1997).

Abstract – Life, a long-lasting success

As one of the few scientific disciplines facing the challenge of sustainable development, ecology is in a privileged position for addressing sustainability issues. In this perspective, life can be viewed as the paradigm of sustainable development: a success story lasting four billion years. Such a reflection leads us to rethink the meaning of ecology. Thus, we consider successively the way in which life addresses its hidden face concerning human sciences; how it tackles the debate on sustainable development; and we question its approaches to biological conservation. Such a reflection also results in a more general conclusion: the ultimate condition for a sustainable development of scientific research itself, etiological or not, will depend on our taking into account the point of view of our society. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

ecology / sustainable development / conservation
biology / diversity

– après chaque grande crise d'extinction, telle celle du Permo-Trias il y a 250 millions d'années, ou la crise du Crétacé-Tertiaire qui, il y a 65 millions d'années, voit la disparition des dinosaures, on relève une phase de reconstitution accélérée de la biodiversité (accroissement du nombre de familles, radiations adaptatives d'espèces – voir *figure 1* d'après Courtyllo et Gaudemer, 1996) ;

– il ne s'agit pas là d'une restauration du passé, mais bien de l'émergence de nouveautés – nouvelles familles, nouvelles espèces, nouveaux types biologiques ;

– C'est l'extinction de nombreuses espèces, l'effondrement de divers types biologiques « dominants », qui permet l'apparition de nouvelles aptitudes, l'expression de nouvelles « compétences écologiques » qui s'incarnent dans des types d'organismes véritablement nouveaux (ils pouvaient préexister, mais à l'état sporadique) ;

– ainsi, le succès des mammifères et l'apparition des hominiens puis de l'homme moderne ne se seraient peut-être pas produits sans les bouleversements du Crétacé-Tertiaire et la disparition des dinosaures ;

– il est généralement admis que la raison d'être de la biodiversité, sa signification ultime dans une perspective évolutionniste, est de constituer la meilleure stratégie adaptative face à un monde en perpétuel changement.

Pour durer, nous montre l'histoire de la vie, il faut changer. Un beau motif de réflexion pour les penseurs du développement durable !

L'écologie revisitée

Même s'il est vrai que les expressions « écodéveloppement »³ puis « développement durable »⁴ relèvent davantage de l'univers intellectuel d'économistes du développement plutôt que de celui d'écologues (Redcliff, 1987 ; Heinen, 1994), il n'est pas exagéré de dire que la préoccupation de durabilité est consubstantielle à l'écologie, et cela depuis ses origines mêmes.

L'écologie a pris corps entre le fin du siècle dernier et la deuxième moitié de ce siècle, avec une forte empreinte des préoccupations qui ont accompagné le développement des sociétés industrielles.

Tous les historiens de cette discipline (voir Deléage, 1991) ont souligné ses liens avec l'avènement de l'ère industrielle. Depuis Malthus et son *Essai sur le principe de population* (1798), plane l'inquiétude d'un déséquilibre potentiel entre le caractère exponentiel de la croissance de la population humaine et la simple croissance arithmétique des ressources de la planète. Lokta, Volterra, Pearl, Gause, Möbius s'intéressent aux lois de la Nature et à la dynamique des populations parce que les conditions de la poursuite du développement économique les interpellent. C'est dès 1926 que Vernadsky préconise une approche globale et profondément transdisciplinaire de la dynamique du système Terre, forgeant le concept de biosphère et soulignant l'omniprésence de l'homme dans son fonctionnement (voir Deléage, 1991, 1997).

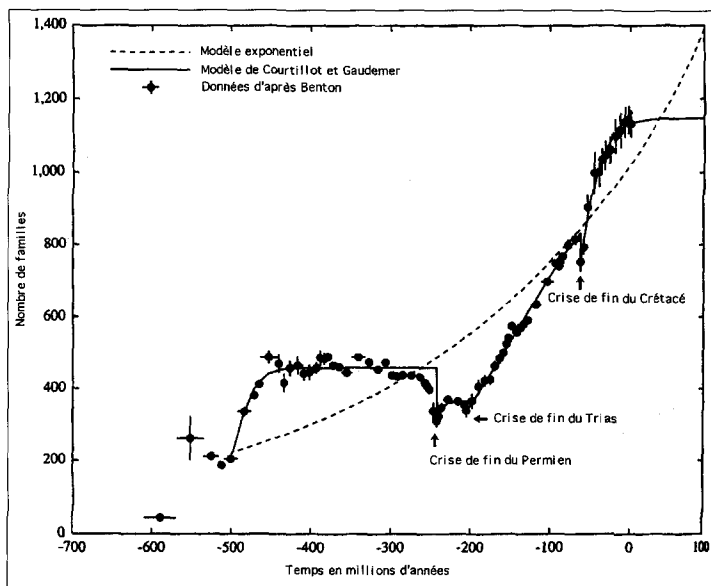


Figure 1. Évolution du nombre de familles animales depuis 500 millions d'années montrant les phases de croissance de la biodiversité qui suivent les crises d'extinction (et des phases de stagnation). D'après Courtyllo et Gaudemer, 1996.

Paradoxalement, ou très logiquement au contraire, le développement de l'écologie moderne dans la seconde moitié du xx^e siècle l'éloigne d'abord de ses préoccupations premières : il s'agissait d'approfondir l'étude des lois qui président au fonctionnement et à l'évolution des populations naturelles, à l'organisation des communautés plurispécifiques, aux flux d'énergie et aux cycles des éléments chimiques dans les écosystèmes et la biosphère tout entière (Barbault, 1997a).

Cette prodigieuse élaboration a, dans un premier temps, replongé l'écologie dans ses racines naturalistes – sans pour autant pénétrer la société civile ni imprégner la culture de l'époque. Puis, lentement après la conférence de Stockholm (1972) et plus vigoureusement depuis Rio (1992), l'écologie se tourne de nouveau vers les débats de société autour des problèmes de conservation, de développement. On parle de macroécologie (Brown, 1995) : Vernadsky refait surface, avec Lovelock – même si Gaïa sent toujours la poudre – et le concept de biosphère s'impose. Cependant, la montée en puissance des mouvements verts dans le même intervalle attire davantage l'attention : des ministères ou secrétariats d'État à l'Environnement sont créés un peu partout et cette « écologie politique » prive la « scientifique » de son identité même ! Il faut inventer le mot écologue pour faire la distinction avec les nouveaux écologistes que sont les « verts » !

Si cette phase « environnement-orientée » voit l'écologie rejoindre d'autres disciplines dans les débats actuels sur le développement durable, je voudrais que l'on tire d'abord les leçons de sa période de maturation « naturaliste ». De fait, avant de s'engager dans des débats écologie/économie, nature/sociétés, sauvegarde de l'environnement/développement, il est essentiel de s'appuyer sur les acquis de l'écologie moderne – dont trop de beaux parleurs font peu de cas.

³ Le mot *écodéveloppement* fut lancé en 1972 par Maurice Strong, alors Secrétaire général de la Conférence de Stockholm sur l'environnement (Sachs, 1980).

⁴ Popularisé ou mondialisé par le Rapport de la commission Brundtland (1987), l'expression *développement durable* était déjà en vigueur auparavant dans les milieux de l'écologie et de l'économie du développement (voir Redcliff, 1987 ; di Castri, 1989). En fait, comme le souligne Heinen (1994), l'idée de « *sustainability* » apparaît déjà chez Meadows (1972) qui écrivait : « *It is possible to alter these growth trends and to establish a condition of ecological and economic stability that is sustainable into the future* ».

Comment l'écologie prend-elle « en charge » le débat sur le développement durable ?

L'écologie est obsédée par l'étude de la durabilité : lois de croissance des populations ; mécanismes de régulation des effectifs et d'ajustement aux ressources ; conditions de coexistence d'espèces potentiellement en compétition ; dynamique des systèmes prédateurs-proies et de la coévolution hôtes-parasites ; théorie des successions ; résilience (capacité de « récupération ») des écosystèmes face aux accidents et autres perturbations ; théories des stratégies adaptatives... (encadré 1) et, plus récemment, concept de biosphère durable, affiché comme objectif pour le *xxi^e* siècle par la Société d'écologie des États-Unis (Lubchenco et al., 1991).

Il n'est pas exagéré de dire que sa question centrale est, en filigrane, celle du développement durable : en réponse à l'inquiétude malthusienne d'un déséquilibre entre la croissance exponentielle de la population

humaine et la croissance arithmétique des ressources, l'écologie s'érigeait en une approche scientifique des lois de croissance des populations et de leurs relations avec leur environnement. L'écologie s'intéresse aux conditions de durabilité des systèmes vivants : qu'est-ce qui permet le développement durable d'une population animale ou végétale ? Qu'est-ce qui assure la durabilité des systèmes prédateurs-proies, hôtes-parasites, herbivores-plantes, ainsi que des systèmes d'espèces en compétition pour des ressources communes ? Qu'est-ce qui garantit la stabilité des écosystèmes, leur résilience, c'est-à-dire leur capacité à se réorganiser après une perturbation ?

Pour répondre à ces questions, les chercheurs ont dû entrer dans des analyses qui ont pu les détourner du questionnement central – mais celui-ci a subsisté tout au long de l'histoire, avec d'un côté la lente émergence de la biologie de la conservation et de l'autre celle de l'écologie de la remédiation. Et puis, avec l'emphase mise sur les problèmes d'environnement (Stockholm, 1972) puis sur les enjeux de la biodiversité et la nécessaire prise en compte simultanée des besoins de développement et des exigences de sauve-

1. Quelques concepts, théories ou apports essentiels de l'écologie pertinents pour aborder les problèmes de durabilité

Le concept de système écologique

À une vision atomisée de la nature que nous impose de prime abord la multiplicité et la diversité des espèces et des styles de vie, le concept de système écologique et ou d'écosystème substitue une approche fonctionnelle, intégratrice. Il souligne l'importance des interactions entre espèces, ainsi que des régulations, rétroactions et effets différés qui peuvent résulter d'une telle dynamique systémique. Cette vision écologique de la nature, que l'on doit maintenant appréhender plutôt sous le vocable de biosphère, permet d'y replacer très logiquement l'homme et ses effets.

Le concept de population

Les populations naturelles ne sont pas une somme purement mathématique d'individus ou d'objets identiques mais bien des entités propres, caractérisées par des structures analysables au-delà de la singularité des individus qui les constituent – spatiales, démographiques, génétiques. C'est un objet-clé de la biologie moderne, cible de la sélection naturelle et creuset de l'évolution. À cette échelle, l'idée de durabilité, inapplicable à tel ou tel individu particulier, prend tout son sens, y compris pour l'espèce que nous sommes.

La théorie de l'évolution par sélection naturelle

La théorie de l'évolution par sélection naturelle, telle qu'elle est brièvement caractérisée dans cet article, permet de comprendre les principes de la dynamique des adaptations à un monde changeant dans l'espace et dans le temps. Peut-on comprendre le développement durable des espèces et de la vie sur terre en dehors de ce contexte ? Peut-on agir efficacement et de manière

durable sur les espèces qui nous menacent, nous et nos ressources (plantes, animaux domestiques), sans cette prise en compte ?

Le concept de recyclage de la matière

Les systèmes écologiques sont des réseaux de populations interconnectées, reliées par des relations mangeurs-mangés qui permettent la circulation de la matière et de l'énergie, cette dernière se dissipant à chaque étape. Ce recyclage de la matière, du carbone, de l'azote, du phosphore, de l'eau, joue un rôle essentiel dans les propriétés de régulation, de stockage et de stabilisation des écosystèmes. La production de ces systèmes, naturels ou anthropisés (agrosystèmes) dépend largement des temps de recyclage, de stockage et de relargage des différents éléments minéraux. Encore un aspect des conditions de la durabilité !

Les paradigmes d'équilibre et de déséquilibre (perturbations, hétérogénéité, probabilité d'extinction...)

Populations et écosystèmes sont caractérisés par des dynamiques qui vident l'écologie scientifique de toute idée d'équilibre figé. Les espèces évoluent ; les processus d'extinction sont des phénomènes naturels, comme la spéciation qui produit de nouvelles espèces. À l'échelle d'une planète hétérogène dans l'espace et variable dans le temps, la dynamique des systèmes écologiques est caractérisée par des équilibres instables, la fréquence de perturbations de diverses ampleurs, des capacités variables de résilience (restauration des structures initiales après perturbation) et de régulation – et c'est dans de telles conditions que l'on peut analyser les lois de leur persistance.

garde de l'environnement (Rio, 1992), la problématique « environnement-développement » s'est de nouveau ouvertement imposée : c'est en 1991 que la Société américaine d'écologie publie *The sustainable biosphere initiative: an ecological research Agenda* (Lubchenco et al., 1991). La question du développement durable s'enracine dans le fait que les activités humaines, la croissance de sa population et son développement, y compris économique, dépendent pour une large part des ressources de la planète et des services écologiques assurés par ses grands écosystèmes.

Dire que la problématique du développement durable (au sens large et au sens restreint) est au cœur de l'écologie ne signifie pas qu'une telle préoccupation guide l'activité et les réflexions de la majorité des écologues. Je crois même pouvoir dire que la majeure partie des écologues modernes soit l'ignore, soit en redoute les conséquences pour une saine pratique de la recherche.

Aujourd'hui, l'écologie prend en charge le problème du développement durable à travers quatre angles d'attaque :

1. la biologie de la conservation ;
2. l'écologie de la restauration (de l'écotoxicologie à la bioremédiation) ;
3. l'écologie industrielle ;
4. la prise en compte et l'évaluation des « services » assurés par les écosystèmes, jusqu'à l'écologie économique.

Les trois premiers participent à l'émergence d'une véritable ingénierie écologique que le quatrième éclaire et justifie.

Entre la théorie écologique, qui ne s'est jamais écartée de l'idée d'équilibre dynamique, et la pratique de la conservation de la nature il y eut, certes, un fossé. Peut-être est-ce là la source du malentendu, l'origine de cette image de discipline conservatrice, obnubilée par le rêve du paradis perdu, que l'on voit ressassée par certains auteurs, plus soucieux d'imposer leurs vues partisans que d'approfondir le débat. Certes, les milieux conservacionnistes ont pu, ici ou là, propager cette vision pré-écologique de la Nature – avec d'ailleurs quelques échecs notoires qui ont conduit à revenir aux sources (Botkin, 1990 ; Barbault, 1994). Mais il ne s'agit pas là de science.

Il est vrai aussi que la prépondérance de l'éclairage naturaliste a trop détourné l'attention des chercheurs d'une profonde anthropisation de la biosphère. D'où les critiques que l'on entend encore... et auxquelles il faut bien répondre par une autocritique.

Qui plus est, avec les préoccupations sur les changements climatiques, l'actualité est aux études à long terme. Ce sont celles qui payent le plus, qui renouvellent le plus profondément la compréhension que l'on a de la dynamique de la biodiversité et des écosystèmes. La *National Science Foundation* des États-Unis n'a-t-elle pas affiché un programme ambitieux sur les études d'écologie à long terme, appuyé sur un réseau d'écosystèmes ou de bassins versants représentatifs qu'elle souhaite étendre à la planète entière (LTER network: *Long Term Ecological Research network*) – avec l'objectif véritablement nouveau pour la tradition

scientifique américaine d'y inclure des aires anthropisées, villes comprises (Baskin, 1997).

Oui, l'écologie s'intéresse aux problèmes que pose l'idée de développement durable – et sa culture construite autour du concept d'équilibre dynamique, imprégnée par la théorie de l'évolution, rodée par une longue fréquentation du concept de durabilité, lui donne une pertinence et des atouts particuliers pour contribuer utilement aux débats – débats scientifiques et débats de société.

Cela dit, il est juste de préciser que certains développements évoqués ici (l'écologie industrielle, l'économie écologique ou l'ingénierie écologique) doivent relativement peu à la recherche écologique proprement dite. Il s'agit là de produits dérivés de l'écologie scientifique, cultivés et promus par d'autres communautés – comme le concept de développement durable. L'émergence relativement récente du concept de « modernisation écologique » (voir Buttell, 2000), considéré à certains égards comme renouvelant le précédent, est un phénomène propre aux milieux de la sociologie ou de la géographie de l'environnement avec des perspectives de politique environnementale engageant toute la société évidemment étrangères à l'écologie stricto sensu.

Il reste que cette idée, qui prône que les problèmes créés par la modernisation, l'industrialisation et la science ne seront résolus que par davantage de modernisation, d'industrialisation et de science – au-delà de son caractère provocateur – peut-être qualifiée d'écologique et mérite considération !

Quelles bases biologiques l'écologie propose-t-elle à cette notion de durabilité ?

L'écologie apporte des bases tant biologiques que biogéochimiques à la durabilité des systèmes écologiques, indépendamment de la perspective actuelle que souligne le concept de développement durable et qui introduit nécessairement un autre regard, celui des sciences humaines et sociales, celui de l'économie.

J'ajouterai, pour être plus précis, qu'en ce qui concerne la durabilité des systèmes vivants, espèces, ensembles d'espèces en interactions, écosystèmes, biosphère, l'écologie est justement la discipline qui en a jeté les bases, qui en a élaboré les concepts clés. *L'encadré 1* énonce les principaux et souligne en quoi ils sont essentiels pour une compréhension en profondeur des problématiques de durabilité, de développement durable au sens des sciences de la nature.

Cela dit, il est clair que le concept de développement durable oblige à introduire une dimension nouvelle, puisqu'il s'agit de garantir la persistance du développement économique. Ce sont les conditions d'application des principes dégagés antérieurement qui sont modifiées, mais pas la philosophie générale.

De fait, les développements récents de l'écologie industrielle démontrent la transposabilité des concepts écologiques évoqués précédemment à un « écosystème » complètement étranger à l'écologie natura-

liste, « l'écosystème industriel » ou « l'écosystème urbain » (Erkman, 1998).

De plus, la prise en compte du regard écologique oblige à affiner le contenu précis du mot développement, conduit à s'interroger sur des alternatives au développement éventuellement non durable. Et là s'instaurent les conditions les plus favorables pour des échanges interdisciplinaires qui constitueront la base des expertises collectives devenues ici incontournables (Roqueplo, 1997).

Le cas particulier de la biologie de la conservation

L'histoire de la biologie de la conservation est révélatrice de l'évolution des idées, des dérapages et des obstacles à la pleine expression des paradigmes écologiques évoqués dans l'encadré 1 et considérés comme consubstantiels à l'idée de durabilité en écologie ou dans les sciences de la nature. Mais elle est significative aussi de l'émergence ancienne, fut-ce sous une forme encore immature, des préoccupations actuelles de développement durable (Primack, 1993 ; Barbault, 1997b ; Larrère et Larrère, 1997).

Les origines de la biologie de la conservation remontent aux croyances philosophiques et religieuses sur les relations entre l'Homme et la Nature. En Europe, l'intérêt pour la protection de la nature naît à la fin du XIX^e siècle. Le cas de l'Amérique est particulièrement intéressant, car sa conquête par les Européens à l'aube de l'ère industrielle et son rôle dans l'émergence de l'écologie le rendent exemplaire. Les efforts de conservation peuvent y être ramenés à trois courants de pensée :

1) En 1880, Emerson et Thoreau furent les premiers écrivains à défendre l'idée que la Nature a une raison d'être, une utilité qui ne se réduit pas aux gains économiques qu'elle apporte aux sociétés humaines. La Nature est un temple où l'Homme peut communier et communiquer avec Dieu. On retrouve là un point de vue de type oriental. Leur vision romantique et transcendante est reprise par Muir dans ses campagnes pour l'établissement d'aires naturelles protégées. Il défend l'éthique préservationniste, selon laquelle la beauté d'aires naturelles a une grande valeur pour stimuler les sentiments religieux et favoriser des expériences spirituelles. Il voyait également dans les communautés biologiques des ensembles composés d'espèces évoluant ensemble et dépendant les unes des autres. Cette perspective écologico-évolutive annonçait les développements scientifiques ultérieurs d'écologues tels que Cowles, Forbes et Clements, comme ceux du premier conservationniste américain, Leopold. Cette vision des communautés biologiques, considérées comme des superorganismes, annonce l'hypothèse Gaïa développée beaucoup plus tard par Lovelock.

2) Cette approche mystique de la Nature a été attaquée au début du XX^e siècle par le forestier Pinchot. Il développe une éthique de la conservation des ressources qui s'appuie sur une philosophie

« utilitaire ». Pour lui la Nature est un assortiment de choses définies par leur utilité ou leur caractère nuisible pour l'Homme. L'objectif d'un usage adéquat de ces ressources naturelles, est « le plus grand bien pour le plus grand nombre et pour le plus long-temps ». Son premier principe indique que les ressources devraient être honnêtement distribuées entre les utilisateurs et les consommateurs actuels, aussi bien qu'avec les consommateurs futurs. On ne parlait pas encore de « développement durable », mais l'idée était sous-jacente. Le second principe de cette éthique est que les ressources doivent être utilisées en évitant tout gaspillage. Mais le coût des dégradations de l'environnement et de l'érosion des ressources pour les générations futures n'est pas pris en compte ; on reste donc encore bien en deçà des considérations actuelles sur le droit des générations futures et un véritable développement durable.

3) Le troisième courant est né au cours du XX^e siècle avec le développement de l'écologie évolutive. Cette approche de la conservation est l'œuvre de Leopold avec la parution en 1949 de son essai, *Almanach d'un comté des sables*. Éduqué dans la tradition de la conservation des ressources, il réalise qu'elle est inadéquate : le développement de l'écologie et de l'évolution démontre que la nature n'est pas une simple collection de parties indépendantes, certaines utiles et d'autres sans intérêt, mais un système intégré. Encore imprégné par l'idée d'un équilibre de la nature, ce mouvement cédera la place à une vision plus dynamique : la perspective écologique contemporaine, marquée par l'idée de dynamique et non plus d'équilibre.

Le préservationnisme romantique et l'utilitarisme d'exploitation du XIX^e siècle cèdent la place à une approche équilibrée. Celle-ci, sur un fond d'éthique de la responsabilité, associe les apports théoriques et pratiques des sciences écologiques et des sciences sociales pour mettre en œuvre une biologie de la conservation orientée vers l'objectif d'une biosphère durable.

La nouvelle ère de la biologie de la conservation est marquée par la parution de deux ouvrages majeurs : *Conservation Biology: an Evolutionary Ecological Perspective* de Soulé et Wilcox (1980) et *Conservation and Evolution* de Frankel et Soulé (1981), et la création en 1985 de la Société pour la biologie de la conservation, qui réunit les spécialistes de cette nouvelle science, et lance un nouveau journal spécialisé, *Conservation Biology*.

L'émergence de la biologie de la conservation est une réponse de la communauté scientifique à la « crise de la biodiversité ». Michael Soulé la qualifie de « discipline de crise » : elle doit passer du statut de science qui enregistre les catastrophes à une science d'action, qui permette de les anticiper ; elle doit également élaborer les bases scientifiques pour les éviter.

Cette discipline de synthèse (figure 2) applique les principes de l'écologie, de la biogéographie, de la génétique des populations, de l'anthropologie, de l'économie, de la sociologie au maintien de la diversité biologique sur la planète. Cette « nouvelle » écologie de la conservation a trois spécificités :

1) elle s'appuie sur une base théorique et intègre des modèles écologiques et génétiques appliqués à des situations réelles ;

(2) s'écartant de la vision « utilitaire » et abusivement centrée sur un petit nombre d'espèces, elle considère que le management doit être orienté vers la biodiversité et les écosystèmes planétaires plutôt que vers quelques espèces particulières, ces derniers apparaissant comme de véritables « systèmes support de vie » nécessaires à notre développement ;

3) son approche implique tout un ensemble de sciences de la conservation. Elle reconnaît notamment une place aux sciences sociales, l'économie et la politique ayant parfois un impact supérieur aux sciences biologiques en matière de conservation de la biodiversité (encadré 2).

La science interpellée

Pourtant, des débats récents (Barbault, 1996) m'ont laissé l'impression que l'écologie scientifique avait failli dans l'une des responsabilités majeures de la recherche d'aujourd'hui : transmettre ses connaissances, contribuer aux débats de société, « contaminer » la culture de l'époque. Cet échec n'est pas propre à la seule écologie, l'exercice scientifique étant très généralement conçu comme une pratique d'objectivité qui doit se garder de toute « contagion sociale » : il y a la science d'un côté, les enjeux de société de l'autre. Toute confusion, tout échange entre ces deux mondes serait source de dérapage. Le sujet est vaste et ce n'est pas le lieu de s'y engager – sauf à rebondir sur le thème de la durabilité.

En tant que produit de la société, activité de plus en plus coûteuse financée pour une large part par les pouvoirs publics, la science dépend pour son développement, au-delà de ses retombées économiques toujours plus attendues, du retour qu'en perçoivent les citoyens. Dans un contexte de « globalisation », de chômage persistant et d'inquiétudes variées quant à la qualité de notre environnement et à ses impacts sur la santé, la science est en première ligne, sur le fil du rasoir : sa cote de confiance pourrait s'effondrer (Maddox, 1995). Pour l'écologie, la leçon est claire, je l'ai déjà dit ailleurs (Barbault, 1996) – mais l'interpellation est plus générale : accroissement anthropogénique de l'effet de serre et risques de changements climatiques ; pollutions variées touchant à la qualité de l'eau, des sols et des aliments (l'effet « vache folle » est devenu une référence) ; débats sur le clonage humain et l'utilisation d'espèces transgéniques etc.

Ainsi, la recherche risque d'apparaître pour les uns, dans son ambition de connaissance détachée, comme un luxe déplacé – et pour d'autres comme une activité suspecte, compromise par ses orientations appliquées, au service d'intérêts économiques qui la priveraient de son indépendance nécessaire : hors de la réalité ou vendue à des intérêts partisans.

Bref, le développement durable de la recherche fondamentale passe, me semble-t-il, par un engagement bien maîtrisé des chercheurs, ou de certains d'entre eux, dans les débats de société. Cela demande

2. Les principes de l'écologie de la conservation (Mangel et al., 1996)

L'écologie de la conservation moderne est dominée par trois idées majeures : la vie sur terre est marquée par un changement évolutif, une dynamique écologique et l'omniprésence de l'Homme. Elle repose sur un triple constat :

- 1) les principes antérieurs pour la conservation des ressources vivantes sauvages doivent être remis à jour ;
- 2) ils ne se sont pas avérés aussi efficaces qu'espéré, probablement parce que les mécanismes de mise en œuvre manquaient ;
- 3) tous les problèmes de conservation comportent à la fois des aspects scientifiques, économiques et sociaux et ceux-ci doivent être inclus dans les solutions proposées.

Elle reconnaît sept principes pour la mise en œuvre d'une conservation durable de la biodiversité.

Principe n°1 : le maintien durable de populations saines pour l'ensemble des ressources biologiques sauvages n'est pas compatible avec une croissance illimitée des demandes des hommes pour ces ressources.

Principe n°2 : le but de la conservation doit être d'assurer toutes les options d'utilisation présentes et futures en maintenant la biodiversité dans toutes ses composantes, génétique, spécifique et écosystémique.

Principe n°3 : l'évaluation des effets écologiques et socio-économiques de l'utilisation des ressources naturelles doit précéder toute mesure d'extension ou de restriction de celle-ci.

Principe n°4 : la réglementation relative à l'utilisation des ressources vivantes doit reposer sur la connaissance de la structure et de la dynamique de l'écosystème concerné et prendre en compte les influences écologiques et socio-économiques qui affectent directement et indirectement l'utilisation de ces ressources.

Principe n°5 : la gamme complète des compétences et connaissances apportées par les sciences de la nature et de la société doit être mobilisée pour traiter des problèmes de conservation.

Principe n°6 : toute conservation efficace suppose la prise en compte et la compréhension des motivations, intérêts et valeurs de tous les utilisateurs et acteurs en cause.

Principe n°7 : une conservation efficace demande une communication interactive, réciproque et continue.

On voit que l'on se trouve là assez loin du « protectionnisme » primaire que l'on attribue parfois aux intégristes de la conservation.

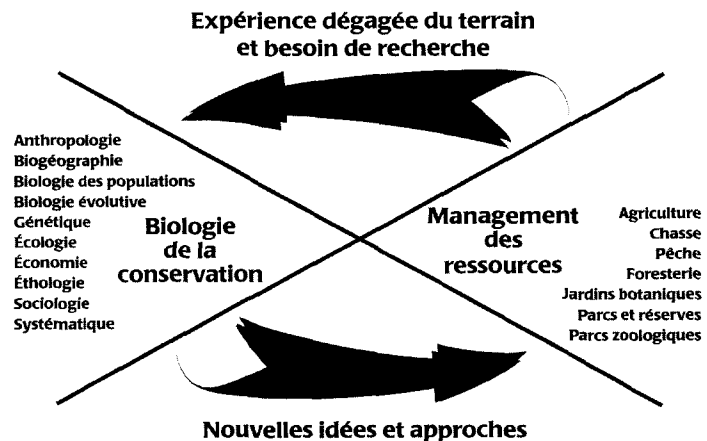


Figure 2. La biologie de la conservation, nouvelle synthèse de nombreuses sciences de base (à gauche) qui fournissent des principes et nouvelles approches au domaine appliqué du management des ressources (à droite). L'expérience dégagée sur le terrain influence en retour et oriente les disciplines de base qui structurent la biologie de la conservation (d'après Primack, 1993).

Résumé – La vie, un succès durable

L'écologie, en tant que discipline confrontée dès ses origines aux défis du développement durable, est un lieu privilégié de réflexion pour la problématique de la « durabilité ». Dans cette perspective, la vie apparaît comme le paradigme du développement durable, un succès de quatre milliards d'années. Mais cette réflexion est aussi l'occasion de revisiter l'écologie. Elle est ainsi tour à tour interrogée dans sa façon de vivre sa face cachée de science humaine ; sa manière de prendre en charge le débat sur le développement durable et ses approches de la conservation biologique. Une réflexion qui renvoie à la société, condition première d'un développement durable de l'activité scientifique elle-même, écologique et autre. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

écologie / développement durable / biologie de la conservation / diversité

une culture, une formation, des talents... et une modestie que peu d'entre ceux qui accèdent à la médiatisation possèdent... ou conservent. Pourtant, il n'y a pas d'alternative.

Faut-il ajouter que, si la société est bien la condition première d'un développement durable de toute activité scientifique, la recherche est elle-même une condition fondamentale du développement durable de la société humaine.

Conclusions

La vie, en tant que phénomène vieux de près de quatre milliards d'années, est bien le paradigme de la durabilité, du développement durable. Mais ce que souligne l'approche écologique de ce succès, et du concept de durabilité, c'est d'abord que la condition première d'un développement durable dans un monde changeant est la diversité, base de toute adaptabilité. Durer c'est changer, le contraire donc de la perception première que l'on peut en avoir. Ne durent que les espèces qui évoluent, que les choses qui changent.

L'écologie, comme discipline scientifique, a beaucoup à gagner de cette réflexion, à condition d'en accepter la projection dans ses relations avec la société. Cela pourrait bien la transformer, mais telle est la condition de sa survie à long terme. En contrepartie, cela lui donne un rôle stratégique dans la dynamique des relations sciences-sociétés (Hulot et al., 1999).

RÉFÉRENCES

Allenby B.R. 1999. *Industrial Ecology. Policy Framework and Implementation*. Prentice Hall, New Jersey, 308 p.

- Barbault R. 1994. *Des baleines, des bactéries et des hommes*. Odile Jacob, Paris, 327 p.
- Barbault R. 1996. L'écologie, une science de la nature à l'épreuve d'enjeux de société. *Natures Sciences Sociétés* 4, 372–380.
- Barbault R. 1997a. *Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Masson, Paris, 286 p.
- Barbault R. 1997b. *Biodiversité. Introduction à la biologie de la conservation*. Hachette, Paris, 159 p.
- Baskin Y. 1997. Center seeks synthesis to make ecology more useful. *Science* 275, 310–311.
- Botkin D.B. 1990. *Discordant harmonies: a New Ecology for the Twenty-First Century*. Oxford University Press, Oxford, 241 p.
- Brown J.H. 1995. *Macroecology*. The University of Chicago Press, Chicago, 241 p.
- Brundtland G.H. (World Commission on Environment and Development), 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, 400 p.
- Buttel F.H. 2000. Reflections on the potentials of ecological modernization as social theory. *Natures Sciences Sociétés*, (8),1, 5–12
- Courtillot V., Gaudemer Y. 1996. Effects of mass extinctions on biodiversity. *Nature* 381, 146–148.
- Deléage J.P. 1991. *Histoire de l'écologie, une science de l'homme et de la nature*. La Découverte, Paris, 330 p.
- Deléage J.P. 1997. *Wladimir Vernadsky, penseur de la biosphère*, 1–39, Préface de l'édition 1997 de *La Biosphère* de Vernadsky, Diderot Éditeur, Paris, 284 p.
- Di Castri F. 1989. Global crises and the environment. In : Marini-Bettolo G.B. (ed.), *A modern approach to the protection of the environment. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia*, Vatican 75, 7–39.
- Erkman S. 1998. *Vers une écologie industrielle*. Charles Léopold Mayer, Paris, 147 p.
- Frankel O.H., Soulé M.E. 1981. *Conservation and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, 327 p.
- Heinen J.T. 1994. Emerging, diverging and converging paradigms on sustainable development. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 1, 22–33.
- Hulot N., Barbault R. et Bourg D. 1999. *Pour que la terre reste humaine*. Le seuil, Paris, 172 p.
- Larrère C., Larrère R. 1997. *Du bon usage de la nature*. Aubier, Paris, 355 p.
- Lubchenco J. et al. 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72, 371–412.
- Maddox J. 1995. The prevalent distrust of science. *Nature* 378, 435–437.
- Malthus T.R. 1798. *An essay on the principle of population. Trad. fr. Essai sur le principe de population*. Gauthier, Paris, 1963.
- Mangel M. et al. 1996. Principles for the conservation of wild living resources. *Ecological Applications* 6, 338–362.
- Mayr E. 1997. *This is Biology. The Science of the Living World*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 327 p.
- Meadows D.H. 1972. *Halte à la croissance ?* Fayard, Paris, 314 p.
- Primack R.B. 1993. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 564 p. ◆
- Redclift M.R. 1987. *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*. Methuen, London, 250 p.
- Roqueplo P. 1997. *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*. Inra, Paris, 112 p.
- Sachs I. 1980. *Stratégies de l'écodéveloppement*. Les Éditions Ouvrières, Paris, 140 p.
- Soulé M.E., Wilcox B.A. (éds), 1980. *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 338 p.
- Vernadsky W. 1997 (première édition en russe 1926). *La Biosphère*. Diderot Éditeur, Paris, 284 p.
- Wilson E.O. 1993. *La diversité de la vie*. Odile Jacob, Paris, 496 p.