



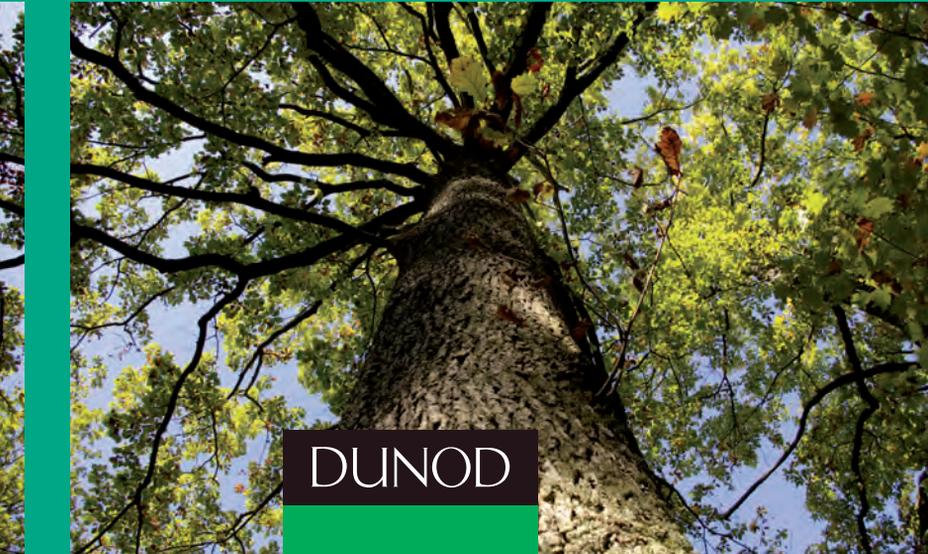
Christian Lévêque  
Jean-Claude Mounolou

# Biodiversité

Dynamique biologique  
et conservation

2<sup>e</sup> édition

UniverSciences



DUNOD

# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>CHAPITRE 1 • POURQUOI S'INTÉRESSER À LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ?</b>	7
1.1 Que recouvre le terme biodiversité ?	8
1.2 Les multiples visages de la biodiversité	9
1.2.1 La biodiversité produit de l'évolution	9
1.2.2 La biodiversité en tant que ressource alimentaire	11
1.2.3 La biodiversité marchande	11
1.2.4 Les biotechnologies	12
1.2.5 La biodiversité à protéger	13
1.2.6 La biodiversité dont on ne veut pas	13
1.2.7 Biodiversité et société	14
<b>CHAPITRE 2 • LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE : UN ÉTAT DES LIEUX</b>	17
2.1 La classification du vivant et ses principes	17
2.1.1 Les niveaux d'organisation du monde vivant	18
2.1.2 Les hiérarchies taxinomiques : la recherche d'un ordre évolutif et fonctionnel dans la diversité des espèces	19
2.1.3 La notion d'espèce	23
2.1.4 Écosystèmes	25
2.2 L'inventaire des espèces	26
2.3 La systématique, l'informatique et Internet	29

2.4	Mesurer la diversité biologique	31
2.5	La distribution géographique de la diversité biologique	32
2.5.1	La diversité taxinomique des milieux aquatiques	34
2.5.2	Les gradients dans la répartition spatiale	36
2.5.3	La relation surface – nombre d'espèces	39
2.5.4	Une organisation écologique : les biomes	40
2.5.5	Une organisation taxinomique : les régions biogéographiques	41
2.5.6	Les « zones de grande diversité » ou hotspots	43
<b>CHAPITRE 3 • LES MÉCANISMES À L'ŒUVRE DANS LA DIVERSIFICATION DU MONDE VIVANT</b>		47
3.1	Comment définir la vie ?	48
3.1.1	La chimie à l'origine de la vie	49
3.1.2	Le génome	50
3.1.3	Comment la vie est-elle apparue sur Terre ?	51
3.2	Comment naissent les espèces ?	54
3.2.1	Les mécanismes de la spéciation	55
3.2.2	Modes de spéciation	55
3.2.3	Gradualisme et/ou équilibres ponctués	56
3.3	Les extinctions	57
3.4	L'adaptation : une propriété fondamentale des organismes vivants	60
3.4.1	Diversité génétique et adaptation des Eucaryotes aux changements de l'environnement	60
3.4.2	Les extraordinaires capacités d'adaptation des Procaryotes	63
3.5	Quelques grandes étapes dans la diversification du monde vivant	65
3.5.1	Les grandes lignées évolutives et leurs relations	65
3.5.2	Des unicellulaires aux pluricellulaires	67
3.5.3	L'explosion de la diversité biologique au Cambrien	67
3.5.4	De la mer à la terre : un passage réussi	68
3.5.5	La longue histoire des vertébrés	71
3.5.6	L'homme : un primate qui a réussi ?	72
3.6	L'évolution de la vie est-elle prédéterminée ?	74

<b>CHAPITRE 4 • DYNAMIQUE DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ET CONSÉQUENCES DES ACTIVITÉS HUMAINES</b>	<b>79</b>
4.1 Paléoenvironnements et diversité biologique	81
4.1.1 Les systèmes terrestres nord européens	81
4.1.2 Les forêts tropicales humides	87
4.1.3 Les systèmes aquatiques continentaux	89
4.2 L'homme et l'érosion de la diversité biologique	90
4.2.1 Le mythe du bon sauvage	91
4.2.2 La disparition des grands mammifères à la fin du Pléistocène : l'homme est-il en cause ?	91
4.2.3 L'érosion actuelle de la diversité biologique	93
4.3 Dynamique de la diversité biologique et pressions anthropiques	96
4.3.1 La pression démographique	97
4.3.2 Utilisation des terres et transformation des paysages	97
4.3.3 Les introductions d'espèces et les invasions biologiques	100
4.3.4 La surexploitation	105
4.3.5 Actions combinées des activités humaines : la disparition des poissons Cichlidés du lac Victoria	106
4.3.6 Les non-dits	107
4.4 Changement climatique	108
 <b>CHAPITRE 5 • DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ET FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES</b>	 <b>113</b>
5.1 La diversité biologique : un système dynamique	114
5.2 Fonctions des espèces dans les écosystèmes	115
5.2.1 Les espèces clés	115
5.2.2 Les organismes ingénieurs	116
5.2.3 Groupes fonctionnels : complémentarité et redondance	117
5.2.4 Le cas des espèces rares	117
5.3 Hypothèses concernant le rôle des espèces dans le fonctionnement des écosystèmes	117
5.4 Les relations de voisinage entre espèces	119
5.4.1 La compétition	120
5.4.2 Les relations de coopération : commensalisme et symbiose	120
5.4.3 Le parasitisme	121

5.5	Chaînes et réseaux trophiques	123
5.5.1	Producteurs-consommateurs-décomposeurs : flux de matière et d'énergie	124
5.5.2	Les théories « top-down » et « bottom-up »	126
5.5.3	Théorie des cascades trophiques	127
5.6	Diversité des espèces et production biologique	128
5.7	Diversité biologique et « stabilité » des écosystèmes	130
5.8	Rôle de la diversité biologique dans les cycles biogéochimiques	132
5.8.1	La fixation biologique de l'azote	132
5.8.2	Minéralisation de la matière organique	133
5.8.3	Stockage à long terme des éléments minéraux	134
5.8.4	Recyclage et transport des éléments nutritifs par les consommateurs	134
5.9	Rôle des communautés biologiques	135
5.9.1	Importance des micro-organismes dans la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques pélagiques en milieu aquatique	135
5.9.2	Les ripisylves et le fonctionnement des cours d'eau	137
5.9.3	Rôle des communautés des sols	139
5.10	Diversité biologique et dynamique de la biosphère	140
5.10.1	Composition de l'atmosphère	140
5.10.2	Contrôle de l'évapotranspiration dans le système sol-plante-atmosphère	141
5.11	Cohésion cybernétique des écosystèmes : le rôle des réseaux de communication	142
<b>CHAPITRE 6 • DYNAMIQUE DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ET CONSÉQUENCES EN MATIÈRE DE SANTÉ</b>		145
6.1	La complexité des relations hôtes-parasites	146
6.1.1	Le cas de l'Onchocercose humaine	146
6.1.2	Le cas du paludisme	147
6.2	Les pathologies émergentes	148
6.3	Activités humaines, diversité biologique, et santé humaine	154
6.3.1	Les échanges intercontinentaux	155
6.3.2	Les nouvelles technologies liées au mode de vie	156

6.3.3	L'eutrophisation des eaux et la prolifération d'algues toxiques	157
6.3.4	Les allergies	158
6.4	Phénomènes d'adaptation des agents pathogènes et de leurs vecteurs aux moyens de lutte	159
6.4.1	Résistance aux antibiotiques	159
6.4.2	Résistance aux pesticides	160
6.5	Substances d'intérêt médical et diversité biologique	162
6.5.1	Les pharmacopées traditionnelles	162
6.5.2	Diversité biologique et industrie pharmaceutique	162
6.5.3	Biotechnologies	164
6.6	Maladies et changements climatiques	165
<b>CHAPITRE 7 • LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ET LES BIOTECHNOLOGIES</b>		167
7.1	La domestication de la Nature : une longue histoire	168
7.2	Créer et sélectionner des espèces « utiles »	169
7.3	Gestion et diversité des ressources génétiques	170
7.4	La révolution biotechnologique et les OGM	176
7.4.1	La transgénèse	176
7.4.2	Les applications dans le domaine agricole	178
7.4.3	Comment prévenir les risques liés aux OGM ?	179
7.5	Droits de propriété sur les ressources génétiques	182
7.5.1	L'engagement international de la FAO	183
7.5.2	La Convention sur la diversité biologique	184
7.5.3	Les catalogues	185
7.5.4	Le Certificat d'obtention végétale (COV)	186
7.6	Brevets sur le vivant : un débat ouvert	187
<b>CHAPITRE 8 • LA NATURE « UTILE » : VALEURS ET USAGES DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE</b>		189
8.1	Notions de biens et services fournis par les écosystèmes	190
8.2	Bases théoriques de l'évaluation économique de la diversité biologique	193
8.2.1	Valeurs d'usage et de non-usage	193
8.2.2	Biens économiques et biens gratuits	194
8.2.3	Appropriation et/ou libre accès à la diversité biologique	195

8.3	Donner un prix à la diversité biologique ?	196
8.3.1	Que vaut l'ensemble des écosystèmes ?	197
8.3.2	Des « infrastructures naturelles »	198
8.4	Les usages de la diversité biologique	199
8.4.1	Usages alimentaires des ressources vivantes	199
8.4.2	Les produits de l'extractivisme	200
8.4.3	Le bois	201
8.4.4	Les perspectives industrielles des biotechnologies	202
8.4.5	Animaux et plantes d'ornements	205
8.4.6	Écotourisme	206
<b>CHAPITRE 9 • LA CONSERVATION DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE</b>		<b>207</b>
9.1	Pourquoi protéger la diversité biologique ?	209
9.2	Approches de la conservation	211
9.2.1	Conservation <i>in situ</i> et <i>ex situ</i>	211
9.2.2	Conserver les espèces ou les écosystèmes ?	212
9.2.3	Quelles priorités en matière de conservation ?	212
9.2.4	Si on parlait d'argent ?	214
9.3	Les aires protégées	214
9.3.1	Des parcs nationaux contre les méfaits de l'homme	214
9.3.2	Protéger la Nature avec l'homme	216
9.3.3	Écologie de la réconciliation ou jardin planétaire ?	218
9.3.4	L'Europe et la biodiversité : Natura 2000	219
9.3.5	Des réserves pour protéger les ressources marines	220
9.3.6	L'inconnue du changement climatique	221
9.4	Une utilisation durable de la diversité biologique	222
9.4.1	Le développement durable	222
9.4.2	Les savoirs traditionnels	223
9.4.3	L'aménagement du territoire	225
9.5	La conservation <i>ex situ</i>	225
9.5.1	Les jardins botaniques	226
9.5.2	Les parcs zoologiques	227
9.6	La biologie de la conservation	228
9.6.1	Fragmentation des habitats	229
9.6.2	Réintroductions d'espèces	230
9.6.3	Écologie de la restauration	231

---

9.7	L'approche préventive : le bilan de santé des écosystèmes	233
9.7.1	Santé et/ou intégrité des écosystèmes	234
9.7.2	Les indicateurs biotiques	235
9.8	Les perturbations, des alliées de la conservation ?	236
9.8.1	Le feu	237
9.8.2	Cyclones et tempêtes	238
9.9	Les conventions internationales	239
9.10	Quelques mesures concernant la conservation des espèces et des milieux naturels en France	241
9.10.1	Les inventaires patrimoniaux	241
9.10.2	Les protections réglementaires des sites naturels	241
9.10.3	Droit du paysage	242
9.10.4	La maîtrise foncière	242
9.10.5	Le trop-plein juridique ?	243
	<b>EN GUISE DE CONCLUSION</b>	<b>245</b>
	<b>POUR EN SAVOIR PLUS (BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE)</b>	<b>249</b>
	<b>INDEX</b>	<b>255</b>



# Introduction

En moins d'un siècle, notre perception de la Nature et du monde vivant s'est profondément modifiée. On en trouve des témoignages dans les comportements sociaux et dans les manuels d'enseignement.

Dans le monde à population majoritairement rurale du début du XX<sup>e</sup> siècle, l'important est de survivre. Les prédateurs et les ravageurs des cultures sont encore nombreux et, dans le domaine agricole, les récoltes sont incertaines. L'homme, en Europe ou sous les tropiques (c'est la grande période coloniale), a encore des prédateurs redoutables. Nature et animaux sont souvent perçus comme hostiles. Ainsi, dans les manuels scolaires français, jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, les animaux sont classés en « nuisibles » et « utiles ». La destruction des « nuisibles » est un véritable enjeu économique national pour favoriser le développement agricole. « Presque tous les insectes sont nuisibles, il faut leur faire une guerre acharnée » lit-on dans un des manuels scolaires qui cherchent à préparer les enfants à la vie active.

Cette attitude était tout à fait légitime car l'homme subissait dans sa vie quotidienne des nuisances insupportables, notamment dans le domaine agricole (ravageurs des cultures) ou de la santé (malaria par exemple). Dans ce contexte psychologique, il n'est pas surprenant qu'il y ait eu des débordements. Les rapports sociaux par rapport aux rapaces, par exemple, illustrent à la fois une ignorance de la Nature et de son fonctionnement, une psychose vis-à-vis des espèces sauvages, et une exaltation de la suprématie de l'homme sur la Nature. « Les rapaces, des brigands ! Tous ces oiseaux-là sont des brigands et

brigands et demi. Il suffit qu'ils soient un peu nuisibles pour que je les supprime. » (extrait du *Chasseur français*, 1924).

Que font les scientifiques pendant cette période ? Ils collectent, inventorient, dressent des listes des espèces animales et végétales dans différentes régions, suivant en cela la tradition des cabinets de sciences naturelles. Ils participent également à l'effort national de lutte contre les ravageurs de cultures.

Après la Seconde Guerre mondiale, les comportements vont se modifier lentement : l'urbanisation et l'industrialisation se sont développées. De nombreux citoyens s'éloignent du monde rural. L'apparition des insecticides permet de penser qu'à plus ou moins brève échéance on pourra contrôler les insectes nuisibles tels que le doryphore, le criquet, le hanneton, mais aussi les moustiques. Le DDT dont on a dénoncé plus tard les conséquences écologiques, est alors le produit miracle qui va enfin pouvoir libérer l'homme d'une partie des servitudes de la Nature, ouvrant la voie à une production agricole mieux contrôlée. C'est également à cette époque que se développe la « Révolution verte » avec une agriculture intensive basée sur des semences à haut rendement mais qui nécessitent des apports importants en engrais et en insecticides.

Au début des années 1970, les qualificatifs de « nuisibles » et d'« utiles » donnés aux animaux disparaissent des manuels scolaires. On remet même complètement en question cette classification. C'est également à partir des années 1960 que se développe la science écologique qui construit nos connaissances, non plus sur les espèces, mais sur le fonctionnement des systèmes naturels et sur les interrelations existant entre les différentes espèces animales et végétales qui constituent les « écosystèmes ».

Dans les années 1980, l'homme occidental qui a maintenant dominé la plupart des prédateurs (ou soi-disant prédateurs...) et qui possède les technologies adaptées à une production agricole contrôlée et intensive, est enfin parvenu à ses fins selon la mentalité qui prévalait au début du siècle : il est en passe de s'affranchir des contraintes de la Nature. La situation n'est pourtant pas idyllique car une nouvelle perception de la Nature se fait jour dans les sociétés occidentales. Sous la poussée de mouvements écologiques (il s'agit de l'écologisme, pas de l'écologie scientifique) un sentiment de culpabilité se développe par rapport à la destruction des espèces qui a été encouragée dans les décennies précédentes. Les grandes ONG de conservation de la Nature jouent un rôle important dans cette sensibilisation du public à la disparition d'espèces phares, surtout les mammifères et les oiseaux. D'autre

part le citoyen voit dans la Nature un lieu de repos, de loisirs, de ressourcement. Il revendique tout à la fois une « Nature » attrayante (de beaux paysages), accueillante (pas trop de moustiques), vivante (des animaux et des végétaux à observer). L'intensification de l'agriculture avec les conséquences écologiques d'un usage immodéré des pesticides et des engrais, ou la destruction de paysages bocagers, est remise en cause. On commence à parler d'environnement au début des années 1970. L'agriculteur, autrefois force vive de l'économie nationale et jardinier de l'espace « naturel », est marginalisé et accusé, parfois avec raisons, de détruire les paysages, la faune et la flore. Parallèlement, dans le monde tropical, la destruction de surfaces importantes de forêts considérées comme de hauts lieux de la Nature vivante, suscite une réaction des milieux scientifiques et conservationnistes. L'homme est mis en accusation : de par ses activités incontrôlées, il est responsable de l'érosion de la diversité biologique à la surface de la Terre. On a inventé le terme biodiversité pour qualifier cet impact des activités humaines sur les espaces naturels et les espèces qu'ils hébergent. C'est une préoccupation mondiale qui culmine à la Conférence de Rio sur le développement durable en 1992. Le débat se déplace du niveau scientifique au niveau politique.

Et les événements s'enchaînent : il est urgent d'agir pour conserver la diversité biologique si nous ne voulons pas être les acteurs et les témoins d'une nouvelle extinction de masse. Pour cela nous avons besoin tout à la fois de connaissances scientifiques et de volonté politique afin de prendre des mesures appropriées. On signe des conventions, on crée des réserves, on tente une mise en application un peu simpliste du principe de développement durable. Pour certains, l'éthique est un puissant levier : nous devons conserver pour nos enfants le monde que nous avons reçu en héritage. Pour d'autres, il faut trouver des arguments plus pragmatiques : la diversité biologique est présentée comme une ressource économique de première importance, tout à la fois réservoir de gènes et de molécules à usages agricoles, pharmaceutiques et industriels. La marchandisation du vivant ouvre des perspectives économiques avec les biotechnologies et les brevets sur le vivant. Il est donc logique que de tels enjeux conduisent à prendre des mesures de conservation d'une richesse encore très partiellement valorisée.

Parallèlement, chez les scientifiques, les recherches et les centres d'intérêt se diversifient. Le séquençage des gènes et la biologie moléculaire amènent une connaissance de plus en plus intime du monde vivant, et reposent la question de l'origine de la vie mais, cette fois, avec des connaissances et des outils qui permettent d'apporter des

réponses concrètes. Les biotechnologies offrent de nouvelles perspectives d'utilisation du monde vivant par ingénierie génétique des organismes. Les enjeux économiques sont considérables mais de nouveaux questionnements d'ordre éthique et scientifique quant aux limites et aux conditions d'utilisation des organismes génétiquement modifiés (OGM) se font jour. Grâce aux progrès de la génétique et aux nouvelles connaissances acquises en paléontologie, la grande aventure de l'évolution connaît un regain d'intérêt de la part du grand public.

Quant à l'inventaire des espèces, il se poursuit sur des bases renouvelées, et avec de nouveaux outils (écologie, physiologie, biologie moléculaire, bases de données, etc.). Alors que pendant longtemps on envisageait la vie dans le cadre étroit des contraintes exercées par son environnement physico-chimique, on sait maintenant grâce à l'écologie et à la paléontologie qu'elle a largement contribué à le modifier et à le façonner. Le monde vivant joue un rôle actif dans la dynamique des grands cycles biogéochimiques dont certains sont responsables des équilibres climatiques.

La conservation de la diversité biologique pose sur le plan opérationnel des questions d'ordre technique et social. La mise en application des principes du développement durable, point central de toute politique de conservation, nécessite de trouver des compromis entre la protection des espèces et le développement.

En moins d'un siècle, le comportement des sociétés occidentales par rapport à la Nature s'est donc profondément modifié. De la volonté initiale de maîtriser une Nature hostile, ce comportement s'est progressivement orienté vers une approche plus respectueuse de la vie par la recherche d'un équilibre entre la satisfaction des besoins de l'humanité et le fait de ne pas détruire la diversité du monde vivant. La Nature a toujours un rôle utilitaire, mais il s'agit maintenant de la protéger pour permettre une meilleure exploitation des ressources qu'elle ne nous a pas encore révélées. Ce changement d'attitude est le résultat de motivations tout à la fois éthiques, esthétiques, économiques et écologiques qui agissent conjointement et dont il est bien difficile d'évaluer la part respective.

Simultanément, nous vivons sur le plan scientifique une période particulièrement exaltante. Les progrès des connaissances sur le monde vivant n'ont jamais été aussi rapides. Nous repoussons les frontières de l'infiniment petit, tout en développant les outils permettant d'explorer la Planète dans son ensemble, et de rechercher des traces de la vie dans l'Univers. Le prisme de la diversité biologique nous permet d'autre part de renouveler le débat des relations de l'homme avec la Nature, y

compris celui des origines de l'humanité. C'est une situation tout à fait opportune pour transgresser les barrières des disciplines académiques, pour associer les sciences sociales aux sciences de la Nature dans la recherche de solutions sur l'avenir de la diversité biologique dont l'homme est une des composantes. Car l'avenir de biodiversité ne se résout pas à un problème technique ; il dépend des choix économiques et politiques que les sociétés seront amenées à faire dans les décennies à venir. Il dépend en quelque sorte de l'attitude de chaque citoyen.

L'objectif de cet ouvrage est ainsi d'ouvrir quelques perspectives en proposant au lecteur un état des connaissances actuelles sur la diversité du monde vivant et sur les différents problèmes que soulèvent sa conservation et son utilisation durable.



## Chapitre 1

---

# **Pourquoi s'intéresser à la diversité biologique ?**

Le concept de biodiversité, en tant que problème d'environnement, s'est formalisé au début des années 1980, et s'est concrétisé lors de la Conférence sur le développement durable de Rio de Janeiro en 1992, avec la signature de la Convention sur la diversité biologique (CDB). En cette fin de XX<sup>e</sup> siècle, les hommes prenaient conscience de leur impact sans précédent sur les milieux naturels et des menaces d'épuisement des ressources biologiques. Le terme « biodiversité », contraction de diversité biologique, a d'ailleurs été introduit au milieu des années 1980 par des naturalistes qui s'inquiétaient de la destruction rapide de milieux naturels, tels que les forêts tropicales. Ils réclamaient alors que la société prenne des mesures pour protéger ce patrimoine. D'où la montée en puissance des questions relatives à la gestion et à la conservation de la biodiversité. Simultanément, on réalisait que la diversité biologique était aussi une ressource économique pour les industries agroalimentaires et pharmaceutiques. De nouvelles questions de nature éthique, liées à la marchandisation de la biodiversité et aux prises de brevets sur le vivant, commençaient également à émerger. Petit à petit le concept, d'abord restreint à la protection de la Nature, s'est ainsi enrichi de dimensions sociales, économiques, et éthiques.

## 1.1 QUE RECOUVRE LE TERME BIODIVERSITÉ ?

La biodiversité est devenue le cadre de réflexion et de discussion dans lequel on est amené à revisiter l'ensemble des questions posées par les relations que l'homme entretient avec les autres espèces et les milieux naturels. Certains diront que la biodiversité est devenue un « médiateur » entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux. Quoiqu'il en soit, la question de la biodiversité a maintenant pris place parmi les grands problèmes d'environnement global, comme le changement climatique ou la déplétion de la couche d'ozone.

La Convention sur la diversité biologique définit la **diversité biologique** comme étant la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres systèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes ».

Il est évident que le terme biodiversité est interprété différemment selon les groupes sociaux en présence. Systématiciens, économistes, agronomes ou sociologues, ont chacun une vision sectorielle de la biodiversité. Les biologistes la définiront comme la diversité de toutes les formes du vivant. L'agriculteur en exploitera les races et variétés à travers des sols, des terroirs et des régions aux potentialités multiples. L'industriel y verra un réservoir de gènes pour les biotechnologies ou un ensemble de ressources biologiques exploitables (bois, pêche, etc.). Quant au public, il s'intéresse le plus souvent aux paysages et aux espèces charismatiques menacées de disparition. Tous ces points de vue sont recevables, car le terme biodiversité recouvre effectivement des préoccupations de nature différente. Qui plus est, ces différentes démarches ne sont pas indépendantes et poursuivent implicitement un même objectif qui est la conservation des milieux naturels et des espèces qu'ils hébergent.

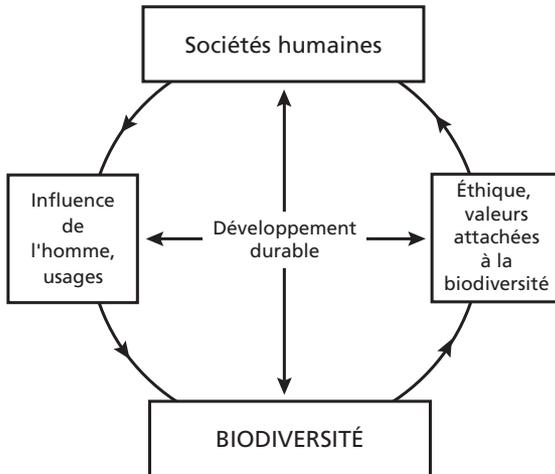
Le vocable biodiversité est donc un *mot-valise* qui recouvre des approches de nature différente. On parle tout à la fois de la biodiversité naturelle et sauvage, des ressources naturelles comme le bois ou le poisson, de la biodiversité créée par l'homme à des fins agricoles ou pour les biotechnologies. Aux problèmes de la protection de la flore et de la faune sauvages, et de ses espèces charismatiques, sont venus s'ajouter ceux de la perte de la diversité des espèces domestiques, puis

les questions de l'appropriation du vivant par la prise de brevets, et de la protection juridique des ressources biologiques et des savoirs faire locaux... Évoquer la biodiversité c'est donc évoquer tout à la fois des questions de nature écologique, éthique et sociale.

## 1.2 LES MULTIPLES VISAGES DE LA BIODIVERSITÉ

### 1.2.1 La biodiversité produit de l'évolution

La recherche des causes et des conditions qui ont conduit à la diversité du monde vivant que nous connaissons actuellement est une préoccupation ancienne des scientifiques. Les sciences de l'évolution se posent la question des mécanismes biologiques et moléculaires qui sont à l'origine la diversité des espèces et des écosystèmes. Quelles sont les interactions entre les changements de l'environnement biophysique et les phénomènes de diversification et de spéciation? Des domaines dans lesquels nos connaissances progressent rapidement mais restent fragmentaires. Par ailleurs, il est nécessaire de poursuivre l'inventaire des espèces entamé au XVIII<sup>e</sup> siècle par Linné en tirant parti des progrès



**Figure 1.1** Interactions entre les sociétés humaines et la diversité biologique.

méthodologiques nous permettant d'avoir accès au monde de l'infiniment petit, ainsi qu'aux mécanismes moléculaires impliqués dans la diversification du vivant. Nous entrons dans une nouvelle étape de la compréhension du vivant avec en perspective l'accès aux organismes infiniment petits : un nouveau monde à explorer.

### **Diversité biologique, biodiversité, biocomplexité**

L'usage inconsidéré du mot biodiversité risque de susciter un désintérêt, voire une désaffection pour ce terme. Nous proposons donc de l'utiliser plus spécifiquement pour parler des questions relatives aux interactions homme/Nature. Historiquement, le terme biodiversité s'applique à l'érosion du monde vivant résultant des activités humaines, ainsi qu'aux activités de protection et de conservation, qu'elles se manifestent par la création d'aires protégées ou par des modifications des comportements en matière de développement (concept de développement durable).

En ce qui concerne l'ensemble des activités qui relèvent traditionnellement de l'inventaire et de la connaissance du monde vivant, le terme diversité biologique est parfaitement adapté et c'est celui qui sera privilégié ici.

Un autre terme, celui de biocomplexité, cherche à s'imposer dans la mouvance de la biodiversité. La complexité biologique résulte des interactions fonctionnelles entre les entités biologiques, à tous les niveaux d'organisation, et l'environnement biologique, chimique, physique et humain à tous les niveaux d'agrégation, l'homme y compris. La biocomplexité concerne tous les types d'organismes, des microbes aux humains, tous les milieux qui vont des régions polaires aux forêts tempérées et aux zones agricoles, et tous les usages qu'en font les sociétés. Elle est caractérisée par une dynamique non linéaire et chaotique, des interactions à différentes échelles spatio-temporelles, une appréhension du système vivant dans son ensemble et non pas morceaux par morceaux, une intégration étroite du social et de l'économique.

Les recherches sur la dynamique présente et passée de la biodiversité nous conduisent également à une remise en perspective de l'écologie longtemps basée sur des principes d'équilibre. La diversité biologique,

on ne le soulignera jamais assez, est le produit du changement. C'est la variabilité des facteurs de l'environnement qui explique la diversification des espèces. C'est l'hétérogénéité des habitats qui favorise la richesse spécifique. Mais, inversement, le monde vivant est aussi capable d'agir sur son environnement physico-chimique en le modifiant.

### 1.2.2 La biodiversité en tant que ressource alimentaire

Toute notre alimentation est issue de la biodiversité. De l'époque où l'homme vivait de chasse et de cueillette, il reste encore l'exploitation des ressources vivantes marines. La pêche, cette dernière grande entreprise de cueillette, est pourtant menacée actuellement par la surexploitation des stocks.

Mais c'est dans le domaine de la domestication des plantes et des animaux que le génie humain a donné toute sa dimension. L'agriculture et l'aquaculture sont aussi à l'origine des plus grands bouleversements de la biodiversité. On a diffusé de par le monde un ensemble d'espèces qui constituent, à des degrés divers, la base de notre alimentation. Cette mondialisation, qui a débuté dès les débuts de l'agriculture, a profité à tous les continents et a concerné beaucoup d'autres espèces.

Tout naturellement, ces espèces introduites ont donné naissance à nombre de races ou de variétés adaptées aux contextes locaux. L'homme en a créé des centaines, voire des milliers, et elles aussi sont en danger. Car l'agriculture moderne qui a été mise en place après la seconde guerre mondiale (la Révolution verte) n'utilise que quelques variétés sélectionnées à haut rendement, marginalisant ainsi les races locales. On redécouvre leur intérêt patrimonial alors que beaucoup d'entre elles ont disparu.

### 1.2.3 La biodiversité marchande

Les problèmes liés à la marchandisation de la biodiversité, notamment les gènes et les molécules utilisées par les biotechnologies, constituent de nouveaux centres d'intérêt. Lors de la discussion de la CDB, les pays partenaires ont bien perçu que l'intérêt des industriels pour la diversité biologique constitue potentiellement une source de revenus. Lors de la Conférence de Rio en 1992, la discussion s'est ainsi polarisée sur les enjeux économiques de la mise en valeur des ressources génétiques. L'article premier de la CDB met d'ailleurs l'accent sur « *le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques, notamment grâce à un accès satisfaisant à ces ressources, et à un transfert approprié des techniques pertinentes, compte tenu de*

*tous les droits sur ces ressources et aux techniques, et grâce à un financement adéquat* ». La diversité biologique est maintenant considérée comme une matière première qui intervient dans divers processus de production (pharmacie, cosmétiques, agroalimentaire, etc.). Elle apparaît ainsi comme un capital naturel soumis à une régulation marchande, source potentielle de profits importants pour les pays détenteurs des ressources génétiques. C'est ce qui a pu faire croire aux pays du sud que leur biodiversité était « l'or vert ».

Très vite les pays vont s'affronter sur ce terrain. Les ressources se trouvent en effet, pour l'essentiel, dans les pays du Sud, alors que les utilisateurs, qui sont les industriels des biotechnologies, sont le plus souvent représentés par des multinationales du Nord. Les pays du Sud ne veulent plus admettre l'appropriation de leurs ressources sans contrepartie financière, et ils dénoncent les pratiques de la « biopiraterie ».

En affirmant la souveraineté des États sur leur diversité biologique, la convention entérine le droit de propriété sur le vivant et ouvre la voie à la reconnaissance des brevets et à l'élaboration des licences d'exploitation. On a pu dire qu'à Rio le droit des brevets est sorti vainqueur du droit de l'environnement. C'est un changement radical par rapport à l'attitude qui avait prévalu depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle considérant la biodiversité comme un patrimoine commun de l'humanité : chacun pouvait en faire usage à sa guise, utiliser sa position sociale ou son pouvoir économique pour exploiter le vivant, et s'en approprier certaines formes dérivées, comme les procédés et produits de sa transformation.

#### **1.2.4 Les biotechnologies**

De nos jours, les biotechnologies apparaissent comme des technologies de pointe exploitant des processus cellulaires ou moléculaires pour créer des produits et des services. La transgénèse consiste à transférer une partie du patrimoine génétique d'un organisme à un organisme d'une espèce différente. Le caractère universel du code génétique facilite de tels transferts. En d'autres termes, l'homme peut maintenant envisager de « diriger » l'évolution en créant de nouveaux organismes vivants. Mais l'utilisation qui est faite des organismes génétiquement modifiés (OGM) suscite de vifs débats dans la société. Dans le domaine médical, le vivant est en passe également de devenir la matière première privilégiée avec les récentes découvertes concernant les cellules-souches embryonnaires humaines.

Les biotechnologies nous sont également présentées comme des sources majeures d'innovations dans beaucoup d'autres secteurs : la

lutte contre la pollution, la production d'énergie ou la fabrication de textiles. La microbiologie industrielle utilise les capacités enzymatiques et métaboliques des micro-organismes pour la fermentation de matières premières agricoles et la fabrication d'aliments (œnologie, brasserie, fromagerie, etc.).

### 1.2.5 La biodiversité à protéger

Depuis longtemps les hommes se sont préoccupés de la disparition ou de la quasi-disparition d'espèces : celles de l'auroch et du bison en Europe, du dodo de l'île Maurice, du grand pingouin de l'Arctique, et du pigeon migrateur américain. Tous ces exemples qui concernent des espèces souvent emblématiques, sont le résultat en grande partie d'une chasse trop intensive. Mais avec les progrès technologiques et la nécessité de conquérir de nouveaux espaces pour satisfaire les besoins d'une population en forte croissance, l'homme agit maintenant avec une ampleur sans précédent sur les milieux naturels et la diversité du monde vivant. Des milieux naturels disparaissent, des espèces sont menacées de surexploitation. À la fin des années 1970, des naturalistes ont ainsi attiré l'attention sur la destruction rapide de certains milieux tels que les forêts tropicales. De manière plus radicale, le zoologiste américain E.O. Wilson affirme que l'homme est la cause d'une extinction équivalente aux grandes extinctions du passé. D'autres n'hésitent pas à prophétiser la disparition de la vie sur Terre, et de l'homme avec elle, si l'on ne fait rien pour inverser la tendance. Dans ce contexte, il s'agit de rechercher des stratégies de conservation afin de préserver un patrimoine naturel qui constitue un héritage pour les générations futures.

De fait, même si le problème du partage des bénéfices tirés de l'exploitation des ressources biologiques retient l'attention, plus que la protection des forêts tropicales, la CDB apparaît comme le premier accord international à proposer une approche intégrée de la conservation et de l'exploitation durable des ressources biologiques.

### 1.2.6 La biodiversité dont on ne veut pas

Le discours sur la biodiversité tenu par les ONG et les médias – et auquel souscrit une partie de la communauté scientifique – ne parle que des aspects patrimoniaux de la biodiversité, et des moyens de la préserver. Ils marginalisent plus ou moins délibérément le fait que l'homme, depuis ses origines, a eu à lutter contre une partie de la biodiversité pour assurer sa survie. Maladies parasitaires, microbiennes

ou virales, affectant l'homme, ses plantes cultivées et ses animaux domestiques, espèces prédatrices ou dangereuses, phobies, etc., sont autant de raison de chercher à contrôler, voire à éradiquer, certaines espèces. N'a-t-on pas qualifié le moustique de « serial-killer ». Dans ce domaine la littérature reste souvent muette, les conservationnistes écartant délibérément cette question de leurs discours, et le monde médical ou vétérinaire, ignorant le plus souvent la thématique biodiversité. Or, dans le domaine de la santé, on trouve d'excellents modèles illustrant les capacités d'adaptation de la biodiversité aux nouvelles conditions créées par les comportements et habitats humains, ainsi qu'aux moyens de lutte qui ont été développés contre les pathogènes.

La lutte contre les pathogènes et leurs vecteurs, ou contre les nuisances d'origine animale ou végétale, mobilise des moyens considérables. On imagine mal interrompre les opérations de lutte et de contrôle. Comment concilier ces activités avec la conservation de l'autre partie de la biodiversité ? Et, surtout, comment concilier les actions de conservation avec la protection de la santé humaine ?

### 1.2.7 Biodiversité et société

Le préambule de la CDB mentionne la responsabilité des hommes dans l'appauvrissement de la diversité biologique mais reconnaît que le développement économique et social est une priorité pour les pays en développement et que les États ont des droits souverains sur l'utilisation et la conservation de leurs ressources biologiques. Cette Convention est en réalité un compromis politique entre diverses communautés d'intérêt.

Ce qui est certain, c'est qu'il n'y a pas de mesure en matière de conservation qui ne soit voulue et acceptée par la société. L'usage comme la conservation de la diversité biologique sont à l'origine de conflits d'intérêts dont la résolution dépend de choix en matière de développement économique et d'utilisation des ressources biologiques, mais aussi de systèmes de valeurs inhérents aux sociétés et dans lesquels la diversité biologique occupe ou non une place.

Les motivations peuvent relever d'une démarche éthique qu'elle soit ou non d'inspiration religieuse : nous ne devons pas détruire ce que la Nature a mis si longtemps à créer. Dans ce contexte, la conservation va de soi. Dans d'autres cas, on cherche à protéger une ressource. C'est l'objectif par exemple de certaines aires marines protégées qui sont mises en place pour protéger les stocks de poissons. Ou bien encore, on peut chercher à protéger des espèces et des écosystèmes dans une perspective économique : écotourisme, ressources biologiques, etc. Certains

mettent en avant le rôle fonctionnel de la diversité biologique dans le fonctionnement des écosystèmes : rôle des insectes pollinisateurs, rôle des zones humides dans l'épuration des eaux, etc.

Cependant, si ONG et conservationnistes sont prompts à dénoncer l'action de l'homme, on se doit d'en rechercher les causes et les moyens éventuels d'y remédier. La démographie entraîne presque automatiquement des besoins plus importants en terres et en ressources. Dont acte. Mais deux autres facteurs ont également un poids considérable : la pauvreté et la recherche du profit à court terme. Ainsi, les Nations Unies ont bien identifié la lutte contre la pauvreté comme l'un des objectifs du prochain millénaire. Ceux qui ont faim sont moins enclins que d'autres à se préoccuper de la conservation des ressources naturelles. Il reste à mettre en œuvre un tel projet ! Quant au profit à court terme, il est presque inhérent à l'économie libérale. De très nombreux exemples montrent que la biodiversité est menacée à tous les niveaux pour des motifs qui relèvent au mieux de l'activité économique bien comprise, que de la cupidité, du braconnage ou de la corruption... Des attitudes qui ne nous sont pas inconnues, mais qui restent difficiles à maîtriser. Sans compter que, de manière plus subtile, les subventions accordées à certaines activités ont un effet tout aussi pervers. Et là, en théorie, on pourrait agir !