

La biodiversité au quotidien

Le développement durable
à l'épreuve des faits



Christian Lévêque

IRD
Éditions

éditions
Quæ

La biodiversité au quotidien

Le développement durable
à l'épreuve des faits

Christian Lévêque

Toutes les photos sont de Christian Lévêque, sauf sur la deuxième planche couleurs (« Mise en scène des animaux », photo du haut) qui est de Pat Morris.
Tous les dessins en tête de chapitre sont de Robert Rousso et sont reproduits dans le présent ouvrage avec l'aimable autorisation du "Courrier de l'environnement de l'INRA"

Éditions Quæ – c/o Inra, RD 10 78026 versailles Cedex
IRD Éditions – 213, rue La Fayette 75010 Paris

© Éditions Quæ, IRD, 2008

ISBN Quæ : 978-2-7592-0284-3
ISBN IRD : 978-2-7099-1648-6

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Table des matières

Préface	7
Préambule	11
Les multiples visages de la biodiversité	11
L'homme, espèce malfaisante ?	12
Pour la bonne cause ?	13
Le nez dans le guidon	13
Jeux de rôles, jeux de pouvoirs	14
Alors pourquoi ce livre ?	15
La biodiversité en perspective	17
Le succès d'un terme ambigu	17
La biodiversité, c'est quoi ?	17
Un terrain de jeu : la biosphère	18
Combien d'espèces ? L'iceberg de la diversité biologique	19
Des paysages entre nature et sociétés	19
Quels regards sur la nature ?	20
À chacun sa biodiversité ?	20
À quoi sert la biodiversité ?	21
La biodiversité qui dérange	22
La biodiversité est-elle menacée ?	22
Pour qui, pour quoi protéger la biodiversité ?	23
Comment protéger la biodiversité ?	24
La biodiversité « diplomatique »	24
La perception des Européens	26
Pourquoi tant d'espèces ? À quoi ça sert ?	27
De la continuité de la nature à l'unité du vivant	27
Des gènes aux écosystèmes : dans les coulisses du vivant	29
Adaptation, hasard, nécessité : évoluer c'est changer	32
La spéciation : comment naissent les espèces ?	36
Y a-t-il un sens à l'évolution ?	38
Le créationnisme n'est pas mort !	39
La biodiversité dans les écosystèmes : à quoi ça sert ?	40
La disparition d'une espèce est-elle une catastrophe ?	43
Collaborer pour survivre : mutualisme et symbiose	45

Une histoire semée d'embûches	49
L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille : crises et extinctions	49
À chacun son continent	51
Changements climatiques : sauve qui peut !	51
L'empreinte de l'homme sur les écosystèmes	55
Les passeurs de frontières	59
La mondialisation : catastrophe écologique ou chance pour la biodiversité ? ...	64
Le réchauffement du climat : pour quelques degrés de plus ?	66
Mettre un peu d'ordre dans la nature	71
L'équilibre de la nature, un mythe bien entretenu	71
Le grand inventaire du vivant : l'espèce, porte-drapeau de la biodiversité	72
Le Graal de la taxinomie : nommer et classer les espèces	74
L'excitation des découvertes	78
Des bocaux à Internet	80
L'écologie à la recherche de lois universelles	82
Macroécologie : l'organisation de la biosphère	86
L'hypothèse Gaïa : la tentation totalitaire	86
Les relations homme-biodiversité : je t'aime, moi non plus	89
Vous avez dit nature ?	89
La peur de la nature	91
L'homme fait-il partie de la nature ?	92
Au plus profond de la forêt	94
L'animal dans notre imaginaire	97
L'animal a-t-il une âme ?	105
Les animaux pensent-ils ?	107
Les limites floues de l'animalité	108
L'homme est-il l'ennemi de la biodiversité ?	113
L'homme, une espèce qui a réussi ?	113
Économie et biodiversité : conflits d'intérêts ?	115
Au mépris de l'humanité : la démographie en accusation	119
Occupation des terres : le chantier permanent	122
La chimie, pour le meilleur et pour le pire	123
État des écosystèmes : ou en sommes-nous ?	127
Accusés, levez-vous ! Sommes-nous entrés dans une nouvelle période d'extinction de masse ?	129
Apprivoiser et manipuler le vivant	133
La domestication à petits pas	134
Des animaux au service des hommes	137
Un capital agronomique : les ressources génétiques	140

Biotechnologies : la manipulation du vivant.....	143
Débat de société autour des OGM.....	148
Préserver le bien-être animal.....	155
Main basse sur la biodiversité	159
Les écosystèmes à l'aune de l'économie.....	159
Des forêts et des hommes	162
La déforestation : cherchez les coupables ?	168
Les pêches marines : les saigneurs de la mer.....	171
Le mirage de l'or vert.....	176
L'énergie de la biomasse.....	183
La biodiversité qui dérange	187
Ours, loup, lynx... pourquoi tant de haine ?	189
Les « nuisibles ».....	191
Biodiversité et maladies infectieuses : la longue histoire de nos pathogènes.....	194
Allergies et rhumes des foins.....	208
Attention danger : les armes biologiques.....	210
L'homme créateur de biodiversité	213
Les limites floues de la naturalité : le cas de la Camargue.....	213
Nature et paysages : la main créatrice de l'homme.....	215
Les introductions d'espèces, facteurs de diversification ?.....	218
Écologie de la restauration et ingénierie écologique.....	223
Aménagement du territoire : restaurer des paysages fonctionnels	227
Quand l'ingénierie écologique marche bien.....	229
Quel avenir pour la biodiversité ?	233
Quelle nature avons-nous ?	233
Quelles natures voulons-nous ?	234
Des scénarios pour réfléchir.....	239
Safari dans les villes.....	241
Protection de la nature : des barbelés dans la sierra ?	243
Réintégrer l'homme dans la conservation.....	244
Vers une obligation de résultats ?	249
Une stratégie nationale... ou un simple effet d'annonce ?	250
Et si le climat s'en mêle ?	251
Conflits, jeux de rôles et enjeux de pouvoirs autour de la biodiversité ..	253
Les ONG internationales, des « syndicats » de la nature.....	253
Protéger la nature : le poids des idéologies.....	258
La biodiversité : une affaire d'État	261
Ballet diplomatique autour de la biodiversité	264

Le monde médical peine à suivre	266
La science est-elle hors jeu ?	269
Les revendications identitaires : diversité culturelle et savoirs traditionnels	271
Conclusions	273
Des représentations partielles et partiales de la nature	273
La faute à qui ?	275
Le développement durable comme toile de fond	276
Conserver, mais à quel prix ?	277
L'avenir n'est plus ce qu'il était	278
Positiver nos rapports à la biodiversité	279
Redonner vie à l'espérance	280
Bibliographie	283

Préface

Biodiversité ! Depuis le milieu des années 1980, ce mot a eu une carrière foudroyante. Les conventions internationales et les traités, les discours politiques et les débats nationaux, les livres et les publications scientifiques ont mobilisé les citoyens à son propos. Les journaux et les télévisions en parlent avec sérieux. Des émissions télévisées spécialisées nous proposent des images et des scénarios superbes, suscitant dans le public intérêt, enthousiasme et parfois apitoiement. Bref, tout un chacun en a entendu parler. Pourtant, à la sortie de ce livre, les spécialistes vont s'exclamer : « Encore un livre sur la biodiversité ! », et les scientifiques soucieux d'affirmer leur identité d'ajouter : « Et ma discipline n'y est même pas présentée comme première et essentielle... »

Qu'en disent donc quelques citoyens rencontrés dans la rue et interrogés à brûle-pourpoint ? Pour une mère de famille, « la biodiversité est faite des animaux, des plantes, de l'eau qui nous entourent » et, après une hésitation, « de l'air aussi ». Une enseignante affirme : « La biodiversité est la variété animale et végétale d'aujourd'hui, mais elle est évolutive. » La boulangère dit : « La télé en parle ; c'est tous les animaux en équilibre », et une cliente ajoute : « Oh ! là, là ! Regardez sur internet. » Interrogé, internet donne La Réponse qui fait autorité et est répétée par tous ceux qui le consultent : « La biodiversité se définit à la fois comme la variété des formes du vivant et celle des écosystèmes dans lesquels on retrouve les organismes vivants [...] Pour le profane toutefois, la réalité est beaucoup plus difficile à appréhender. » Peut-on dire plus ?

De cette petite enquête impromptue, ne répondant à aucun des critères de rigueur que mériterait son exercice scientifique, il apparaît que le terme générique « biodiversité » qualifie la variété des êtres vivants et celle d'objets physiques (les milieux : l'eau et l'air). La biodiversité nous concerne donc tous : elle nous entoure. Enfin chaque citoyen a la sienne et, qu'il soit profane ou scientifique, il a conscience qu'elle évolue.

Dans ce livre, Christian Lévêque explore les sens utilisés comme les situations vécues par les individus, les communautés, les groupes d'intérêt et de pression, les institutions nationales et internationales. Son analyse est toujours présentée dans une perspective historique, donc évolutive. Elle accueille des regards, des critiques et des ambitions de types très différents. Les conflits latents ou vivement exprimés à propos de la biodiversité sont aussi soumis à examen et le constat est clair : des changements réels, rapides et de grande ampleur sont observés ces dernières années. Les interrogations suscitées par l'appauvrissement de la biodiversité, la peur de l'autre et du lendemain sont les moteurs des débats, les objets de conflits, les fondements d'enjeux économiques ou de pouvoir. La biodiversité s'est installée dans l'arène politique générale comme une préoccupation critique et forte.

Une brève considération sémantique peut servir à comprendre la signification de ce mot nouveau construit à partir du nom « diversité » et du préfixe « bio ». Dans son dictionnaire, Littré écrit : « diversité = état de ce qui est divers ». Le Robert approuve : « diversité = caractère, état de ce qui est divers ». L'encyclopédie Quillet parle de diversité en termes semblables, mais elle ajoute : « diversité = différence ». Ceci introduit une nuance individuelle au-delà du caractère collectif, dont il faudra tenir compte. Qu'en pensent maintenant les Anglo-Saxons ? Le dictionnaire Collins propose deux sens : le premier s'accorde à celui des Français : « *diversity = the state or quality of being different or varied* ». Le second, « *a range of*

difference of condition, quality or type », annonce des dynamiques différentielles à l'intérieur de la biodiversité... Dans l'usage courant, les Anglo-Saxons privilégient cette seconde acception. Se comprendra-t-on donc, lors des négociations, dans les cercles internationaux ? Ce survol sémantique succinct indique qu'en matière de biodiversité, les questions de culture et de société sont fortement prégnantes.

L'addition du préfixe « bio » donne le ton : le vivant est concerné en premier lieu. Mais l'air et l'eau ont également été invoqués par les citoyens interrogés. Au-delà de la diversité biologique proprement dite (chère à Buffon), le milieu physique, l'environnement et les ressources sont invités dans les réflexions et les débats. En considérant le milieu physique en même temps que le milieu vivant, nous redonnons au mot « nature » le sens global qu'il avait au siècle des Lumières. En ajoutant les ressources, nous donnons à l'homme une place nouvelle et structurante... Il y a donc du nouveau sur la scène !

S'agissant du monde vivant, les biologistes ont légitimement revendiqué la première place dans le débat sur la biodiversité : connaître est essentiel pour comprendre. Depuis des décennies, botanistes et zoologistes ont construit et transmis une connaissance très riche et organisée de la diversité biologique. Ils savent parfaitement identifier, analyser et inventorier les individus et les espèces. À ce savoir, les écologues apportent la compréhension des structures et des fonctions d'écosystèmes variés dans lesquels vivent des animaux et des plantes. En un mot, ils ajoutent au catalogue des différences une dimension nouvelle, celle des assemblages dynamiques où s'expriment les capacités du monde vivant.

En France, le Muséum national d'histoire naturelle est le dépositaire scientifique le plus compétent et le plus avancé des connaissances sur la biodiversité. Celle-ci y est présentée comme « une notion complexe dont les différentes facettes sont la diversité génétique des individus au sein d'une espèce, la diversité des espèces au sein d'un écosystème, la diversité des écosystèmes dans un paysage, la diversité du monde vivant à l'échelle de la planète ». Comprendre cette complexité demande de mettre en œuvre une réflexion et une démarche qui combinent et intègrent les concepts et les connaissances établis de différentes disciplines biologiques. En bref, la notion de biodiversité utilisée par les biologistes n'est donc pas un concept nouveau à proprement parler. Elle ne découle d'aucune nécessité théorique.

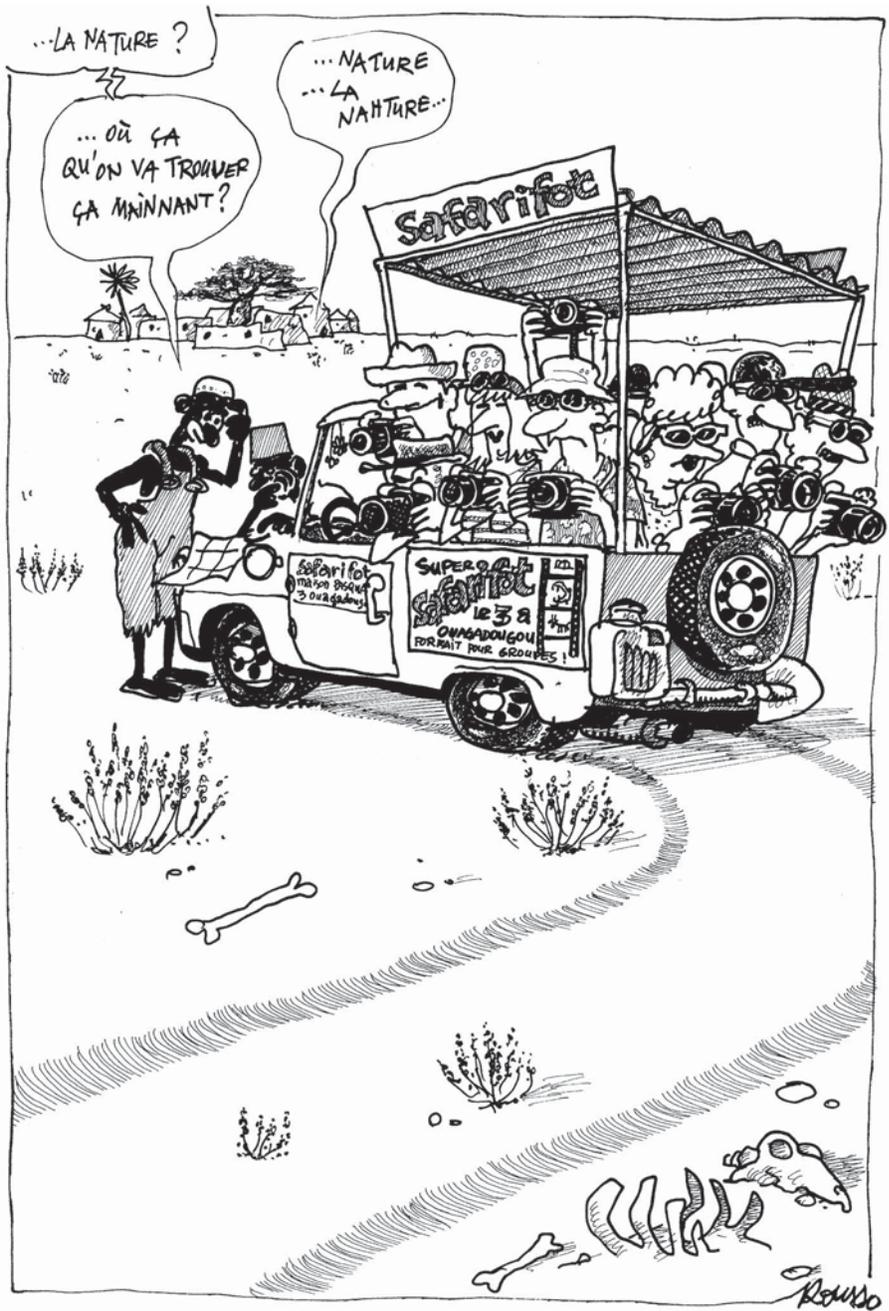
Puisque nous manquons d'une théorie biologique, interrogeons les sciences humaines et sociales. Les anthropologues du Muséum expliquent ainsi : « Tous les êtres vivants, y compris l'homme qui n'est pas d'essence différente des autres, sont divers mais solidaires : la diversité des natures est façonnée par la diversité des cultures. » Nous tenons là une propriété nouvelle, une complexité nouvelle, qui serait l'essence même de la biodiversité : le regard que les hommes portent sur la nature et l'usage qu'ils en font !

À leur façon, les philosophes diront que la biodiversité est « une science virtuelle. Elle n'est ni une essence contemplée, ni une pratique de laboratoire achevée, ni un dispositif institutionnel, ni une formule déposée. » Ils nous invitent ainsi à parler de « biodiversités » et d'accepter qu'elles ne soient ni statiques, ni définitives. Il ne nous reste plus qu'à les considérer comme des flux, où les essences subjectives ont plus d'importance que les objets biologiques observés dans l'instant.

En somme, c'est la priorité donnée par un individu ou une communauté à ses différents besoins qui distingue le plus clairement les biodiversités existantes ou souhaitées parmi toutes les biodiversités possibles – c'est-à-dire concevables par les sciences biologiques, économiques ou sociales. Ce qui différencie ce livre de bien d'autres est le point de vue hétérodoxe et courageux de Christian Lévêque, son franc-parler qui ne cède ni au survol médiatique ou politique ni aux revendications des disciplines scientifiques.

Il faut donc se résoudre à revenir pour le moment aux dures réalités du quotidien et envisager la biodiversité au cas par cas, sans pessimisme inutile. . . Christian Lévêque invite à cet exercice par une série de chapitres, de chroniques, où il rassemble l'histoire, les sciences et les techniques, les urgences économiques, les valeurs éthiques et spirituelles. Il nous fait prendre conscience que les dogmatismes et les autoritarismes condamnent les citoyens à l'immobilisme (sauf dans le discours) ou à de probables échecs. Il reste donc à avoir du courage civique et à imaginer pour demain des biodiversités plus satisfaisantes, différentes de celles d'aujourd'hui, même si le chemin à parcourir s'annonce long, tortueux et parfois douloureux.

Jean-Claude Mounolou



Préambule

*J'essaie de ne pas vivre en contradiction
avec les idées que je ne défends pas.*

PIERRE DESPROGES, 1990

La biodiversité est à la mode. Qui n'a pas ressenti de l'émotion devant le spectacle désolant d'une nature ravagée par les hommes ou les éléments naturels. Ou à l'occasion de reportages qui nous font vivre les derniers moments d'espèces en voie de disparition. Telle qu'elle nous est le plus souvent présentée, la biodiversité est ainsi la victime innocente de l'espèce humaine qui pille, ravage, détruit les écosystèmes et les ressources naturelles. Du moins, tel est le discours un peu réducteur de nombreuses ONG de protection de la nature, relayé par certains scientifiques acquis à leur cause. Et ce discours n'est pas entièrement faux.

Pourtant, dans la vie quotidienne, la diversité biologique ne se résume pas à cette vision manichéenne du monde. Nous entretenons avec elle d'étroites relations faites d'amour, mais aussi d'intérêts bien compris, voire d'hostilité déclarée. Car la victime innocente a aussi les moyens de nous nuire et de se défendre ; mais ces autres visages de la biodiversité restent le plus souvent dans l'ombre.

Nous allons, dans cet ouvrage, essayer de sortir de la logique « biodiversité victime » et tenter d'ouvrir quelques portes, au risque – assumé – d'aller à l'encontre des idées dominantes. Car cet ouvrage n'est pas un nouveau manuel académique. Il s'agit du regard que je porte, en tant que scientifique, sur une thématique à laquelle j'ai consacré une partie de mon activité professionnelle. Un regard critique dans la mesure où le discours ambiant sur la biodiversité me paraît tout à la fois réducteur et biaisé par des idéologies ou des enjeux de pouvoirs. Mais un regard qui essaie également d'appréhender notre rapport à la biodiversité sous un jour plus positif, devant la lassitude grandissante qui peut surgir du catastrophisme trop souvent affiché dans ce domaine. Car si l'homme est foncièrement mauvais, si on voit en lui le principal élément polluant de la planète dont parlent certains intégristes, il n'y a plus grand chose à espérer. Si ce n'est l'éliminer ? Et pouvons-nous réellement vivre sans espoir ? En fait, dans ce grand jeu de rôles qui s'est instauré autour de la biodiversité, divers points de vue s'affrontent, qui sont porteurs de différentes visions du monde et de son avenir. Qui plus est, le domaine n'est ni neutre ni angélique. Il fait l'objet d'enjeux de la part de différents acteurs sociaux qui cherchent à asseoir leur pouvoir et à imposer leurs idées. Car la biodiversité, au-delà du premier degré qui concerne la protection des faunes et des flores, renvoie au regard de l'homme sur lui-même, à sa place dans l'univers, à son destin en tant qu'être vivant.

Les multiples visages de la biodiversité

La biodiversité est par excellence le domaine des représentations de la nature que nous avons, les uns et les autres. Ces représentations sont le fruit de notre culture et de nos

expériences. Elles ont une influence considérable sur le regard porté sur les plantes et les animaux, et par conséquent sur notre manière de gérer nos rapports à la nature. Dans un tel contexte, nous pouvons être confrontés à diverses rationalités : celle du scientifique à la recherche d'espèces rares n'est pas nécessairement la même que celle de l'industriel à la recherche de nouvelles molécules dont il fera un médicament. Et celle des services de santé publique confrontés aux vecteurs de maladies n'a probablement rien à voir avec celle des conservationnistes cherchant à protéger un écosystème dans son ensemble. Ce qui veut dire que chacun perçoit la biodiversité en fonction de ses propres préoccupations.

Il est néanmoins surprenant que le discours dominant en matière de biodiversité concerne presque exclusivement l'érosion des espèces et des écosystèmes. Le visage qui nous est le plus souvent offert est celui de la nature violentée, qu'il est nécessaire de protéger. Plus rarement on met l'accent sur le fait que la biodiversité est une source majeure de produits agricoles et industriels et qu'elle a été à l'origine de la plus grande révolution économique que la Terre ait connu. Et on nous parle si peu de cette biodiversité qui dérange, celle qui est à l'origine de nos maladies, de celles de nos plantes et de nos animaux domestiques. Celle qui fait également l'objet de peur, de craintes ou de phobies, souvent à juste titre. La biodiversité offre ainsi de multiples visages, que l'on ne peut ignorer si l'on veut comprendre nos rapports à la nature.

L'homme, espèce malfaisante ?

À relire avec un peu de recul les écrits sur la biodiversité, on est frappé par l'approche quelque peu manichéenne présentant le plus souvent la biodiversité comme une victime innocente de l'espèce humaine. Le discours catastrophiste de certains médias peut même donner l'impression désagréable que nous allons assister, impuissants, à l'« holocauste » généralisé du monde vivant. Ce qui est pour le moins une affirmation rapide et qui ignore une vérité évidente : il existe dans notre inconscient une peur viscérale de la nature, source de bienfaits certes, mais aussi source de bien des dangers.

La diabolisation de l'espèce humaine est en réalité sous-jacente quand on aborde les questions de l'érosion et de la conservation de la biodiversité. Certains conservationnistes n'hésitent d'ailleurs pas à dire que la pollution primaire, c'est l'homme. Ces intégristes de la conservation n'ont guère de respect pour notre espèce. Poussons le bouchon : la nature irait mieux sans l'homme. Une philosophie qui a prévalu dans la démarche des aires protégées, mais déontologiquement inacceptable !

L'espèce humaine, comme les autres, vit dans un monde interactif où les uns ont besoin des autres. De manière plus crue, dans tout écosystème il y a des relations de mangeur à mangé. Qui ne connaît les cycles proies-prédateurs de Volterra enseignés dans tous les manuels d'écologie : quand il y a des proies en abondance, la population de prédateurs croît rapidement jusqu'au point de « surexploiter » les proies qui deviennent alors rares. La population de prédateurs, affamée, se réduit à son tour, relâchant la pression sur la proie qui peut de nouveau se développer. Un grand classique de la littérature écologique. Certes nous n'en sommes plus à ces niveaux élémentaires, car l'homme a développé d'autres capacités pour se nourrir. Il n'en reste pas moins que l'espèce humaine en pleine croissance a besoin d'espaces et de ressources. Il faut gérer cette transition démographique, au sens des démographes. Ce qui suppose de ne pas surexploiter nos ressources, mais de modifier nos comportements en fonction de leurs disponibilités : l'enjeu est là. Il n'est pas de jeter l'opprobre sur les populations des pays en développement responsables de la croissance

démographique. Mais cet enjeu suppose que l'on s'attaque aux causes principales de l'érosion de la biodiversité et de nos ressources : la grande pauvreté d'une part, l'appât du gain d'autre part avec ses dérives (corruption, braconnage, etc.). Une situation qu'un système ultralibéral ne peut que favoriser et amplifier. Une situation qui est de toute évidence difficile à modifier. Alors quel crédit accorder dans ce contexte aux discours incantatoires faisant suite à nombre de manifestations nationales ou internationales dans lesquels des experts s'auto-congratulent dans des discours convenus et répétitifs, souvent bien loin de la réalité du monde.

Pour la bonne cause ?

Machiavel se posait la question : faut-il cacher la vérité au peuple ? Sous-entendu, bien évidemment, pour le bien du peuple. On peut se poser une question similaire dans le domaine scientifique : le parler vrai est-il politiquement correct en matière de biodiversité ? Un domaine où se mêlent intimement le scientifique et l'affectif, l'éthique et l'économique.

Oui, l'homme a une action sur la biodiversité. Des espèces disparaissent du fait de nos activités, c'est indéniable ! Oui, les hommes font un usage immodéré de leurs ressources naturelles. Oui, certaines activités économiques sont responsables de la destruction d'écosystèmes et de la disparition d'espèces. Oui, nous vivons au-dessus de nos moyens si l'on se réfère à notre « capital » naturel. Que cela soit dit, une fois pour toute, afin d'éviter toute ambiguïté. Car la question de la biodiversité est vécue de manière passionnelle par un certain nombre de citoyens. Convaincus de défendre une juste cause, celle de la nécessité de protéger la biodiversité, ils comprennent mal que l'on puisse émettre la moindre réserve en ce domaine.

« C'est pour la bonne cause » nous amène donc à tenir des discours convenus, voire à travestir la vérité. Car les idées reçues en matière de biodiversité sont nombreuses, y compris chez les scientifiques qui ont un peu rapidement adopté le discours des ONG après la conférence de Rio de Janeiro. Ne lit-on pas encore dans certains écrits populaires que la forêt amazonienne est le poumon de la terre ? Et, de manière récurrente, dans les écrits scientifiques, que la diversité des espèces est un gage de bon fonctionnement des écosystèmes ? Une affirmation qui ne repose que sur quelques expériences discutables quant à la méthodologie, et trop rapidement extrapolées, alors que l'observation des écosystèmes nous offre pour le moins une grande diversité de situations !

Le nez dans le guidon

Le citoyen informé par le canal des médias entend surtout parler de la disparition des espèces – les notices nécrologiques ont toujours plus de succès que les actes de naissance. Et les Cassandres de prédire une sixième extinction de masse. L'apocalypse pour demain en quelque sorte. Et pourtant le discours s'essouffle, car la préservation de la biodiversité ne mobilise sur le fond qu'une très petite partie de la société. Ce n'est pas sa priorité, comme le montrent les sondages. Même nos cousins les grands singes ne suscitent pas beaucoup d'intérêt. Alors pourquoi ?

On pourrait longuement épiloguer. Rappeler que les discours scientifiques sur la biodiversité sont beaucoup trop loin des préoccupations de la société. Rappeler que ce qui touche

les hommes, c'est ce qui les interpelle dans leur quotidien, que ce soit leur santé, leur cadre de vie, leurs habitudes, leur satisfaction des besoins alimentaires. Pour certaines sociétés, la biodiversité à l'occidentale n'existe pas. Ce qui existe, ce sont des espèces animales ou végétales utiles pour l'homme, celles que l'on nomme et que l'on connaît ; le reste est occulté. Et puis souligner que, dans un monde où l'argent est le nouveau dieu, on a beaucoup trop mis l'accent sur une vision matérialiste de la biodiversité. Écologistes et économistes ont noué des alliances de circonstances pour nous montrer combien la nature était importante en tant que pourvoyeuse de biens et de services. Et puis ? Rien n'a changé !

En revanche, tout le domaine de l'éthique, de l'affectif, de l'imaginaire a été largement négligé. Rares sont les psychiatres ou les poètes qui viennent nous parler de biodiversité dans les conférences dévolues à ce sujet. Rares sont les travaux qui parlent du rapport de l'homme à la nature, sous l'angle de la formation de la personnalité, de son rôle dans la régulation de notre « santé mentale », de son apport à la réflexion philosophique sur la place de l'homme dans l'Univers. Qu'en est-il de cette peur des origines qui a donné naissance à tant de mythes, aux religions, à la philosophie ? Quels rôles ces derniers jouent-ils dans notre perception de la nature et dans nos actes quotidiens ? Autant de domaines dont je ne suis absolument pas spécialiste, mais qui me paraissent maintenant bien plus importants qu'une recherche de plus sur la biologie de telle ou telle espèce. C'est probablement en mettant plus l'accent sur ces éléments de nos cultures que l'on ouvrira la voie à une cohabitation plus sereine de l'homme avec la nature. L'avenir de la biodiversité repose autant sur des éléments liés au monde des représentations mentales que sur la vision utilitariste qui a été développée jusqu'ici. Mais la cloison entre les sciences de l'homme et les naturalistes est étanche. Elle l'est d'ailleurs tout autant avec les sciences médicales. Et il n'y a pas beaucoup de volonté politique pour rendre ces cloisons plus perméables.

Jeux de rôles, jeux de pouvoirs

Un élément de réponse à ce cloisonnement réside peut-être dans le fait que la biodiversité est l'objet d'enjeux de pouvoir au sein d'une société où la raison cède le plus souvent le pas au profit à court terme, aux intérêts partisans, ou même à l'irrationnel.

Les ONG, ces « syndicats de la nature » jouent leur rôle de gardiens du temple, allant souvent jusqu'à la caricature pour faire passer des messages simples, voire simplistes. Elles se posent en porte-parole de la biodiversité, y compris maintenant de la biodiversité culturelle, un domaine dans lequel leur légitimité n'est pas reconnue. Les politiques et les administrations promettent énormément, communiquent beaucoup, mais agissent peu. Un grand classique en quelque sorte, qui trouve toute son expression dans la Convention sur la diversité biologique. Nous ne manquons pas de lois, de règlements, nous en avons même trop... Encore faut-il trouver une cohérence entre ceux-ci et surtout, oui surtout, manifester la volonté politique de les appliquer. L'image selon laquelle « la maison brûle » est porteuse d'espoirs, mais les pompiers tardent à venir car les routes ne sont guère praticables.

La science officielle a adopté un peu rapidement l'argumentaire des ONG sur la biodiversité sans se donner le recul nécessaire à un regard plus objectif. Car sa raison d'être n'est pas de suivre les discours partisans, fussent-ils sympathiques, mais de les évaluer à l'aune des paradigmes scientifiques. Elle se prête également au jeu d'une recherche alibi, en savoir plus pour mieux gérer, qui remet à plus tard la prise de décision en attendant d'avoir plus d'informations. Elle y trouve un profit immédiat ainsi qu'une apparence de légitimité

sociale. Mais elle ne répond pas pour autant à la question fondamentale de l'érosion de la biodiversité. Car nous en savons assez pour agir dans la plupart des situations. On a inventorié à souhait les causes de l'érosion de la biodiversité, on en connaît les principaux mécanismes. Mais pour passer à l'action, il faudrait repenser un système économique de plus en plus dévoyé pour le profit de quelques-uns. Accepter le fait que la protection de la biodiversité passe d'abord par la lutte contre la pauvreté, contre la corruption, contre l'économie libérale. On remettrait alors en question des systèmes sociaux accordant la primauté à l'argent et non pas aux valeurs humaines. Quel discours révolutionnaire et incongru ! Ce n'est guère celui pour l'instant de la majorité des sciences sociales et économiques, si peu présentes par ailleurs dans ce vaste domaine de la biodiversité.

Alors pourquoi ce livre ?

Ce livre est né en partie de l'agacement de voir la science prisonnière d'idées reçues dont elle n'a pas nécessairement la paternité mais qu'elle a endossées. Prisonnière aussi de paradigmes écologiques et de théories dont on voit, pour certains, qu'ils ne correspondent pas à la réalité du terrain. L'écologie ne peut plus se contenter des bases théoriques qui ont présidé à sa naissance. Le monde réel est à la fois plus riche et plus complexe, et le monde vivant est probablement moins déterministe qu'on l'a cru pendant longtemps. L'importance du hasard, de l'aléatoire, nous oblige à repenser bien des concepts. Merci au changement climatique de nous rappeler également que le monde bouge en permanence, que la notion d'équilibre n'est qu'artifice en biologie. Et puis, dans un monde où l'homme a pris le contrôle de nombreux écosystèmes, on doit admettre maintenant que c'est le facteur majeur de la dynamique de ces écosystèmes. La question centrale devient alors : que veut-on en faire ?

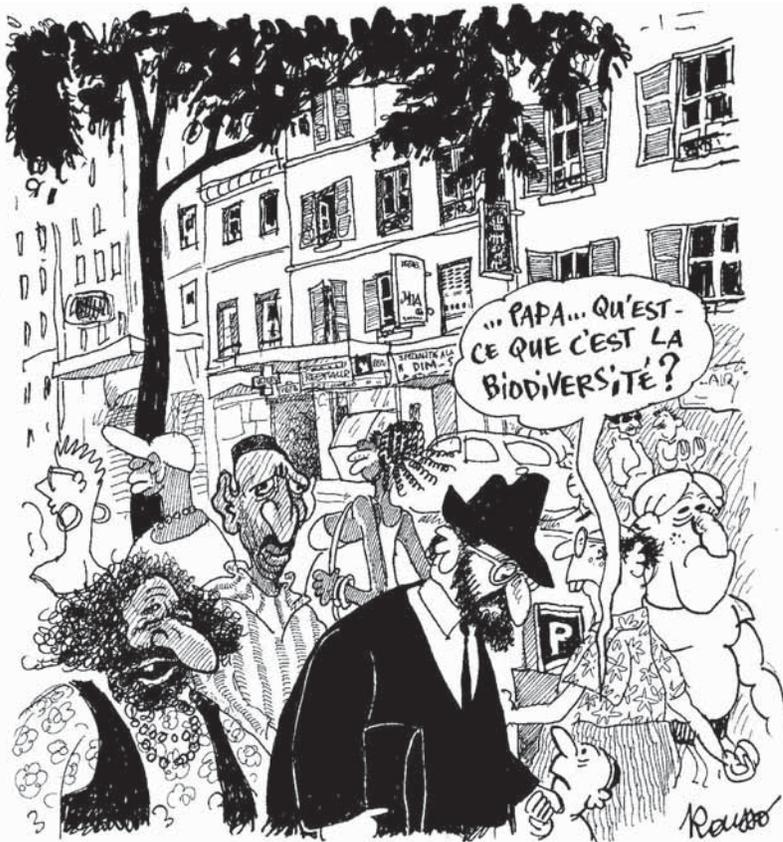
Agacement également d'entendre de manière récurrente ce discours conservateur le plus souvent alarmiste, voire catastrophiste, dans lequel l'homme est considéré comme l'ennemi de la biodiversité. Un discours sectoriel, souvent partisan, ignorant le plus souvent cette approche systémique indispensable lorsqu'on parle de développement durable. Certes nous prenons maintenant beaucoup de place sur la planète, certes nous bousculons les autres espèces. Mais beaucoup de ces dernières ne sont pas pour autant nos amies ou les victimes innocentes d'un génocide généralisé. La diversité biologique, comme Janus, a deux visages : celui d'une nature généreuse, pourvoyeuse de biens et de services, pour utiliser le langage de la science officielle. C'est celui qui nous est le plus souvent présenté et qui motive toutes les mesures de protection. En oubliant (est-ce vraiment d'ailleurs un oubli, ou du cynisme ?) que l'autre visage de la biodiversité, sa face sombre, est beaucoup moins bucolique. C'est celui des prédateurs, des vecteurs de maladies, des agents pathogènes, des ravageurs de cultures, des nuisances insupportables pour l'homme et ses espèces domestiques. Dans une perspective de développement durable, protection de la biodiversité et lutte contre les espèces nuisibles à l'homme doivent recevoir un traitement équivalent. L'un ne peut ignorer l'autre. Nous sommes loin du compte actuellement puisque le citoyen n'entend qu'un discours, manichéen et réducteur : l'homme détruit la biodiversité.

Dans ce contexte, ne faut-il pas rappeler que la biodiversité ne se résume pas aux aires protégées ou aux espèces en voie de disparition ? La biodiversité c'est notre quotidien. Nous baignons dedans, que ce soit pour notre alimentation, notre industrie, nos loisirs, sans oublier notre santé. Nous sommes un élément de la biodiversité et nous en vivons. Qui plus est, lorsqu'on se penche sur nos rapports avec la nature, on s'aperçoit combien

cette dernière est indispensable à notre équilibre psychologique. Eh oui, la nature c'est le rêve, le fantasme, et la peur tout à la fois. C'est l'évasion, l'anti-stress. C'est le romantisme, l'émotion à l'état brut. Tout cela est au moins aussi important pour nous que la valeur économique des services rendus par les écosystèmes, vous ne croyez pas ? Mais, sur le plan scientifique, c'est un peu le monde du silence. Un domaine en friches délaissé par les sciences sociales, à de rares exceptions près.

Si nous voulons vivre dans un monde qui ne soit pas que verre et béton, il nous faut regarder la réalité en face : quel projet collectif avons-nous vis-à-vis de cette nature qui nous préoccupe ? En préservant au mieux nos intérêts d'êtres humains, mais en respectant ce patrimoine naturel tout aussi légitime que les œuvres d'art. Cette réalité est faite de positions contradictoires, de faits, mais également de représentations. Ce n'est pas seulement une affaire de naturalistes, c'est au citoyen d'affirmer ses choix, ses objectifs et d'assumer ses décisions. On ne le mobilisera pas seulement en lui tenant des discours apocalyptiques. Le citoyen que je suis a besoin d'espérance, de rêves, de frissons.

Peut-on déplacer des montagnes ? Peut-être, mais il faudrait pour cela que l'enjeu reçoive une adhésion pleine et entière de la société. De toute évidence, le temps n'est pas encore venu. Mais on peut se donner comme objectif d'y parvenir.



Courrier de l'environnement de l'Inra n° 24

La biodiversité en perspective

*La vie ne pourra jamais se résumer à des équations
car elle fabrique trop d'inconnues.*

PASCAL PICQ, 2005

Qu'en est-il de cette biodiversité ? En quoi tout un chacun est-il concerné par ces espèces qui disparaissent à l'autre bout du monde ? Une affaire de scientifiques et de protecteurs de la nature ? « Il y en a tellement qu'une espèce de plus ou de moins ne changera pas le cours de l'évolution ! »

Derrière ce mot devenu à la mode se cachent en réalité des visions du monde bien différentes. D'autant plus que l'on a tendance à pratiquer l'amalgame, à considérer la biodiversité comme un bloc, alors qu'elle est un ensemble composite. Chacun peut en avoir sa propre représentation : nature en danger, ressources vivantes, molécules nouvelles, etc. Comment s'y retrouver dans cette complexité et que penser de cette agitation médiatique autour de la biodiversité ? Elle pourrait nous faire penser que la seule protection de la nature est le but ultime !

Le succès d'un terme ambigu

Le terme « biodiversité », contraction de « diversité biologique », a été introduit au milieu des années 1980 par des naturalistes s'inquiétant de la destruction rapide des milieux naturels et des forêts humides tropicales en particulier. Ils ont été entendus, en apparence, puisqu'une convention internationale sur la diversité biologique a été discutée et signée par de nombreux États en 1992, dans le cadre de la conférence sur le développement durable de Rio de Janeiro.

Ce terme qui n'a pas plus de 20 ans a donc connu, il faut le reconnaître, un succès fabuleux puisqu'il fait maintenant partie du langage populaire, au même titre d'ailleurs que le développement durable. Comme d'autres expressions, on l'utilise à tout propos, sans que son contenu en ait été bien défini. Et pour cause : la biodiversité c'est un peu l'auberge espagnole dans laquelle se mêlent différents courants de pensée. En outre, elle constitue un enjeu économique et un enjeu de pouvoir, dans un grand jeu d'acteurs où se retrouvent à la même table scientifiques et politiques, industriels et citoyens.

La biodiversité, c'est quoi ?

Une définition « officielle »

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 ». Un langage quelque peu ésotérique qui mérite d'être explicité...

Un objet d'étude pour les scientifiques

Les scientifiques reconnaissent trois niveaux dans la diversité du monde vivant : la diversité génétique en tant que diversité de l'information génétique portée par les organismes vivants ; la diversité des espèces, la plus familière pour nous, correspond à l'ensemble des entités reconnaissables dans le monde vivant ; la diversité des écosystèmes qui est celle des communautés animales et végétales vivant sous différentes conditions climatiques et géographiques. En réalité, ces trois niveaux sont en interaction. D'un côté, les mutations génétiques créent en permanence de la diversité génétique. De l'autre, la sélection naturelle opère un tri parmi les mutants, favorisant les plus aptes à assurer la pérennité de l'espèce dans un environnement donné. Tout ça, au sein d'écosystèmes évoluant en permanence sous l'effet des contraintes climatiques ou géologiques.

L'homme, créateur de biodiversité

Ce serait une erreur de penser que la biodiversité ne concerne que la flore et la faune « sauvages ». Ce vocable englobe également la diversité biologique créée par l'homme. Elle concerne les variétés végétales et les races animales sélectionnées par les agriculteurs et les éleveurs (les ressources génétiques) ainsi que les biotechnologies, dont les OGM qui posent problème à la société. Les hommes ont également construit des paysages, véritables systèmes hybrides composés de vestiges de milieux naturels et de milieux créés ou modifiés par l'homme. Des paysages dont certains sont maintenant considérés comme un patrimoine.

Un terrain de jeu : la biosphère

La biosphère est l'ensemble des organismes vivants, animaux et végétaux, vivant à la surface de la Terre. Néanmoins, on définit le plus souvent la biosphère comme la pellicule superficielle de la planète qui renferme les êtres vivants, et dans laquelle la vie est possible

Les nouveaux habits de la biodiversité

« De quelle biodiversité parle-t-on aujourd'hui ? Des ressources et des milieux, on est passé à la biodiversité naturelle ou sauvage, puis à la biodiversité anthropisée ou cultivée, enfin au vivant modifié voire créé par la technoscience. Les questions concernant la biodiversité se sont très rapidement déplacées de la perte d'espèces charismatiques et remarquables à la perte d'espèces ordinaires ; de la perte de diversité agricole et de la thématique de l'épuisement des ressources naturelles aux questions de maîtrise et d'appropriation : manipulation et intégrité du vivant, protection juridique des banques de gènes et de savoirs locaux, etc. Ces déplacements n'ont pas pour autant balayé les premières préoccupations qui restent présentes et non résolues. Évoquer la biodiversité c'est donc à la fois, et souvent conflictuellement, avancer des positions scientifiques, citoyennes et éthiques, en affirmant, selon la sensibilité de chacun, une discontinuité plus ou moins importante entre les objets naturels et les êtres sociaux. » Catherine Aubertin, 2005.

en permanence. Cet espace comprend ainsi la lithosphère (écorce terrestre), l'hydrosphère (ensemble des océans et des eaux continentales), et l'atmosphère (enveloppe gazeuse de la Terre).

Le concept de biosphère met l'accent sur les interrelations entre les organismes et leur environnement à l'échelle planétaire. La biosphère participe ainsi à la régulation du système climatique en interagissant avec les mécanismes de natures physique et chimique. Le climat influence la vie sur la Terre et la vie, en retour, influence le climat, et de manière plus générale l'environnement global. Un défi majeur pour les scientifiques est de comprendre les processus en jeu afin de prédire la réponse des écosystèmes aux évolutions du climat.

Combien d'espèces ? L'iceberg de la diversité biologique

Pour le grand public, conditionné par les ONG et les médias, la biodiversité c'est la conservation de la nature, et particulièrement la protection d'espèces charismatiques telles que le panda, le tigre ou l'ours. C'est une vision un peu étroite ! Elle conduit à ignorer tous les autres aspects de la biodiversité d'une part ; elle focalise l'attention sur cette partie de la diversité biologique constituée par les espèces « visibles » d'autre part. Et elle marginalise de très nombreuses espèces qui jouent pourtant un rôle important dans le fonctionnement des systèmes écologiques. En d'autres termes, l'intérêt pour la diversité biologique se concentre surtout sur la partie émergée de l'iceberg.

On estime actuellement qu'environ 1 700 000 espèces animales et végétales ont été décrites, mais il pourrait en exister 10 à 20 fois plus. Surtout, le monde des micro-organismes demeure largement méconnu alors que, pour certains scientifiques, leur biomasse serait plus importante que celle des espèces visibles ! Il est vrai qu'observer des bactéries, des virus et des champignons s'avère difficile et moins passionnant que des oiseaux. Mais souvenons-nous que ces organismes ont été aux origines de la vie sur terre et qu'ils nous survivront très probablement, quelle que soit la destinée de l'espèce humaine. Citons également le monde tout aussi méconnu des parasites, dont le nombre d'espèces est peut-être aussi important que le nombre d'espèces « libres ». Parasites et micro-organismes jouent des rôles absolument essentiels dans le fonctionnement de la biosphère, mais le public et les scientifiques s'intéressent en grande majorité aux espèces visibles.

Des paysages entre nature et sociétés

Le terme « nature » est souvent utilisé pour désigner une nature vierge, non perturbée par l'homme, par opposition aux milieux anthropisés. Une définition bien théorique car la nature, en Europe, c'est aussi l'espace rural et ses paysages familiers pour une grande majorité de citadins. Un espace que des siècles d'utilisation des terres à des fins agricoles et industrielles ont complètement transformé en champs cultivés, en prairies, en forêts pour la production de bois, en parcs urbains, etc. Les forêts méditerranéennes sont ainsi des milieux profondément modifiés : la végétation primitive y a été détruite presque partout par le feu pour dégager des surfaces agricoles. Quant aux forêts équatoriales, denses et humides, ces forêts vierges de l'imaginaire occidental, elles ont été sillonnées et habitées depuis des millénaires par des peuples pratiquant la cueillette et la chasse, ainsi que l'agriculture.

L'état actuel de la biodiversité est donc marqué par l'usage historique des milieux et des ressources par les sociétés humaines. Ce que nous appelons « nature », c'est aussi bien des écosystèmes encore peu touchés par l'homme que des milieux complètement artificialisés. Ainsi la Camargue, ce haut lieu de la nature en France, doit-elle son existence aux activités agricoles et à l'industrie du sel !

Quels regards sur la nature ?

Poser la question de la biodiversité, c'est s'interroger en premier lieu sur les attitudes des hommes vis-à-vis de la nature. Le rapport que tout un chacun entretient avec la nature et le monde vivant relève des domaines de l'éthique et des représentations. Cela revient à parler de nos perceptions en fonction de nos préoccupations, de notre vécu, de notre culture et de notre système de valeurs collectives. De toutes les philosophies s'affrontant au sujet de la place de l'homme dans la nature, aux religions sacralisant la diversité biologique, il existe toute une variété de sensibilités qui conditionnent notre regard sur le monde vivant, et par voie de conséquence sur nos actions.

Le regard porté sur la nature peut être amical. De l'attraction exercée par les animaux les plus charismatiques à l'observation des animaux dans leur milieu, du désir de préserver des milieux naturels à la protection des bébés phoques, il existe toute une gamme de manifestations d'intérêt. Mais il ne faut pas oublier que l'homme a également une peur viscérale de la nature sauvage. Durant son existence il a eu à lutter contre la nature sauvage, et il en garde la mémoire. Au fil du temps, l'homme est passé d'une situation de dominé à une situation de dominant. Actuellement, il se profile comme le « gardien » de la nature. Mais un gardien qui entend faire la part des choses.

À chacun sa biodiversité ?

De manière un peu schématique, on peut identifier trois grands centres d'intérêt correspondant à des préoccupations différentes, ainsi qu'au regard que les uns et les autres portent sur le monde vivant selon leurs cultures et leurs représentations.

Pour les *scientifiques*, la diversité biologique est d'abord un objet d'étude en soi. Il s'agit ni plus ni moins de poursuivre des recherches entamées depuis longtemps sur l'inventaire du monde vivant (taxinomie, systématique), sur l'évolution des espèces (sciences de l'évolution) et sur le fonctionnement des systèmes écologiques (sciences écologiques). La diversité biologique est ainsi un patrimoine biologique, le produit d'une dynamique qui, sur des centaines de millions d'années, a vu naître et disparaître des dizaines de millions d'espèces.

Les *agriculteurs* et les *industriels*, quant à eux, voient dans la biodiversité un immense réservoir de ressources génétiques. C'est une perception utilitariste et marchande de la biodiversité qui recouvre l'ensemble des activités liées à la prospection, à l'utilisation et à la protection des ressources génétiques (variétés sauvages de plantes cultivées, molécules à usage industriel ou pharmaceutique). Cet « or vert », comme on l'a surnommé, est l'objet de nombreux enjeux économiques liés à l'accès à ces ressources génétiques. Pour schématiser, les pays du Sud ont surtout retenu de la Convention sur la diversité biologique qu'ils pourraient monnayer leurs ressources génétiques, exploitées gratuitement jusqu'ici par les industriels du Nord. Ces derniers, au contraire, souhaitent maintenir le libre accès à ces ressources !

Un autre aspect de l'affrontement Nord-Sud qui perdure. On peine à l'échelle internationale pour trouver des compromis. Les lobbies agroalimentaires et pharmaceutiques sont particulièrement concernés, au point que certains pays n'ont pas signé la Convention sur la diversité biologique par crainte de pénaliser leurs industries.

Pour ceux souhaitant *protéger* et *conserver* la biodiversité, il s'agit avant tout de trouver les moyens d'enrayer l'érosion de la biodiversité et des ressources naturelles. Les principaux accusés : la croissance démographique, la surexploitation des ressources vivantes, les modifications physiques de l'environnement et les pollutions. Conserver la biodiversité s'inscrit sans ambiguïté dans la démarche plus générale du développement durable. Elle interpelle les choix technologiques et les politiques de développement, ainsi (et peut être surtout) que le modèle économique qui nous gouverne. Celui-ci privilégie le profit à court terme par rapport à la protection à long terme des ressources vivantes et de la biodiversité. Les ONG de protection de la nature ont largement relayé tous les impacts négatifs des actions de l'homme sur la planète. La biodiversité a également ses intégristes ; pour eux, il s'agit de protéger la nature sans l'homme, ce dernier étant considéré comme l'ennemi de la biodiversité.

À quoi sert la biodiversité ?

Si l'on prête de plus en plus d'attention à la biodiversité, c'est qu'elle concerne directement notre vie quotidienne. On a pu parler à son propos de « nature utile » car elle nous fournit nombre de biens et de services.

Par « biens », on entend tous les produits issus de la biodiversité ayant une valeur monétaire tels que les ressources marines (la pêche) ou les ressources génétiques largement utilisées en agriculture. Leur conservation reste un objectif stratégique. En outre, de nombreuses molécules utilisées pour élaborer de nouveaux médicaments, ou ayant des applications industrielles, proviennent aujourd'hui encore d'espèces végétales ou animales. Enfin, l'éco-tourisme est devenu une nouvelle industrie : la valorisation de la biodiversité, que ce soit en observant les animaux sauvages ou par l'attrait exercé par de beaux paysages naturels, est une source de revenus particulièrement importante pour de nombreux pays.

Les services quant à eux correspondent aux fonctions remplies par la biodiversité. Les écosystèmes, grâce à leur diversité biologique, jouent un rôle fondamental dans la régulation des grands cycles géochimiques (fixation, stockage, transfert, recyclage des éléments nutritifs, etc.) et du cycle de l'eau. Les zones humides par exemple remplissent des fonctions d'épuration et de stockage des eaux comparables à celles fournies par des stations

« Néanmoins une question est toujours posée, qui a l'habitude d'être une objection faite aux Curieux de la nature, lorsque le vulgaire les voit occupés à scruter leurs objets et les produits de la nature, et il pose cette question très souvent avec un Ricanement. Il demande À QUOI CELA SERT-IL ? Comme si des ignorants disaient que celui qui étudie une science qui ne promet aucun avantage, est complètement insensé... Cette question n'est pas posée par des gens très cultivés ; bien au contraire, elle est de beaucoup plus fréquente dans les Provinces les plus reculées, chez les portefaix et les gens de la plus basse condition, pour qui l'unique désir est de remplir leur ventre, et qui considèrent comme inutile tout ce qui ne sert pas à leur palais. » Gedner (élève de Linné), 1752, in Linné, 1972.

d'épuration ou des barrages mis en place pour écrêter des crues ; on les compare alors à des « infrastructures naturelles ». Mais certains organismes dits « ingénieurs » comme les vers de terre prennent également une part considérable dans le fonctionnement des écosystèmes.

La biodiversité qui dérange

Cette vision très positive du rôle de la biodiversité ne doit pas nous faire oublier pour autant qu'elle peut aussi apparaître comme un fléau pour les hommes. Car l'homme, espèce animale parmi d'autres, héberge à l'instar des autres mammifères de nombreux parasites et virus. Très souvent, le cycle biologique de ces parasites implique au moins deux hôtes : un hôte définitif et un ou plusieurs hôtes intermédiaires. Ils y accomplissent une partie de leur cycle vital et transmettent ensuite le parasite à l'homme. Les moustiques sont les vecteurs du paludisme, le chat de la toxoplasmose, les oiseaux et les porcs nous transmettent des virus de grippe, etc. Ces systèmes hôtes-parasites s'avèrent de très beaux exemples de biodiversité fonctionnelle. Les parasites s'adaptent de façon permanente aux hôtes ainsi qu'aux médicaments, dans une perpétuelle « course aux armements ». Personne ne songe à protéger le bacille de la peste, le *Plasmodium* responsable de la malaria, ou le ver solitaire... Sans oublier que le développement de l'agriculture s'est accompagné d'une lutte sans merci contre les ravageurs des cultures et les prédateurs, en utilisant des pesticides ou bien d'autres moyens d'éradication. La biodiversité a payé un lourd tribut à la fameuse révolution verte ! Il n'est guère envisageable de réduire nos efforts de lutte contre les vecteurs de maladies, les ravageurs ou les nuisances en général. Mais il est sans aucun doute possible de poursuivre la lutte dans un contexte différent, où l'on recherche une plus grande efficacité contre les cibles tout en limitant les « dégâts collatéraux ».

La biodiversité est-elle menacée ?

L'homme est devenu une espèce envahissante : il a colonisé la plupart des zones habitables. Sa population s'est fortement accrue – 2 milliards d'individus en 1930, 4 milliards en 1975 et 8 milliards prévus vers 2020. Plus il y a d'hommes et plus il y a de besoins en matière d'espaces, de sols à cultiver, de ressources naturelles à exploiter...

L'une des conséquences réside dans les changements d'occupation des terres. À l'échelle de la planète, les écosystèmes naturels cèdent du terrain. Un quart des terres émergées ont été transformées en terres agricoles, près de la moitié des zones humides, à l'exception des grands lacs, ont disparu. Les villes occupent environ 3 % de la surface terrestre, sans compter les voies de communication. La situation est particulièrement préoccupante pour les forêts tropicales dont la surface régresse rapidement. La désertification des zones arides est toute aussi inquiétante.

Une autre conséquence est la surexploitation des ressources vivantes. Elle amène des populations entières au bord de l'extinction, ce qui est le cas actuellement dans le domaine des ressources marines. Mais l'homme a également conduit certaines espèces au bord de l'extinction par des activités de chasse ou la recherche de profits : corne de rhinocéros, ivoire, industrie de la fourrure. Tout cela a conduit de nombreuses espèces sauvages au bord de l'extinction dont des grands prédateurs terrestres (panthère, ocelot, tigre, etc.) ou marins (certaines espèces de thons ou de requins).

On ne peut ignorer également les conséquences des pollutions. On se souvient des ravages des marées noires sur de nombreuses côtes dans le monde mais, plus généralement, l'utilisation massive de pesticides pour des usages agricoles ou de santé publique a éliminé de nombreuses espèces dans les milieux terrestres et aquatiques. Et pas seulement celles dont on souhaitait se débarrasser !

Il ne fait aucun doute qu'un grand nombre d'espèces animales et végétales sont menacées de disparition. Néanmoins, si certains ont médiatisé la question en parlant de sixième extinction, nous n'avons guère de données précises pour quantifier l'érosion de la biodiversité. Notamment, nous nous sommes focalisés jusqu'ici sur des groupes charismatiques. Pourtant, l'essentiel de la biodiversité est constitué de micro-organismes constituant encore un monde très mal connu.

Pour qui, pour quoi protéger la biodiversité ?

La biodiversité apparaît aujourd'hui comme un problème d'environnement global nécessitant des solutions urgentes. Dans une certaine mesure, ce problème est de même nature que celui des changements climatiques, l'homme étant dans les deux cas responsable ! Mais pourquoi protéger la biodiversité ? Faut-il tout protéger ? Y a-t-il des priorités ? Avec beaucoup de sous-entendus sur une question essentielle : quels sont les enjeux et qui va payer ?

Tout un argumentaire a donc été développé pour montrer que la protection de la biodiversité est importante pour l'humanité. En particulier, les scientifiques et les économistes ont essayé de donner un prix à la biodiversité, non seulement pour les biens qu'elle nous fournit (pêche, cueillette, etc.), mais aussi pour les services qu'elle nous procure. Cette approche monétaire de la biodiversité a eu le mérite de mettre en évidence que notre système économique dépend étroitement de l'exploitation de la biodiversité. D'ailleurs, on a mis parfois en exergue la nécessité de conserver cette immense « librairie génétique », arguant que nous sommes loin d'en avoir extrait toute la richesse, que ce soit en matière de ressources génétiques ou de molécules utiles pour l'homme.

Mais il est évident que les motivations des uns et des autres ne sont pas seulement économiques et utilitaristes, et que des motivations d'ordres éthique, esthétique, romantique ou religieux peuvent nous amener à considérer la biodiversité comme un

Un silence bien pesant

Les discours comme les écrits sur la biodiversité, provenant aussi bien de la science académique que des ONG, ignorent délibérément la diversité biologique qui dérange, celle qui est responsable des maladies, des famines, des atteintes aux biens et aux personnes. On décline donc la longue litanie des récriminations sur l'impact de l'homme tout en ignorant, ou faisant semblant d'ignorer, que l'homme doit se défendre également contre la biodiversité. Cette lutte est-elle légitime ou pas ? Si oui, elle ne peut se faire sans dégâts... Comment l'organiser ? Il n'y a pas un mot sur cette question dans la plupart des ouvrages consacrés à la biodiversité. Ils ne développent que le volet de la conservation. Un silence curieux de la part de scientifiques supposés objectifs. Un silence probablement délibéré de la part de certaines ONG. De toute évidence, un manque de vision systémique – inacceptable dans le contexte du développement durable.

patrimoine à respecter. Avec l'idée de transmettre à nos enfants cet héritage reçu en garde temporaire.

Il n'en reste pas moins que, comme nous l'avons vu plus haut, la « biodiversité qui dérange » reste une question rarement abordée quand on parle de biodiversité. Qui oserait dire que l'on doit protéger le ver solitaire ou les moustiques vecteurs du paludisme, une parasitose qui tue à elle seule 300 millions de personnes chaque année ? La question ici serait plutôt comment se débarrasser au plus vite de toutes ces nuisances ?

Comment protéger la biodiversité ?

Pour certains il faut tout protéger – une attitude certes généreuse, mais qui ne correspond pas à la réalité du monde. D'autres ont investi pour créer des aires protégées, en essayant d'impliquer les populations locales dans la gestion de ces sanctuaires. Néanmoins, il apparaît évident que la conservation de la biodiversité ne doit pas seulement se faire en multipliant les aires protégées dont on peut s'interroger sur le devenir avec le changement climatique. Il s'agit donc de rechercher des pratiques et des modes de développement plus respectueux de la biodiversité : c'est la problématique du développement durable. Elle vise à protéger non seulement les espèces en danger, mais également la biodiversité « ordinaire ». Pour cela, il nous faut trouver des compromis entre la protection des écosystèmes et des espèces, et le développement économique. Ce n'est pas seulement une affaire de naturalistes. Les réponses ne peuvent être seulement techniques : elles relèvent en premier chef des choix économiques et politiques qui seront faits pour gérer les ressources.

La biodiversité « diplomatique »

La Convention sur la diversité biologique a été ratifiée par la plupart des États, au même titre que celle sur le climat. Dans les deux cas, l'homme est soupçonné d'avoir une action collective sans précédent à l'échelle de la planète.

Le préambule de la Convention mentionne tout à la fois le rôle de la diversité biologique dans le fonctionnement de la biosphère, la responsabilité des hommes dans l'appauvrissement de la diversité biologique et l'insuffisance des connaissances pour prendre les mesures appropriées en matière de conservation, enfin l'intérêt de préserver les écosystèmes et les habitats naturels de préférence aux mesures *ex situ*.

Mais ce préambule reconnaît également que le développement économique et social est une priorité pour les pays en développement. Les États ont des droits souverains pour utiliser et conserver leurs ressources biologiques. En clair, les États réfutent le droit d'ingérence et la mise en place d'une structure internationale en matière de protection de la nature.

L'objectif initial de la Convention était de renforcer la conservation des espèces et des écosystèmes. Il s'est trouvé fortement concurrencé à Rio de Janeiro par celui des transferts de technologies et l'accès aux ressources génétiques. Pour les pays du Sud, la Convention a un intérêt majeur : pouvoir monnayer les ressources biologiques présentes sur leur territoire. Elle parle expressément du « partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques, notamment grâce à un accès satisfaisant aux ressources génétiques 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 Convention est le premier accord international offrant un cadre juridique formel pour discuter sur le plan international des questions de conservation et d'exploitation durable des ressources génétiques. Pourtant, elle s'est rapidement avérée difficile à gérer : il n'est pas facile de traiter de la même façon la protection des éléphants, les OGM et les micro-organismes. Elle a même été perçue comme dangereuse par certains pays développés car interférant avec des enjeux économiques considérables et la question de la propriété intellectuelle. C'est la raison pour laquelle certains pays comme les États-Unis ne l'ont pas ratifiée et la France, quant à elle, a longtemps hésité...

L'un des objectifs de la Convention était bien entendu de mettre en œuvre une stratégie pour enrayer l'érosion de la biodiversité résultant de l'action de l'homme. Il a fallu attendre 2002 pour que soit adopté un plan stratégique visant à parvenir d'ici 2010 à réduire le rythme actuel d'appauvrissement de la diversité biologique. En 2005, les dirigeants mondiaux ont confirmé qu'ils étaient déterminés à réaliser l'objectif de 2010... Un objectif bien entendu irréaliste posant la question de l'efficacité opérationnelle de telles structures...

La question de l'accès aux ressources génétiques, quant à elle, fait l'objet d'un groupe de travail chargé d'élaborer « si possible d'ici 2008 et au plus tard d'ici 2010 » la législation définissant les conditions d'accès aux ressources naturelles et la répartition des bénéfices découlant de leur exploitation.

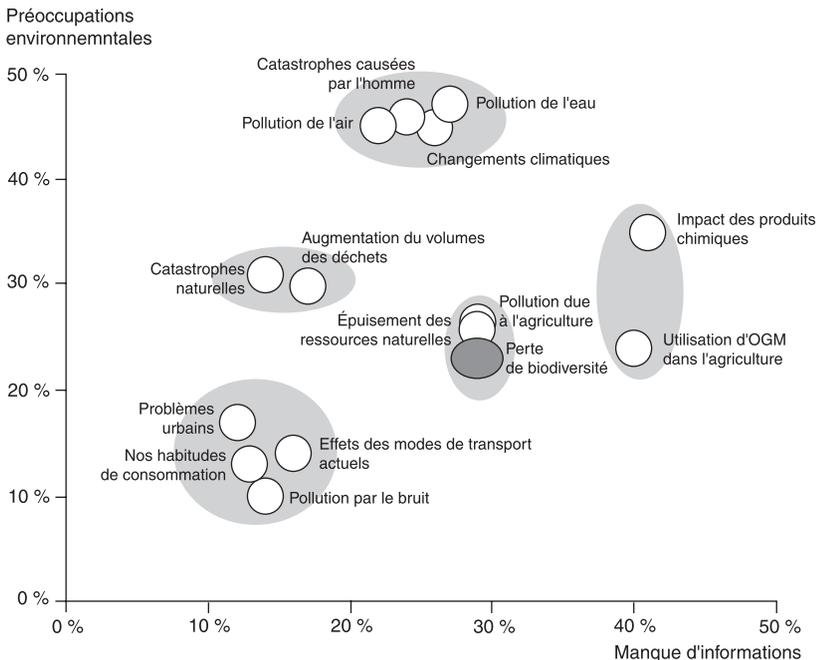


Figure 1. Pourcentage de personnes préoccupées par différentes questions liées à l'environnement (ordonnées) et pourcentage de personne se déclarant mal informées sur ces mêmes questions (abscisses).
Source : sondage Eubaromère 217, 2005.

La perception des Européens

Un sondage a été réalisé fin 2004 en Europe pour savoir comment les citoyens percevaient l'environnement et la biodiversité par rapport à d'autres problèmes d'environnement (voir figure 1). Près de la moitié des personnes interrogées sont préoccupées par « la pollution de l'eau » (47 %), « les catastrophes causées par l'homme » (46 %), « les changements climatiques » (45 %) et « la pollution de l'air » (45 % également). Le cinquième problème le plus fréquemment mentionné est celui de « l'impact sur notre santé de produits chimiques utilisés dans les produits de tous les jours » (35 %). La biodiversité ne vient qu'en neuvième position avec un ensemble de questions relatives à l'épuisement des ressources naturelles (26 %), aux OGM (24 %) et à la perte de biodiversité (23 %). Donc un intérêt réel mais mesuré pour cette question.

On peut croiser ce classement avec une autre question portant sur l'information dont dispose le citoyen européen pour se faire une opinion. Deux problèmes se détachent nettement : « l'impact sur notre santé de produits chimiques utilisés dans les produits de tous les jours » (41 %) et « l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés dans l'agriculture » (40 %). En troisième position, on retrouve trois types de problèmes, à savoir « la perte de biodiversité » (29 %), « la pollution due à l'agriculture » (29 %) et « l'épuisement des ressources naturelles » (29 %). Si l'on en croit ce sondage, un effort important reste à faire pour informer le public sur la nature des enjeux liés à la biodiversité.

Il faut donc se faire une raison : la biodiversité dans son ensemble n'est pas un sujet majeur de préoccupation pour les Européens. Manque d'intérêt ? Manque de sensibilisation ? Ou question mal posée ? On peut spéculer, mais la peur des pollutions chimiques ou biologiques et des changements climatiques interpellent plus nos concitoyens. Ce n'est pas une raison pour baisser les bras, bien au contraire !

Pourquoi tant d'espèces ? À quoi ça sert ?

*La conception darwinienne a une conséquence inéluctable :
le monde vivant aujourd'hui, tel que nous le voyons autour de nous,
n'est qu'un parmi de nombreux possibles.
Sa structure actuelle résulte de l'histoire de la Terre.
Il aurait très bien pu être différent. Il aurait même pu ne pas exister du tout !*

FRANÇOIS JACOB, 1981

La diversité biologique est le fruit d'une histoire. Mais c'est avant tout le fruit du changement. La théorie de l'évolution nous dit : dans un monde où les conditions de l'environnement se modifient en permanence, la compétition sélectionne les individus les plus aptes. Ceux qui s'adaptent le mieux à leur nouveau cadre de vie ont plus de chance que les autres de transmettre leurs caractères génétiques à leurs descendants. Un avantage qui ne dure qu'un moment, jusqu'à ce que de nouveaux changements interviennent. Mais quels sont les mécanismes biologiques qui conduisent à la diversification des espèces que nous connaissons ? Toutes ces espèces sont-elles utiles au fonctionnement des écosystèmes ? Et de la biosphère ? L'évolution obéit-elle à des lois ? Autant de questions qui continuent à alimenter les discussions et qui suscitent des prises de position parfois tranchées.

De la continuité de la nature à l'unité du vivant

Dans son *Histoire des animaux*, Aristote nous dit que « la nature passe petit à petit des êtres inanimés aux êtres doués de vie, si bien que cette continuité empêche d'apercevoir la frontière qui les sépare et qu'on ne sait auquel des deux groupes appartient la forme intermédiaire. » Cette thèse de la continuité du monde vivant fut reprise ultérieurement par de nombreux auteurs. À l'époque médiévale, elle donna naissance au concept de *scala naturæ*, ou « grande chaîne des êtres ». Cette dernière était souvent représentée à sa base par des objets inanimés : à son sommet était l'homme, voire des anges à forme humaine ; entre ces deux extrêmes, les plantes et les animaux étaient rangés dans un ordre de complexité croissante. Saint Thomas d'Aquin lui-même (1225-1274) a repris le thème aristotélicien de la grande chaîne des êtres. Cette dernière serait, selon lui, habitée par un dynamisme qui l'amène vers une réalisation optimale : chaque être tend à ressembler à Dieu. Laissons lui assumer ses propos ! Car l'hypothèse selon laquelle l'homme est l'espèce la plus élaborée est sérieusement remise en cause. . .

Si l'on peut sourire de l'apparente naïveté de nos ancêtres, d'autres découvertes sont pourtant venues démontrer l'existence d'une remarquable unité des êtres vivants. La génétique nous a révélé l'existence d'un code commun à tous. Constitué à partir de quatre bases nucléiques, celui-ci contrôle la production de protéines constituées de vingt acides



aminés. Les mêmes pour tous ! La machinerie de l'hérédité utilise les mêmes briques, de la bactérie à l'homme.

Encore mieux... La cellule est l'unité fondamentale du vivant. Or, tous les êtres vivants actuels descendent probablement d'une même et unique cellule baptisée Luca – *last universal common ancestor*, ou « premier ancêtre commun universel ». Notre ancêtre aurait néanmoins plus de 3,8 milliards d'années. C'est la raison pour laquelle Claude Combes nous rappelle de façon imagée que le slogan des habitants de la biosphère pourrait être « Tous cousins ».

Mais que penser également des réflexions de Jacques Monod qui observe que dans le monde minéral, les cristaux doivent leurs formes à une dynamique interne qui est l'expression des lois de la matière. La matière vivante ne serait-elle pas aussi l'expression des ces lois, à ceci près qu'elle est infiniment plus complexe que le cristal ? Dans ce contexte, il n'y aurait pas de frontière fondamentale entre vivant et non-vivant... ce qui n'est pas sans rappeler la grande chaîne des êtres !

Le mystère de la vie

La vie commence et finit par de la chimie. La photosynthèse crée de la matière organique à partir d'éléments minéraux et d'énergie solaire. Et toute matière organique en se décomposant restitue les sels minéraux. La frontière n'est donc pas imperméable entre l'inerte et le vivant. Mais entre les deux il se passe quelque chose d'extraordinaire : on a affaire à des organismes vivants.

Comment, à partir de matière minérale, peut-on créer des macromolécules organiques, les formes les plus primitives de la vie ? Comment et pourquoi ces molécules ont-elles acquis la faculté de se répliquer ? Et comment ces molécules s'organisent-elles pour donner des êtres vivants ? Jusqu'à présent, on n'a pas réussi au laboratoire à recréer une forme de vie minimale. Peut-être une question de temps ? Ou de chance ? Les expériences menées par Stanley Miller en 1953 ont réussi à créer des acides aminés au laboratoire. Mais l'atmosphère qu'il avait reconstituée était bien différente de l'atmosphère des origines de la terre. Ces expériences ont été critiquées et n'ont pas abouti à la reconstitution de molécules un peu complexes. Nous butons toujours devant le grand mystère de l'origine de la vie. Nous avons encore de quoi rêver !

Des gènes aux écosystèmes : dans les coulisses du vivant

La diversité biologique concerne tout à la fois l'ensemble des écosystèmes, la diversité des espèces (elles mêmes composées de plusieurs populations), et la diversité génétique des individus constituant les populations. Un système pour le moins complexe dont tous les éléments sont en interaction permanente. Le monde vivant est en réalité une grande machinerie qui entretient une multitude d'interactions. Cette machinerie produit non seulement de nouvelles espèces, mais aussi de nouvelles formes de vie. Et elle en fait disparaître tout autant.

La science académique suit généralement une logique de complexité croissante pour présenter la hiérarchie du monde vivant. Les différents niveaux de complexité s'emboîtent les uns dans les autres comme des poupées russes : génomes, cellules, individus, populations, espèces... puis, sans transition, écosystèmes, paysages, biomes, biosphère. Mais dans l'histoire des sciences naturelles, la démarche n'a pas été celle-ci. Ce sont d'abord les espèces en tant que telles qui ont attiré l'attention des naturalistes. L'espèce est une

entité concrète, visible par tout un chacun. D'ailleurs, pour beaucoup, la biodiversité est essentiellement perçue comme la diversité des espèces présentes sur Terre.

Tout commence par la chimie

Le monde vivant prend racine dans la chimie. La vie repose en effet sur un ensemble de processus chimiques complexes et d'une forme de ménage à trois constitué par des molécules géantes porteuses d'information (au sens général de ce qui peut être transmis). Ce sont les protéines constituées d'acides aminés d'une part, l'acide ribonucléique (ARN) et l'acide désoxyribonucléique (ADN) constitués de nucléotides d'autre part.

Les protéines de tous les êtres vivants sont constituées seulement par 20 types d'acides aminés (les briques de base) alignés les uns à la suite des autres. C'est l'ordre de succession des acides aminés dans la protéine qui détermine les propriétés de cette protéine, avec un nombre de combinaisons quasi infini quand on sait qu'une protéine peut contenir plus d'un millier d'acides aminés. Mais qui donne les ordres pour que la séquence des acides aminés soit bien respectée lors de la fabrication des protéines ? L'ADN porté par les gènes.

L'ADN est une macromolécule constituée elle aussi d'unités élémentaires, les nucléotides, formés chacun par l'association de trois éléments dont un phosphate et un sucre qui sont identiques dans tous les nucléotides de tous les organismes vivants. Le troisième élément est ce qu'on appelle une « base nucléique ». Il en existe quatre, les mêmes pour l'ensemble du monde vivant. Les molécules d'ADN sont les plus complexes de la vie, constituées de centaines de milliers d'atomes organisées dans une structure en double hélice. L'ordre de succession des bases dans la molécule d'ADN détermine la composition en acides aminés des protéines. Mais les ordres ne se transmettent pas directement. Il faut un intermédiaire, l'ARN, pour faire passer l'information dans la protéine. On l'appelle d'ailleurs de manière imagée l'« ARN messager ».

Le code-barres du génome

Les molécules d'ADN et d'ARN constituent le génome : c'est l'ensemble du matériel génétique d'un individu ou d'une espèce. Chez les eucaryotes, le génome est formé par les gènes, ces unités d'information portées par les chromosomes, et par les acides nucléiques présents dans les mitochondries. Chaque individu possède un ensemble de gènes caractéristiques de l'espèce, véritables ordinateurs biochimiques commandant la chaîne de fabrication des protéines. C'est le code génétique. On dit qu'un gène code pour une protéine.

Le paradoxe de tous les êtres vivants est qu'ils sont tous différents bien que constitués par les mêmes briques chimiques élémentaires. Y compris au sein d'une même espèce, tous les individus ne sont pas identiques : ils se distinguent les uns des autres par de légères différences dans leur pigmentation, leur taille, leur résistance à certaines maladies, etc. Ces différences résultent de petites variations de leurs gènes, appelées « allèles », dont chaque individu a hérité de ses parents. Cela constitue son héritage, son patrimoine génétique propre. Cette diversité génétique provient des « erreurs » produites au moment de la duplication du génome lors de la division cellulaire : il suffit qu'une séquence d'acides aminés ne soit pas respectée pour que l'on ait affaire à une mutation. Cette diversité génétique est à la base de la faculté d'adaptation et d'évolution des populations. En théorie, plus une population est génétiquement diversifiée et plus il y a de chances que certains de ses membres soient capables de s'adapter aux changements de l'environnement.

Un génome humain comme les autres

On pensait que, logiquement, le génome humain devait comporter au moins 100 000 gènes étant donné la complexité de notre organisme. Quelle ne fut pas la surprise d'apprendre qu'il ne contenait pas plus de 25 000 gènes codant des protéines. Il en est de même pour le chimpanzé qui partage 98 % de son génome avec l'homme. À titre de comparaison, on a identifié environ 14 000 gènes chez le moustique et la drosophile, 19 000 chez un nématode, et 40 000 chez une paramécie ! Ces données montrent que la complexité d'un organisme ne dépend pas de la quantité des gènes codant ses protéines.

La première manifestation de la vie : les cellules

Des molécules chimiques, même complexes, assemblées les unes aux autres ne forment pas pour autant un être vivant. La cellule est la première manifestation du vivant ; il s'agit d'ensembles structurés, organisés. Mais le mystère demeure entier sur l'époque et la manière dont la structure cellulaire a pris naissance ; l'ancêtre de toutes les cellules (Luca) est de toute façon certainement très ancien.

On distingue les cellules procaryotes des cellules eucaryotes. Pour les premières, qui correspondent aux bactéries, l'ADN est nu dans le cytoplasme, alors que chez les eucaryotes il est contenu dans un noyau isolé par une double membrane du reste du cytoplasme. Tous les organismes cellulaires sont constitués de cellules eucaryotes. Le corps humain serait constitué de l'ordre de 10 000 milliards de cellules.

La grande particularité de la cellule est qu'elle se reproduit par division. Un palier est franchi dans la complexité lorsque les cellules issues de la division forment un organisme pluricellulaire.

L'espèce : une forme de vie transitoire

L'espèce, on connaît. Ou du moins, on croit connaître. C'est le socle sur lequel on a bâti toute la classification du monde vivant. Tout le monde est capable de citer plusieurs espèces. Pourtant, la notion d'espèce est largement débattue par les scientifiques : ils parlent souvent de « variabilité intraspécifique » pour dire qu'il existe des différences au sein d'une même espèce, variabilité que l'on reconnaît parfois comme des variétés ou des races. Une espèce n'est donc pas homogène. En outre, sur une grande surface géographique, l'espèce est composée de populations qui sont des groupes d'individus vivant plus

Des bactéries tout en nuances

S'il est parfois difficile de distinguer les espèces macroscopiques, la difficulté est encore plus grande chez les bactéries. Ainsi, dans le groupe *Bacillus cereus*, on distingue les espèces *B. cereus*, *B. anthracis* et *B. thuringiensis*. La première est responsable d'empoisonnements alimentaires, la seconde cause la maladie du charbon et la troisième est inoffensive pour l'homme mais produit une toxine fatale à de nombreux insectes. Mais voilà, on a beaucoup de mal à les différencier sur la base des caractéristiques tant morphologiques que génétiques. Elles ne diffèrent que par leurs plasmides, ces petits morceaux d'ADN qui flottent dans le cytoplasme de la cellule et se transmettent indépendamment du matériel génétique principal.

ou moins isolés les uns des autres. Si les contacts sont fréquents, le brassage génétique entre populations maintient une certaine homogénéité. Mais lorsque l'isolement est complet et durable, chaque population peut évoluer et se différencier des autres sur le plan génétique. Ces populations peuvent également se différencier morphologiquement les unes des autres mais demeurer interfécondes. On parle alors de « races » ou de « sous-espèces ». Un phénomène fréquent chez les plantes cultivées ou les animaux domestiques, pour lesquels des centaines de variétés ou de races sont connues ; un phénomène que l'on retrouve, mais dans une moindre mesure, dans les populations sauvages.

Les écosystèmes : les « incubateurs » de la biodiversité

Aucune espèce ne vit en solitaire. Espèces animales, végétales et micro-organismes cohabitent et interagissent entre eux dans des « communautés » qui vivent dans des écosystèmes, couramment appelés « milieux naturels ». Le terme d'« *ecosystem* » a été proposé par le botaniste Tansley en 1935. Par « écosystème », on entend un système écologique comprenant l'ensemble des organismes vivants et l'ensemble des caractéristiques physiques et chimiques du milieu dans lequel ils vivent. C'est un ensemble dynamique dont les différents éléments sont en interaction permanente : un lac, une forêt, un être vivant vis-à-vis de ses parasites constituent ainsi des écosystèmes. L'ensemble des organismes vivants et les écosystèmes dans lesquels ils vivent constituent la biosphère.

Ces écosystèmes sont l'unité de base de l'écologie, au même titre que les espèces sont l'unité de base de la classification du vivant. C'est au sein des écosystèmes que les espèces naissent, vivent et meurent. C'est là qu'elles sont en compétition avec d'autres pour l'accès aux ressources disponibles. Les changements qui surviennent dans la nature et dans le fonctionnement des écosystèmes, sous l'effet des modifications climatiques par exemple, sont le moteur de l'évolution. On parle à ce propos de « boucle de la diversité biologique ». Avec les mutations génétiques et les changements de l'environnement comme sources de variabilité, et la diversité biologique comme produit de la sélection et de l'adaptation à ce monde en perpétuel changement. Mais attention : quand le changement est plus rapide que la capacité de l'espèce à s'adapter, le jeu s'arrête et l'espèce disparaît.

On a bien tenté de classer et de caractériser les écosystèmes, mais sans trop de succès. Il n'est pas simple de trouver des critères valables pour tous les types de situations rencontrés, des grands fonds marins aux prairies d'altitude. Sans compter que le corps d'un individu constitue lui-même, avec ses parasites, un écosystème. Sur les terres émergées, on regroupe écosystèmes et paysages dans d'autres grands ensembles. Ce sont les grands biomes qui divisent le monde en grandes catégories telles que les forêts tempérées ou tropicales, les toundras et les savanes, les terres arides et les mangroves. Ces ensembles appartiennent tous à l'écosystème ultime : la biosphère.

Adaptation, hasard, nécessité : évoluer c'est changer

Alain Pavé débute sa *Nécessité du hasard* par cette phrase : « Quand on s'intéresse à la biologie et à l'écologie, il est étonnant de constater le rôle tenu par le hasard dans beaucoup de phénomènes vitaux, souvent dans une subtile alliance avec des déterminismes bien solides. » Le hasard étant entendu ici comme des phénomènes qu'on ne peut prévoir ou expliquer.

Et Dieu créa le monde

Les hommes ont longtemps pensé que la diversité du monde vivant était d'essence divine. Rien d'étonnant dans ces conditions à ce que la pensée contemporaine, bien qu'elle s'en défende, reste profondément marquée par l'idée d'équilibre de la nature. Un équilibre immuable à l'image de la création divine.

Si l'on recherche une preuve que la science n'est pas indépendante de son environnement spirituel et philosophique, c'est ici qu'on peut la trouver. Car les scientifiques ont longtemps admis le dogme de la création divine. Linné, l'inventeur de la classification des espèces, était créationniste et fixiste. Il était convaincu que les espèces que nous connaissons à l'époque avaient été créées par Dieu, il y a environ 6 000 ans, avec des caractères morphologiques permettant de les distinguer et donc de les classer. Aucune n'avait disparu, et aucune n'était apparue. Dans ce contexte, le travail du scientifique était clairement identifié : faire l'inventaire de l'œuvre divine.

« Selon des calculs approximatifs, nous comptons environ 20 000 végétaux, 30 000 vers, 12 000 insectes, 200 Amphibies, 2 600 poissons, 2 000 oiseaux et 200 quadrupèdes ce qui fait dans le monde 40 000 espèces de vivants. » (Linné, *Économie de la nature*, 1749).

Il est bon de rappeler qu'à la fin du XVIII^e siècle, Cuvier était encore un partisan du créationnisme (les êtres vivants sont la réplique fidèle de ceux ayant été créés par Dieu), et que Buffon fut un défenseur de la théorie de la génération spontanée, une croyance qui était largement partagée par d'autres civilisations, que ce soit en Chine, en Inde ou en Égypte. On attribue aux expériences de Pasteur sur la stérilisation, à la fin du XIX^e siècle, la démonstration irréfutable que la vie ne peut être engendrée spontanément par la matière inanimée.

S'adapter pour survivre

L'idée que Dieu avait créé le monde tel qu'il est a été battue en brèche par la théorie de l'évolution – qui ne connaît le nom de Charles Darwin ? Sa fameuse théorie émise en 1859 a bouleversé les sciences biologiques et suscite toujours controverses et passions. Pourtant, elle a été adaptée pour tenir compte des progrès, réalisés depuis, dans les connaissances scientifiques. Lorsqu'on parle aujourd'hui de la théorie de Darwin on fait donc référence en réalité à la théorie synthétique de l'évolution élaborée dans les années 1930-1940. Une synthèse des connaissances en génétique et de la théorie de la sélection naturelle. Elle s'organise autour de deux principes fondateurs et indissociables. Dans une démarche un peu simplificatrice, imaginons d'un côté les mutations génétiques en tant que changements aléatoires de l'information génétique portée par les gènes. Ces mutations sont la source de la variabilité héréditaire et de la variabilité des individus, ceux-ci n'étant jamais rigoureusement semblables au sein d'une même espèce. D'un autre côté, la sélection naturelle opère un tri parmi les variants, favorisant ceux qui sont les plus aptes à assurer la pérennité de l'espèce dans un environnement donné.

La théorie darwinienne est admise depuis plus d'un siècle par tous les scientifiques (ou presque...), mais il fallut attendre octobre 1996 pour que le pape Jean-Paul II reconnaisse devant l'Académie pontificale des sciences qu'elle était plus qu'une « hypothèse ».

La sélection naturelle

Le problème fondamental de tous les êtres vivants est simple en apparence, du moins du point de vue anthropocentrique. On pourrait presque en faire une lapalissade : pour ne pas disparaître, toute espèce doit trouver les moyens de survivre, en particulier si son environnement vient à changer. Survivre c'est tout à la fois se protéger des prédateurs, trouver de la nourriture, se reproduire dans de bonnes conditions. La capacité à résoudre ces questions est l'adaptation. Quels sont les mécanismes en jeu pour y parvenir ? C'est là que Darwin entre en scène, en proposant la théorie de la sélection naturelle.

Point de départ : l'existence d'une diversité génétique des individus constituant une espèce. Ces individus, en se reproduisant, engendrent des descendants porteurs eux aussi d'une diversité génétique. En particulier, les mutations sont une source permanente de nouveautés. Dans cette descendance, l'environnement exerce un tri de telle sorte qu'une partie seulement des descendants se reproduit. Et ainsi de suite. La succession de ces cycles constitue le processus de sélection naturelle qui conduit à favoriser les individus s'adaptant le mieux à l'environnement dans lequel ils vivent.

L'évolution serait ainsi, selon la formule popularisée par Jacques Monod, le résultat du hasard et de la nécessité. Le hasard, on le trouve dans les mutations, ces changements aléatoires dans la structure des molécules d'ADN qui modifient l'information génétique portée par les gènes. En effet, lorsqu'une cellule se divise, la molécule d'ADN qu'elle renferme n'est pas toujours parfaitement recopiée au sein des cellules filles : c'est alors qu'il y a mutation. Beaucoup sont neutres et n'ont aucune incidence apparente, et toutes ne sont pas viables immédiatement ou à long terme. Il faut pour cela que les innovations biologiques résultant de ces mutations soient fonctionnelles et permettent à l'organisme de répondre aux contraintes de l'environnement. Autrement dit, seul un certain nombre d'innovations seront viables. Nécessité oblige.

Attention : l'appartenance à une espèce indique que les individus sont susceptibles de se reproduire entre eux et de donner des descendants viables. La théorie de l'évolution de Darwin, quant à elle, met l'accent sur l'individu. C'est parce que chaque individu est un peu différent que la sélection est possible.

Certains scientifiques ont fait remarquer que si les mutations sont le fait du hasard, elles se produisent néanmoins à partir du matériel existant déjà. En d'autres termes, elles apparaissent au sein d'un système déjà soumis à des contraintes qui délimitent le champ des possibles. Ces contraintes découlent tout à la fois des caractéristiques morphologiques et biologiques de l'espèce et des caractéristiques de l'environnement qui imposent des limitations à l'organisme. En outre, ces mutations ne se font pas toujours n'importe comment : ce sont souvent les mêmes qui apparaissent.

Bien entendu, la théorie de Darwin a été discutée. En particulier, Richard Dawkins a proposé en 1976 la théorie dite « du gène égoïste ». Elle suggère que la sélection naturelle favorise les gènes qui se reproduisent le plus, même si c'est au détriment du bon fonctionnement des autres. Cette théorie tend ainsi à démontrer que le niveau pertinent auquel s'applique la sélection naturelle (ou sélection du plus apte) est l'échelle du gène, et non l'échelle de l'individu ou de l'espèce. Ce qui tend à être optimisé au cours de la sélection naturelle, c'est la capacité des gènes à produire des copies d'eux-mêmes. Les gènes sont dits « égoïstes » dans la mesure où ils ne travaillent pas pour le bien de l'organisme, mais uniquement pour eux-mêmes. Selon Richard Dawkins, « nous sommes des machines à survivre – des robots programmés pour préserver des molécules égoïstes appelées gènes. » Ainsi, ce ne sont pas les individus ou les espèces qui sont sélectionnés en fonction de leur aptitude plus

ou moins grande à se reproduire, mais bien les gènes, unités de base de l'information. En conséquence, les individus ne se reproduisent pas mais reproduisent les gènes qu'ils portent. Selon une formule consacrée, « les individus sont des artifices inventés par les gènes pour se reproduire ». Si l'on prend à la lettre cette théorie, la sélection naturelle serait inconsciente et aveugle pour tous les niveaux d'organisation biologique supérieurs aux génomes. Un argument de poids dans le débat sur la nature stochastique ou déterministe de l'évolution !

Le bricolage de l'adaptation

Au sein de la diversité génétique perpétuellement entretenue par les mutations, la sélection naturelle avantage certains génotypes par rapport à d'autres. L'adaptation, c'est l'acquisition de caractéristiques morphologiques ou comportementales, transmissibles par les gènes, et qui favorisent la survie de l'espèce dans un environnement donné. Pour Darwin, la sélection naturelle est fondamentalement un mécanisme producteur d'adaptation. On a traduit cela de manière un peu lapidaire par « la survie des plus aptes ».

Avec la sélection naturelle, on tenait une explication possible à l'adaptation des organismes. On pouvait accepter l'idée que les organes avaient une fonction dans l'organisme, fonction favorisée par la sélection naturelle et l'adaptation. L'adaptation était ainsi considérée comme la clé de l'explication de la vie ! De là à penser que la sélection optimisait les organismes, il n'y avait qu'un pas. Et sur cette pente glissante de la logique darwinienne, on pouvait être tenté de penser que tout caractère d'un être vivant était le résultat de l'adaptation. Attention, danger ! Car d'autres causes que l'adaptation peuvent être à l'origine du caractère observé. C'est ce qu'a dénoncé le paléontologue Stephen James Gould, pour qui l'histoire de la vie est jalonnée de nombreux événements ayant orienté son cours. Mais ces événements sont aléatoires et auraient pu se passer autrement. Pourquoi considérer par exemple que les quatre membres des vertébrés ont une fonction adaptative produite par la sélection naturelle ? On aurait pu aussi bien en avoir 6 comme les insectes, ou 8 comme les araignées ! *A posteriori*, on peut parfois trouver une logique aux événements pour justifier les solutions adoptées, mais ce n'est pas pour autant une explication. Les chevaux n'ont pas développé de longues jambes pour courir : ces jambes résultent de la sélection naturelle et non de la volonté délibérée des chevaux d'être des champions de la course à pied !

De manière générale, S.J. Gould remet en question le déterminisme simplet consistant à dire que les pattes sont faites pour marcher et les ailes pour voler. Et à rechercher comment ces organes ont été sélectionnés pour répondre à leur fonction présente. On sait que les poissons primitifs avaient des « pattes », ou quelque chose de similaire, et que les premiers Tétrapodes étaient aquatiques. Les membres pairs n'ont donc pas été sélectionnés pour marcher sur le sol, il s'agit d'une adaptation secondaire. Le vivant réutilise ainsi ce qui est « disponible » en fonction des opportunités. C'est pourquoi François Jacob a pu dire que l'action de la sélection naturelle ressemblait plus à l'action d'un bricoleur qu'à celle d'un ingénieur.

Autrement dit, le vivant n'est pas une pâte à modeler que la sélection naturelle va pouvoir manipuler à sa guise. L'évolution agit par une série d'événements contingents, imprévisibles. Ce sont, par exemple, des facteurs externes aléatoires de type climatique ou géologique. Mais, en outre, l'évolution ne peut se faire que dans les limites imposées par les caractéristiques morphologiques et biologiques des espèces. Les êtres vivants sont soumis à des contraintes inhérentes à leur histoire évolutive.

Il y a une autre raison pour rester prudent : la tentation d'appliquer à l'être humain l'idée particulièrement sulfureuse qu'il pourrait y avoir sélection des « meilleurs » dans un contexte de compétition !

Le darwinisme social

La théorie de l'évolution a eu des répercussions inattendues. Des penseurs de tous bords isolèrent les idées de sélection, d'adaptation, de compétition de leur contexte évolutionniste puis les appliquèrent à la société humaine. L'hérédité des caractères (l'inné) jouerait ainsi un rôle prépondérant sur l'éducation (l'acquis). Le darwinisme social affirme que la compétition, la lutte pour la vie, expliquent l'existence de hiérarchies dans les groupes sociaux (familiaux, ethniques, étatiques). Celles-ci seraient le résultat d'une sélection qui permet aux meilleurs de l'emporter et qui élimine les moins aptes. D'où les expressions telles que « triomphe des plus aptes ». Pour ce courant de pensée, les inégalités sociales ne sont rien moins que l'application de la sélection naturelle à l'espèce humaine. On justifie de cette façon l'eugénisme, l'esclavage des Noirs, et le capitalisme sauvage. Inutile de dire que nous sommes loin des idées exprimées par Darwin ; ce dernier s'opposa d'ailleurs, sans réel succès, à ces dérives.

L'évolution prend son temps

Nous sommes culturellement marqués par les sciences physiques et le déterminisme laplacien. En bref, tout effet a une cause et les phénomènes physiques sont réversibles et reproductibles ; on peut donc en tirer des lois. Et si nous avons une bonne connaissance du monde à l'instant présent, nous pouvons prédire le futur. Les sciences physiques n'ont pas besoin de l'histoire car les phénomènes physiques sont hors du temps.

La théorie de l'évolution fait au contraire la part belle à l'aléatoire et au fortuit. Ce que les physiciens ont du mal à comprendre. Einstein a manifesté son dédain à l'égard des théories de Darwin en disant : « Dieu ne joue pas aux dés. » Et il ne fut pas le seul, car les principes de la physique étaient, et sont encore, largement présents dans nos représentations du monde. Néanmoins, le rôle de la contingence et du hasard, à la base de la théorie de l'évolution, est aujourd'hui reconnu.

Les sciences de l'évolution et l'écologie ne sont pas non plus à l'origine des sciences expérimentales, n'en déplaise à certains collègues. Elles font partie des sciences d'observation, au même titre que la géologie. En écologie, les expériences ne sont jamais strictement reproductibles. On ne peut appliquer à la théorie de l'évolution le test de réfutabilité proposé par le philosophe des sciences Karl Popper.

Les sciences de l'évolution, celles qui nous expliquent le pourquoi et le comment de la biodiversité, sont profondément ancrées dans le temps. C'est avec la paléontologie et la découverte des fossiles que l'on commença à s'interroger sur la pérennité d'un monde qui aurait été créé par Dieu. Ce sont encore les fossiles qui nous racontent la longue histoire de la vie sur la Terre et l'on voit bien, avec les changements climatiques, que nous sommes dans des systèmes dynamiques. Sur la flèche du temps, il n'y a pas de retour en arrière possible car les espèces évoluent ou disparaissent. Le monde vivant s'inscrit dans la durée.

La spéciation : comment naissent les espèces ?

L'apparition de nouvelles espèces est un autre grand mystère de la vie. Un mystère moins opaque toutefois que l'origine de la vie, car on en connaît les principaux mécanismes : il s'agit d'un processus permanent, qui se poursuivra aussi longtemps que mutations génétiques et sélection naturelle seront à l'œuvre. Le point fondamental est qu'il faut du

temps pour qu'une espèce apparaisse. Un temps plus ou moins long, selon que l'on a affaire à un micro-organisme ou à un gros mammifère : de quelques heures pour les premiers à probablement quelques dizaines de milliers d'années pour les seconds.

Pendant longtemps, on a pensé que de nouvelles espèces apparaissaient lorsque deux populations d'une même espèce se retrouvaient isolées géographiquement pendant suffisamment longtemps. C'est le cas lorsque des événements géologiques séparent deux populations d'une même espèce. Étant donné qu'il n'y a plus de brassage de gènes entre les individus des deux populations, chacune d'elles évolue indépendamment, puis diverge avec le temps. Jusqu'au moment où, même si les deux populations sont remises en contact, les individus de ces populations ne sont plus capables de se reproduire entre eux. Cet isolement reproductif est le signe que de nouvelles espèces sont alors apparues. On parle dans ce cas de spéciation « allopatrique » ou « par vicariance ».

Mais depuis quelques décennies, l'idée selon laquelle de nouvelles espèces pouvaient apparaître au sein d'un même écosystème a fait son chemin. En effet, même dans des milieux où les contacts entre individus sont possibles, des populations peuvent s'isoler du fait de leur comportement. On pourrait schématiser ainsi les processus impliqués dans ce mode de spéciation dit « sympatrique » : tout d'abord, à l'intérieur de l'aire de répartition d'une espèce, la sélection naturelle favorise l'apparition de deux formes qui peuvent avoir des comportements éthologiques différents (préférences alimentaires, préférences d'habitat, saison de reproduction décalée, etc.). Si la pression de sélection est suffisante et si le processus se poursuit assez longtemps, ces deux formes pourront diverger suffisamment pour donner naissance à deux espèces distinctes.

Ainsi, on a mis en évidence que chacune des populations de pinsons du sud-est de la France utilisait un « dialecte » différent. À la longue, il est possible que la communication ne soit plus possible qu'entre individus maîtrisant le même « dialecte ». Et que la reproduction ne se fasse plus qu'entre ceux qui se comprennent...

Il existe d'autres mécanismes conduisant à l'apparition de nouvelles espèces. En particulier, lors de la division cellulaire, le nombre ou la structure des chromosomes peut être modifié. Si le nombre de chromosomes est fixe pour une espèce donnée, des cassures, ou au contraire des fusions de chromosomes ou de parties de chromosomes peuvent se produire, changeant ainsi le génotype d'un individu. Ces remaniements chromosomiques sont des phénomènes assez courants chez les poissons de la famille des Cyprinodontidés (les killis des aquariophiles). Un jeu de chromosomes peut également se multiplier accidentellement : c'est la polypléidie, un phénomène que l'on connaît en particulier chez

Essaims d'espèces et radiation adaptative

On utilise le terme d'« essaim d'espèces » pour désigner des groupes d'espèces très proches, issues d'un ancêtre commun et vivant dans un même milieu. Ces essaims d'espèces comprennent un nombre anormalement élevé d'espèces voisines produites par une spéciation particulièrement rapide. On en trouve l'illustration chez les poissons des grands lacs d'Afrique de l'Est où existent des centaines d'espèces endémiques de petits Cichlidés qui descendent tous de quelques espèces ancestrales. Ils ont donné naissance, malgré un type morphologique assez proche, à une extraordinaire diversité de modes de comportements alimentaire ou reproducteur. Le processus de radiation adaptative se traduit par la colonisation de plusieurs niches d'un même système écologique par des populations ou des espèces descendant d'un ancêtre commun. Ce phénomène favorise en effet la spéciation : les colonisateurs adaptent avec le temps leur morphologie et leur comportement à leur nouveau mode de vie.

les plantes et certains groupes de poissons. Ainsi, au lieu d'avoir 2 paires de chromosomes, comme c'est le cas habituel, certaines espèces en ont 4.

Y a-t-il un sens à l'évolution ?

Depuis le début de la vie sur Terre, l'histoire du monde vivant a pour le moins été mouvementée. De très nombreuses espèces ont peuplé la Terre avant de disparaître sans descendance, alors que d'autres ont donné naissance à de nouvelles lignées. Mais pour différents groupes d'êtres vivants, l'évolution semble aller vers un niveau de complexification de plus en plus grande. Ainsi, chez les vertébrés, le changement de l'anatomie du système nerveux s'est poursuivi, avec les modifications du comportement qui lui sont associées.

On peut noter parallèlement que les formes de vie les plus élémentaires se sont maintenues : les bactéries et les insectes sociaux sont certes moins complexes que l'homme mais ils ont tout aussi bien réussi. D'ailleurs, rien ne dit que ces organismes soient moins « perfectionnés » que les mammifères, sur la base du critère de l'adaptation au changement du milieu. On pourrait même penser le contraire. Ils nous ont largement précédés, et certains n'hésitent pas à dire qu'ils nous survivront ! Méfions-nous des jugements de valeur en matière d'évolution ! Par ailleurs, les parasites nous fournissent des modèles biologiques qui vont au contraire dans le sens de la simplification. Ils ont perdu quant à eux des organes et des gènes au cours de l'évolution.

« L'exercice consistant à prendre en compte tout l'éventail des variations nous oblige à repenser la nature des tendances de l'évolution et l'histoire des systèmes naturels. C'est parce que nous n'avons pas appliqué ce principe que nous en sommes venus à ignorer le fait pourtant incontestable que nous sommes encore, et sans doute pour toujours, à l'ère des bactéries. Nous aimerions croire que l'histoire de la vie est celle d'une marche vers la complexité. C'est bien sûr vrai en ce sens que les êtres les plus complexes ont eu tendance à se complexifier davantage ; mais ce n'est pas l'histoire de la vie, c'est l'histoire des êtres les plus complexes... pour moi le trait le plus fondamental de l'arbre de la vie est la constance du monde bactérien. » Gould, 1997.

On n'a pas manqué de soulever la question : le hasard est-il le seul maître à bord dans la diversification des espèces, ou bien l'évolution obéit-elle à des lois, voire à un « programme » ? Ou encore, sous une autre forme, quelle est la part de déterminisme (il n'y a pas d'effet sans cause) dans l'évolution ? Si Darwin rejetait l'idée de progrès évolutif au sens d'une loi qui conduirait les organismes vers une complexité plus grande, il acceptait néanmoins l'idée que la sélection naturelle contribuait à améliorer les organismes, en relation avec leurs conditions de vie. Mais la théorie de l'évolution réfute toute intervention surnaturelle. Theilhard de Chardin, philosophe chrétien, voyait au contraire dans l'évolution de la vie le prolongement d'une évolution cosmique tout entière orientée vers l'homme qui en serait le fleuron.

Cette vision de théologien n'est pas partagée par la majorité des biologistes : pour eux, le hasard est la seule explication possible à l'évolution de la vie. Le hasard, ici, ne signifie pas absence de causes, mais impossibilité de connaître précisément les causes. Car l'esprit humain est ainsi fait que pour tout effet il en recherche les causes. Il existe pourtant des limites à l'explication des phénomènes. Pour beaucoup de phénomènes naturels,

le nombre de causes possibles est si élevé que toute prévision devient impossible ; on préfère alors parler de hasard. Ainsi, les extinctions de masse préservent ou éliminent des espèces au hasard. La survie ou la disparition sont avant tout une question de chance ou de malchance liée à la manifestation d'événements aléatoires non prévisibles dans l'état actuel des connaissances. En particulier, rien ne permet de distinguer les rescapés des victimes. Il en résulte que le monde vivant actuel est le résultat de la cascade d'événements qui se sont déroulés depuis les origines, en dehors de toute intervention de la sélection. Les choses se sont passées ainsi, mais elles auraient tout aussi bien pu se passer autrement. Si l'on pouvait dérouler de nouveau le film de l'évolution, le résultat pourrait être entièrement différent. Notre monde serait peut être habité par des êtres qui ne nous sont pas familiers. La disparition brutale des dinosaures n'était pas programmée mais les conséquences en ont été importantes : la place libérée a permis, dit-on, aux mammifères de se développer, ce qui a ouvert la voie à l'apparition de l'homme. Une théorie qui, comme souvent dans les domaines où l'on manque de preuves indubitables, est actuellement remise en cause. Quoiqu'il en soit, dans le jeu de l'évolution dont la résultante est de sélectionner les gènes et les organismes qui sont les plus performants dans un environnement donné, la seule sanction véritable est la possibilité de continuer le jeu en cas de succès.

Le fait qu'il ne semble pas y avoir de perspective globale à long terme justifie une nouvelle interrogation des écologistes : si l'évolution est une simple question de hasard, sans déterminisme apparent, doit-on poursuivre la recherche d'un ordre de la nature et la mise en évidence de lois générales en écologie ?

Le créationnisme n'est pas mort !

Le monde scientifique est aujourd'hui attaqué par les mouvements créationnistes. Ces derniers avancent cachés, travestissant leurs objectifs religieux sous des arguments pseudo-scientifiques. Car le créationnisme « scientifique » appelé également « concordisme », consiste à mettre en accord les écrits religieux avec la science. C'est une invention américaine des années 1980 qui avait un objectif précis : faire en sorte que la doctrine de la création du monde par Dieu, en se parant des habits scientifiques, ait la même valeur que la théorie de l'évolution et puisse être enseignée dans les écoles. À noter que le judaïsme connaît également des adeptes du concordisme, tout comme l'islam.

Cette « science de la création » n'a pas vraiment fait beaucoup d'adeptes car il est difficile de faire croire actuellement que l'histoire de l'homme et de l'univers puisse tenir en 6 000 ans... Plus subtil est l'*intelligent design* (le dessein intelligent). Tout en acceptant les acquis de la science, son objectif est de démontrer par des arguments scientifiques que la vie n'aurait pu naître, ni emprunter certaines voies évolutives, sans le secours d'une force surnaturelle... qui, dans cette logique, ne peut être que Dieu. Pour cela, les créationnistes utilisent par exemple l'analogie : un objet complexe comme une montre au mouvement régulier ne résulte pas d'un assemblage aléatoire de pièces, elle est nécessairement le fruit d'une conception intelligente. N'en est-il pas de même pour ces systèmes très complexes que sont les organismes vivants ? On pense avoir prouvé ainsi l'existence d'un « Grand Horloger » ! Il s'agit aussi de s'immiscer dans les controverses scientifiques et de tirer profit des inconnues qui subsistent dans l'explication des mécanismes. Et de prouver par là que les phénomènes impliqués dans la macroévolution sont trop complexes pour être expliqués par la seule théorie darwinienne. Une affirmation telle que « il n'est pas possible que le hasard ait permis l'apparition de l'ADN » a pour but de semer le doute sur la théorie de

l'évolution qui ne serait alors qu'une hypothèse, pas un fait démontré. Dans ces conditions, les théories évolutionnistes et créationnistes doivent toutes les deux être enseignées sur le même plan. Et le tour est joué !

Surprenant... et pourtant un sondage de l'institut Gallup aux États-Unis réalisé en 2004 montre que 35 % des Américains pensent que l'homme s'est développé sur des millions d'années à partir de formes de vie moins avancées, mais que Dieu a guidé le processus ; 45 % affirment que Dieu a créé l'homme il y a moins de 10 000 ans à peu près tel qu'il est maintenant ; et seulement 13 % pensent que l'homme s'est développé sur des millions d'années à partir de formes de vie moins avancées, sans intervention de Dieu.

Le courant créationniste le mieux organisé vient des fundamentalistes protestants, notamment ceux issus de la *Bible belt* (ceinture biblique) du sud des États-Unis. Mais il touche également les catholiques intégristes. En France, L'Université interdisciplinaire de Paris (UIP) tente d'ajuster le récit biblique aux sciences modernes. Le principal financier de l'UIP est la riche fondation américaine Templeton qui favorise des rencontres entre scientifiques, philosophes et théologiens.

La biodiversité dans les écosystèmes : à quoi ça sert ?

La diversité biologique, nous l'avons vu, est le produit de l'évolution des espèces au sein des écosystèmes pour s'adapter aux changements intervenant dans ces écosystèmes. On peut légitimement se poser la question : à quoi sert toute cette diversité biologique issue de l'évolution ? La littérature fourmille de considérations sur le rôle de la diversité dans le fonctionnement des écosystèmes. Est-elle simplement utile, ou bien vraiment nécessaire au fonctionnement de l'écosystème ? Un vaste sujet de débat... et d'affrontements !

Dessine-moi le fonctionnement d'un écosystème

Quelques mots pour essayer de définir ce terme de « fonctionnement d'un écosystème » si souvent utilisé de manière trop générale pour demeurer crédible. En rappelant que l'approche classique est de décrire la chaîne trophique, depuis la production végétale par la photosynthèse, en passant par les consommateurs herbivores puis carnivores, pour terminer par la phase de décomposition et de reminéralisation essentiellement réalisée par les micro-organismes. La description des « réseaux trophiques » cherche ainsi à identifier qui mange qui, quand et comment. Une tâche simple en apparence, mais beaucoup plus complexe qu'on ne l'imagine du fait de la plasticité des régimes alimentaires.

Une variante est de considérer la production biologique d'un écosystème (ou sa productivité), c'est-à-dire la quantité de matière organique élaborée en un temps donné sur un espace donné. C'est le concept trophodynamique, fondateur de l'écologie moderne. En convertissant les biomasses des différentes espèces en équivalents énergétiques, la calorie, il est possible de comparer la productivité de divers écosystèmes tout en introduisant les notions de flux de matière et d'énergie, et de rendement énergétique. Et de rechercher ainsi des généralisations sur le fonctionnement des écosystèmes. On retrouve ici une convergence bien connue en matière de concepts entre écologie et économie.

Le Programme biologique international, dans les années 1960-1970, avait pour objectif d'étudier la production biologique d'une grande variété d'écosystèmes en vue de dégager des lois générales de leur fonctionnement. Il suscita une mobilisation sans précédent de la

communauté scientifique et fut l'occasion d'accumuler de nombreuses informations. Mais si le concept a été fécond sur le plan théorique, la synthèse des observations réalisées fut un peu décevante et n'a pas permis de dégager une théorie générale du fonctionnement des écosystèmes.

Il faut souligner que la majorité des travaux sur le fonctionnement des écosystèmes ont mis entre parenthèses la « boîte noire » des micro-organismes, trop complexe pour être étudiée en milieu naturel avec les moyens dont on dispose. C'est pourtant le point critique du fonctionnement. Les processus de décomposition et de reminéralisation de la matière organique sont indispensables pour reconstituer les stocks de sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. En leur absence, le système ne fonctionne plus. C'est un peu comme si on ignorait la pompe à essence d'une voiture. Mais l'absence de vision systémique ne semble pas perturber outre mesure les écologistes. On travaille essentiellement sur ce qui est visible, mais pas nécessairement sur le plus important.

Les êtres vivants sont eux-mêmes des écosystèmes

Quand on parle d'écosystème, on pense généralement aux milieux naturels tels qu'une forêt ou un lac. Mais la définition est beaucoup plus large : chaque être vivant constitue en lui-même un écosystème dans lequel vivent notamment des micro-organismes et divers parasites adaptés à cet environnement.

Dans le corps humain, on estime par exemple qu'il y aurait 10 à 100 fois plus de bactéries que de cellules humaines. La plupart ne sont pas bien connues. Plus généralement, l'homme et les animaux hébergent d'importantes populations microbiennes dans leur tube digestif. La masse de cette flore microbienne avoisine le kilogramme chez l'homme adulte. Elle contribue à nous garder en bonne santé en luttant contre les pathogènes par exemple. Chez les ruminants, on connaît le rôle des Ciliés et des bactéries vivant dans le rumen. Il y en a deux kilogrammes, c'est peu dire ! C'est eux qui digèrent la matière végétale ingérée par l'animal et transforment la cellulose en substances absorbables par l'intestin. Incidemment, ils sont aussi responsables de la production de gaz carbonique et de méthane qui sont des gaz à effet de serre... Rien n'est parfait !

C'est mieux quand il y a davantage d'espèces ?

Il n'est pas rare de lire sous la plume des scientifiques adeptes de la théorie de l'écosystème « super organisme », et assez souvent dans les discours conservationnistes, que toutes les espèces sont indispensables au bon fonctionnement des écosystèmes... À la lettre, un système qui fonctionne bien est un système avec beaucoup d'espèces ; il est donc indispensable de les conserver... On peut même lire dans des ouvrages récents qu'un système diversifié est plus productif et plus résistant aux perturbations qu'un système plus simple. Cette affirmation relève de la méthode Coué : il n'y a aucune démonstration sérieuse d'une telle relation. Une analyse de dizaines de séries de données recueillies en milieu aquatique montre que l'on peut trouver tous les cas de figures dans la nature et qu'il n'y a pas de relation démontrée entre diversité biologique et productivité des écosystèmes. Quant à la supposée résistance aux perturbations des systèmes riches en espèces, on peut se référer encore au lac Victoria. Les centaines d'espèces de poissons n'ont pas longtemps résisté à l'action conjuguée de l'eutrophisation et de l'introduction de la perche du Nil. On pourrait même penser que plus il y a d'espèces, plus elles sont spécialisées, et plus elles sont sensibles aux perturbations.

On comprend le souci de ne pas faire de concessions, notamment face à des gestionnaires posant la question en termes crus : toutes les espèces sont-elles nécessaires ? Combien d'espèces peuvent disparaître sans qu'il y ait un effet significatif sur le fonctionnement des écosystèmes ? Mais l'affirmation que la richesse en espèces est le garant du bon fonctionnement des écosystèmes est un autre mythe assez répandu dans le monde scientifique.

Regardons de plus près quelques hypothèses émises dans ce domaine. D'une part, les écologistes reconnaissent que toutes les espèces ne jouent pas un rôle équivalent dans les écosystèmes. De fait, on parle en écologie d'« espèces clés » jouant un rôle plus important et dont la disparition peut avoir des conséquences immédiatement visibles. Le cas du castor construisant des barrages sur les cours d'eau est souvent cité en exemple. On parle également d'« organismes ingénieurs » susceptibles de modifier l'état physique de leur environnement. Les vers de terre par exemple sont de véritables travailleurs biologiques qui creusent dans le sol des réseaux importants de galeries favorisant la pénétration de l'eau, de l'air et des racines dans le sol. Ils assurent ainsi l'aération et le drainage des sols.

Certains travaux montrent ainsi que la réponse du système dépend de la composition spécifique du peuplement et des caractéristiques biologiques des espèces. En réalité, ce n'est pas tant la richesse en espèces qui est importante que la diversité des rôles fonctionnels et des traits biologiques des espèces. L'existence ou non d'espèces ayant de meilleures capacités que d'autres à utiliser les ressources (les espèces dites « dominantes ») est alors un facteur explicatif important.

La métaphore de la voiture

On peut illustrer ce rôle différencié des espèces par la métaphore de l'automobile. Il y a des pièces tout à fait indispensables au fonctionnement du véhicule : le moteur, les roues, la pompe à essence, etc. D'autres ne sont utiles qu'à certains moments : le démarreur, les freins, le rétroviseur, le klaxon, etc. ou servent à améliorer le fonctionnement général comme le pot catalytique. Et d'autres ne servent à rien pour le fonctionnement de la voiture (les enjoliveurs, les chromes) mais sont importants quand il s'agit de la vendre.

On peut également mettre au crédit des scientifiques certaines hypothèses concernant le rôle de la biodiversité. Ainsi, l'hypothèse des « rivets » procède également par analogie. Sur une aile d'avion, il y a plus de rivets que nécessaire pour assurer l'intégrité de l'aile. Un certain nombre de rivets peuvent donc disparaître sans que l'aile ne casse. Mais à partir d'un certain seuil, la disparition d'un rivet peut entraîner la destruction de l'aile. De même, certaines espèces peuvent disparaître dans un écosystème sans que les performances de ce dernier (par exemple sa production biologique) n'en soient affectées. Mais à partir d'un certain seuil, il y a modification significative du fonctionnement de l'écosystème. Cette hypothèse part du principe que plusieurs espèces, dites alors « redondantes », peuvent remplir un même type de fonctions au sein de l'écosystème et peuvent donc se substituer les unes aux autres. Une reconnaissance implicite que certaines espèces peuvent disparaître sans que l'écosystème ne soit perturbé.

D'autres travaux scientifiques ont montré également qu'il n'y avait pas de relation évidente entre la diversité des espèces et le fonctionnement des écosystèmes vu sous l'angle de la production de matière organique. Une forte productivité n'est pas nécessairement associée à une grande diversité biologique. Si l'on se réfère à la production biologique comme critère du fonctionnement d'un système, des milieux dominés par quelques espèces

peuvent être extrêmement productifs. C'est souvent le cas des zones de roseaux ou de papyrus dans les milieux marécageux. C'est également le cas des systèmes agronomiques.

Les recherches dont les résultats paraissent aller dans le sens de « plus un écosystème est riche, meilleur est son fonctionnement » sont issues de travaux académiques, la plupart conduits en microcosme, c'est-à-dire dans des écosystèmes artificiels, en « modèles-réduits ». On s'imagine pouvoir y reconstituer le fonctionnement d'un système naturel en arguant que la question est trop complexe pour mener des expériences en vraie grandeur, dans les écosystèmes eux-mêmes. Ce qui est certain, c'est que l'on ne s'en donne pas les moyens, en France tout au moins ! Car l'expérience en vraie grandeur est possible mais nécessite à la fois des temps beaucoup plus longs et une organisation opérationnelle. Or il faut faire vite dans le monde de la recherche, car la carrière des scientifiques dépend du nombre et de la fréquence des publications. À chacun sa recette donc : on ajoute ou on enlève quelques plantes, voire quelques animaux, on modélise, on fait varier les paramètres de l'environnement. En quelque sorte, on tente de réduire la complexité du monde à quelques paramètres supposés contrôlés dans des expériences relevant du bricolage. Et l'on publie dans les meilleures revues scientifiques des spéculations sur le fonctionnement des systèmes naturels vu par le prisme de l'éprouvette. Discutable scientifiquement, mais payant pour la carrière des scientifiques qui s'autocongratulent entre initiés et alimentent la littérature de publications souvent redondantes.

Jusqu'ici, ces résultats n'ont été d'aucune utilité pour la société car bien évidemment ils ne sont pas extrapolables au monde réel. Quant à l'intérêt scientifique, il reste à démontrer car les conditions expérimentales ne sont pas toujours bien maîtrisées, et la représentativité de telles opérations est scientifiquement contestable.

La disparition d'une espèce est-elle une catastrophe ?

Question piège s'il en est. En répondant oui, on risque d'être catalogué dans la mouvance intégriste de l'écologie. En répondant non, on passe alors pour un irresponsable qui cautionne la dégradation généralisée de l'environnement. Car la question et la réponse qu'on y apporte ne sont pas seulement de nature scientifique, elles sont aussi de nature affective et éthique, et renvoient à notre représentation du monde. Elles renvoient en particulier à nombre d'idées reçues qui abondent dans la littérature concernant la biodiversité.

On doit admettre que des espèces ont disparu sans qu'il y ait eu d'effet significatif apparent. Les hécatombes du passé n'ont pas empêché la Terre de tourner ! Clamer comme on le fait trop souvent que la disparition d'une espèce entraîne des modifications dans le fonctionnement d'un écosystème reste du domaine incantatoire quand on n'apporte pas de preuves convaincantes. Or, nous avons vu plus haut que toutes les espèces n'ont pas un rôle équivalent, et qu'il existe des espèces redondantes du point de vue de leur fonction dans l'écosystème. Quelques espèces de plus ou de moins n'entraînent pas nécessairement un effet. Ou, au contraire, cela peut modifier sensiblement le système s'il s'agit d'espèces clés...

Cette question renvoie en réalité à un autre grand classique de la littérature conservatrice qui est le « bon » fonctionnement des écosystèmes, ce Graal des écologistes. Les hommes détruisent, perturbent, dégradent des écosystèmes qu'il faut en retour préserver, gérer, réhabiliter pour maintenir ou rétablir leur « bon fonctionnement ». Mais

que signifie « bon fonctionnement » ? Le plus souvent, on se garde bien de le définir car il ne correspond pas à une réalité scientifique : nous sommes ici encore dans le domaine des représentations, où se mêlent des arguments soi-disant scientifiques à des présupposés sur la nature des écosystèmes. Parler de bon fonctionnement ou de dégradation renvoie implicitement à des systèmes mythiques vierges de l'action de l'homme, à l'imaginaire... Voyage au pays des merveilles...

Car il est bien connu que la nature fait bien les choses. La littérature profane regorge de clichés concernant l'harmonie de la nature. On s'extasie sur la beauté des formes, des paysages, sur l'ingéniosité des organismes à développer des adaptations sophistiquées à leur environnement. Notre culture occidentale est très marquée par cette vision dite « panglossienne » de la nature, héritage des idées d'harmonie et d'équilibre de la nature.

Le panglossianisme est un terme créé par Gould et Lewontin pour désigner cette tendance à rechercher une raison adaptative pour chaque aspect du comportement d'un animal. Il fait référence au personnage du Dr Pangloss (du livre *Candide*, de Voltaire) qui croyait que tout avait été fait pour le mieux, dans le meilleur des mondes. Par exemple le nez, pour Pangloss, avait été créé dans le but évident de soutenir les lunettes ; ou encore, le melon a des rayures pour mieux être découpé en tranches...

Cette idée que la nature fait bien les choses, probablement héritée du fond des temps, est bien ancrée dans l'imaginaire collectif et se retrouve implicitement dans les discours conservacionnistes. Il y a reconnaissance implicite d'un déterminisme dans la constitution des écosystèmes ce qui, ici encore, n'est pas un fait général.

Regardons ce qui se passe autour de nous. Un marais qu'on assèche ne fonctionne plus comme avant, dirait Monsieur de la Palisse. Mais combien de marais se sont asséchés sans l'intervention de l'homme ? Quand un lac est en eau, une flore et une faune adaptée peuvent s'y développer. Quand il s'assèche, il passe par un stade de marécage, puis devient une prairie, et éventuellement une forêt. Cette dynamique naturelle, on a pu l'observer en quelques dizaines d'années pour le lac Tchad dont la surface est passée de 25 000 km² en 1965 à quelques milliers de km² en 1980 suite à la diminution des pluies et à la sécheresse du Sahel... Ce lac devenu pour partie prairie, pour partie marécage, continue de bien fonctionner en tant qu'écosystème, mais de manière différente. Et ces fluctuations sont intervenues à de nombreuses reprises dans les siècles passés. On parle même d'un gigantesque lac Tchad de 340 000 km² qui aurait existé il y a 6 000 ans. Peut-on imaginer qu'il existe un état « idéal » pour le lac Tchad ? Et quel aurait été cet état de référence ? Peut-on parler comme on le fait parfois de catastrophe écologique pour le lac Tchad qui fluctue essentiellement en fonction des conditions climatiques ?

La mer d'Aral, qui s'est elle aussi asséchée au cours des dernières décennies, est un exemple différent. Dans ce cas, l'homme est responsable. Il a détourné les eaux de ses principaux affluents à des fins d'irrigation. On peut sans aucun doute regretter ici l'état antérieur, avant le détournement des eaux, et se le fixer comme référence. Il n'en reste pas moins que l'écosystème de la mer d'Aral, profondément modifié, continue de fonctionner au sens où il produit de la matière organique et la reminéralise !

En bref, le lecteur aura bien compris que l'écologie scientifique mêle un peu trop le discours scientifique au discours engagé en faveur de la protection de la diversité biologique. Les écologistes scientifiques ont trop vite entonné le discours des ONG après la conférence

de Rio, sans laisser suffisamment de place à l'esprit critique. Certes, « c'est pour la bonne cause », comme disent certains. Mais la science ne peut se targuer d'indépendance si par ailleurs elle colporte des affirmations contestables ou pour le moins non généralisables. Il en va de sa crédibilité. L'écologie est une science complexe qui ne peut se résumer à quelques formules chocs et à des généralisations hâtives. Les situations diffèrent beaucoup d'un système à l'autre, en fonction de l'histoire et de la nature des écosystèmes. La diversité est inhérente à la science elle-même, il faut humblement le reconnaître. Ce qui n'empêche qu'en tant que citoyen soucieux d'éthique et d'esthétique, on puisse militer en faveur de la conservation de « toute » la biodiversité.

Collaborer pour survivre : mutualisme et symbiose

Certes, il faut se battre pour survivre. Et nous avons appris que la lutte pour la vie était un phénomène « naturel ». Dans la nature, les animaux se mangent les uns les autres ou sont en compétition pour l'espace ou les ressources alimentaires. Les hommes aussi d'ailleurs. L'écologie scientifique a largement relayé l'idée de compétition : elle en a même fait un principe fondateur. Cette vision occidentale des rapports entre les êtres vivants est culturellement marquée par les idées en vogue à la fin du XIX^e siècle, notamment celles de Malthus.

D'autres cultures nous parlent d'harmonie, de coopération. Un scientifique japonais, Kinji Imanishi, que Pierre Thuillier nous a fait connaître dans son article « Darwin chez les samouraïs », a proposé une théorie de l'évolution basée non pas sur la compétition individuelle comme le propose Darwin, mais sur la coopération du groupe et le mutualisme. On peut résumer cette théorie en disant que dans la nature, l'harmonie est plus fréquente que la lutte pour la vie : les êtres vivants coopèrent et s'approprient collectivement des territoires en pratiquant le mutualisme plutôt que la compétition.

Cette théorie reste anecdotique dans le monde scientifique. Et pourtant les relations mutualistes sont fréquentes dans le monde vivant. On en découvre un peu partout. Elles peuvent être de différentes natures. La symbiose est une association indissoluble et durable entre deux espèces dont chacune tire bénéfice. Mais dans le mutualisme ou le commensalisme¹, les espèces peuvent encore mener une vie indépendante. Les lichens – association d'une algue et d'un champignon – poussant sur les vieux murs ou les troncs d'arbres, voilà un bel exemple de symbiose.

Plantes et micro-organismes : des relations à bénéfice mutuel

Les plantes ne « mangent » pas de matière organique : elles la fabriquent à partir de sels minéraux (les éléments nutritifs), d'eau, d'énergie fournie par le soleil et d'azote. Si ce dernier est présent en abondance dans l'atmosphère (l'air est composé à 80 % d'azote), les formes assimilables par les plantes sont souvent plus rares dans les sols. Qu'à cela ne tienne, les bactéries sont à leur service pour leur permettre d'utiliser l'azote atmosphérique. Des bactéries fixatrices d'azote peuvent utiliser ce gaz inerte pour le mettre à disposition des plantes. La fixation biologique d'azote est ainsi le mécanisme principal permettant d'introduire l'azote dans la biosphère : environ 175 millions de tonnes d'azote atmosphérique sont fixées annuellement par les micro-organismes, alors que la quantité d'engrais azotés utilisée en agriculture est de l'ordre de 40 millions de tonnes par an. C'est une histoire de symbiose.

¹ Association entre espèces à bénéfices réciproques.

Les Fabacées, aussi appelées « légumineuses », s'associent aux bactéries du groupe des *Rhizobium*, les aulnes aux *Frankia*.

En fait, le mutualisme est très répandu chez les plantes. Quand vous regardez un arbre, vous n'imaginez pas qu'il existe dans le sol une intense activité de micro-organismes dont dépend, en définitive, la bonne santé de l'arbre. La terre, autour des racines des végétaux, contient ainsi de nombreuses bactéries et des champignons microscopiques. C'est la rhizosphère, une interface essentielle entre la plante et le sol dont on a découvert qu'elle jouait un rôle majeur dans la nutrition des plantes. Les racines émettent des sécrétions (sucres, substances de croissance) qui stimulent la croissance des micro-organismes. Ces derniers, en retour, facilitent l'assimilation des substances nutritives par les racines car ils peuvent exploiter des ressources auxquelles les plantes n'ont pas accès (dégradation de l'humus, minéraux insolubles), et les rendre ainsi utilisables par les plantes.

Surprenant, mais beaucoup de bactéries symbiotiques de la rhizosphère sont les mêmes que les bactéries symbiotiques qui vivent dans l'intestin des animaux. Ce sont essentiellement des bactéries lactiques (*Escherichia coli*, *Lactobacillus* spp, etc.). Dans les deux cas, elles jouent un rôle fondamental dans l'assimilation des nutriments. Leur abondance est un signe de bonne santé : la plante est d'autant plus vigoureuse et résistante aux parasites que sa rhizosphère est riche.

Les champignons du sol forment également des associations symbiotiques avec les racines des végétaux. Si l'on supprime expérimentalement ces champignons, les plantes souffrent de carences nutritives et dépérissent. Inversement, la plante fournit des composés carbonés aux champignons associés. L'association mycorhizienne, ainsi qu'on la nomme, joue un rôle déterminant dans les mécanismes de protection de la plante contre les attaques microbiennes. Les champignons jouent d'abord un rôle de barrière mécanique, et ils sécrètent des antibiotiques efficaces sur la flore microbienne pathogène.

Il y a de très nombreux exemples d'associations mycorhiziennes. Ainsi, entre le cyprès, les champignons et la lavande, il y a une association à bénéfices réciproques. Le cyprès se développe en symbiose avec des champignons microscopiques. Il fournit des sucres aux champignons qui en retour facilitent l'approvisionnement de l'arbre en eau et en sels minéraux. Quant à la lavande, elle crée autour du cyprès des îlots de fertilité, riches en azote et en phosphore. Et elle favorise la multiplication des champignons et la prolifération de leur mycélium dans le sol.

Ces bactéries qui nous protègent

Les bactéries ne sont pas toujours des monstres pathogènes. Nous associons souvent bactéries et maladies, alors que notre corps regorge de bactéries dont beaucoup nous sont indispensables. Nous entretenons avec elles des relations mutualistes. On avance des chiffres qui laissent rêveurs : dans un gramme de matière fécale, il y a 10^9 à 10^{11} bactéries appartenant à plus de mille espèces, soit autant que de cellules dans notre cerveau. C'est ce que l'on appelle le « microbiote ». On admet qu'il participe à la bonne santé de l'homme, en assurant notamment une protection contre les pathogènes digestifs. Notre microflore est xénophobe et élimine les bactéries étrangères. De vrais gardes du corps interceptant et détruisant les suspects ! Elles participent aussi à la digestion en fournissant des éléments essentiels tels que les vitamines K et B12 et nous aident à digérer les hydrates de carbone complexes en les transformant en sucres et en acides gras. La salive héberge aussi de très nombreuses bactéries, dont deux espèces de streptocoques à l'origine des caries dentaires.

Tout aussi surprenant est le fait que dix individus adultes ont rarement plus d'une espèce bactérienne en commun. Mais il faut dire que beaucoup de ces bactéries nous sont inconnues car elles ne se développent pas sur des milieux de culture. Nous naissons stériles du point de vue microbien : la colonisation intestinale débute dès la naissance et se stabilise vers l'âge de 2 ans. Beaucoup plus tard, après 65 ans, la microflore devient encore plus complexe et nous hébergeons de nouvelles espèces. Nous ingérons chaque jour un grand nombre de bactéries avec les fruits, les légumes frais, les laitages, les fromages, les salaisons, et le vin. Comme l'industrie alimentaire prend soin de notre santé, nous ingérons aussi des probiotiques, des micro-organismes vivants qui, lorsque ingérés en quantités adéquates, sont censés exercer un effet bénéfique sur notre santé ; il s'agit surtout de bactéries lactiques qui transforment les lactoses du lait en acide lactique. L'industrie nous vante leurs vertus, sans discrimination. Cependant, si certains probiotiques ont des effets physiologiques avérés, il existe sur le marché beaucoup de produits n'ayant jamais fait l'objet d'études chez l'homme.

Les bactéries peuplant nos intestins ont-elles une influence décisive sur notre prise de poids ? Un article publié dans la revue *Nature* semble le suggérer : il y aurait des différences notables entre la flore intestinale de personnes minces et de personnes obèses. Chez ces dernières, les bactéries extrairaient avec plus d'efficacité le sucre des aliments, favorisant la prise de poids de leur hôte. Cette hypothèse mérite néanmoins d'être confortée.

Pour certains, le microbiote serait l'équivalent d'un organe supplémentaire. Le nombre de gènes codés par ces bactéries est vraisemblablement 100 fois plus grand que celui du génome humain. Un métagénome encore largement inconnu. L'Inra vient de lancer un programme de recherche sur ce thème, en collaboration avec la Chine. En matière de séquençage, un tel projet représente 10 fois le travail réalisé sur le génome humain.

L'homme n'est pas un cas unique. Les ruminants, mais aussi tous les mammifères et les oiseaux, ne peuvent vivre sans les bactéries de leur tube digestif, qui vont les aider à absorber les éléments nutritifs. Jusqu'aux termites qui seraient incapables de digérer la cellulose du bois sans l'aide des bactéries qu'elles hébergent dans leur panse rectale.

L'exploration du monde des micro-organismes, tout juste entamée, nous conduira sans aucun doute à bien des surprises. Ces organismes que nous avons tendance à considérer comme « inférieurs », se révèlent en définitive particulièrement réactifs aux changements. Si certains d'entre eux sont des ennemis redoutables pour notre santé et celle de nos espèces domestiques, beaucoup sont aussi nos alliés, ou pourraient le devenir. La « domestication » des micro-organismes est probablement l'une des grandes aventures scientifiques et économique du XXI^e siècle.



Une histoire semée d'embûches

*Ce ne sont pas les espèces les plus fortes qui survivent,
ni les plus intelligentes, mais les plus aptes à évoluer.*

CHARLES DARWIN, 1859

*L'évolution procède comme un bricoleur qui,
pendant des millions et des millions d'années,
remanierait lentement son œuvre, la retouchant sans cesse,
coupant ici, allongeant là, saisissant toutes les occasions d'ajuster,
de transformer, de créer.*

FRANÇOIS JACOB, 1981

On ne le répétera jamais assez, la diversité biologique n'est pas un héritage intangible. Elle est née du changement et des capacités des êtres vivants à s'adapter au changement. Pour beaucoup d'entre eux, la route s'est arrêtée brutalement car l'adaptation n'a pas été possible. En effet, l'évolution se manifeste aussi bien par la transformation et l'apparition de nouvelles espèces que par l'extinction d'autres espèces. La biodiversité actuelle résulte ainsi d'une dynamique qui a vu naître et disparaître des dizaines de millions d'espèces. Autrement dit, quoique l'on puisse penser de l'impact de l'homme sur la biodiversité, la machine de l'évolution continue à créer et à éliminer des espèces. Une évidence pas souvent prise en compte par ceux qui parlent de la sixième grande extinction, celle qui est due à l'homme. Mais il est vrai que disparition d'espèces et apparition de nouvelles espèces n'obéissent pas aux mêmes pas de temps !

Une histoire avec ou sans l'homme ? Il serait faux de penser que l'histoire de la biodiversité telle que nous la connaissons ne doit rien à l'homme. Depuis longtemps, depuis qu'il maîtrise le feu, l'homme, à des degrés divers, a modifié son environnement. Mais en Europe, notre « nature » est souvent bien différente de celle qui aurait existé en l'absence de l'homme. Ce qui ne nous empêche pas de l'apprécier et de la considérer comme un patrimoine. Et de vouloir la protéger en l'état.

L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille : crises et extinctions

Coup d'œil dans le rétroviseur : un champ de ruines. On estime qu'une espèce sur mille a survécu sur la Terre. Autrement dit, 99,9 % des espèces ont disparu. Une véritable hécatombe dont certains ont pu dire que c'était une bonne chose, dans la mesure où les espèces les moins performantes sur le plan de l'adaptation ont été éliminées, favorisant les plus efficaces. On a pu lire dans ce domaine nombre de tentatives d'explications d'une pertinence parfois douteuse : ainsi, les dinosaures auraient été trop grands et trop stupides ? En réalité, les informations dont on dispose ne permettent pas d'avancer des hypothèses sérieuses.

L'évolution a laissé de nombreux cadavres car les extinctions font partie du processus normal de l'évolution. Les paléontologues distinguent, pour l'instant, cinq grandes « crises majeures » d'extinction sur la base des fossiles dont ils disposent. Car nous sommes encore loin d'avoir déchiffrés toutes les archives de la Terre, et nos hypothèses peuvent encore changer en fonction de nouvelles découvertes.

Donc, de véritables catastrophes ont vu disparaître des quantités d'espèces, dont la plupart n'ont pas laissé de traces ! Ces extinctions de masse ont concerné des groupes différents occupant des habitats différents, et se sont produites dans un laps de temps relativement court à l'échelle géologique. La plus dévastatrice, qui serait survenue il y a 250 millions d'années, aurait vu disparaître 90 % des espèces terrestres et aquatiques et l'extermination des trilobites. La dernière grande extinction, la plus médiatisée, est celle qui a vu disparaître les dinosaures, parmi d'autres, il y a 65 millions d'années. Un sacré coup dur pour les conservationnistes !

Bien entendu, on s'est penché sur les causes de cette disparition. L'hypothèse la plus en vogue est celle d'un astéroïde qui aurait frappé la Terre au niveau du Mexique, mais il est possible également que des éruptions volcaniques majeures soient en cause. Toujours est-il que de tels événements auraient entraîné la mise en suspension de masses considérables de poussières, empêchant la pénétration des rayons solaires et obscurcissant le ciel sur de longues périodes. Ces événements auraient empêché la photosynthèse tout en refroidissant sensiblement la surface du globe. Un tel phénomène ressemble au fameux hiver nucléaire, celui qui pourrait survenir après des explosions atomiques de forte puissance.

Les grandes extinctions ont toujours été suivies de périodes de nouvelles diversifications dites « explosives », avec l'apparition de nouveaux groupes taxinomiques. Aucune de ces crises majeures n'a entraîné la disparition complète de tous les êtres vivants même si, dans certains cas, 80 à 90 % des espèces auraient disparu. Bien entendu, ces cinq extinctions sont celles qui ont laissé des traces interprétables dans les archives de la Terre, c'est-à-dire des restes identifiables. Tous les paléontologues sont d'accord pour dire que d'autres archives paléontologiques sont probablement encore inexplorées. Des périodes de crises moins importantes n'ayant affecté que certains organismes, ou seulement certaines régions du globe, ont probablement eu lieu également.

Pour certains scientifiques, les extinctions de masse ont ainsi redistribué les cartes. Même si l'on a du mal à évaluer leurs effets, les grandes crises ont sans aucun doute infléchi le cours de l'évolution. Elles ont été l'occasion pour le monde vivant de se réorganiser. Ces périodes de crise constituent des ruptures dans le processus évolutif, en favorisant l'installation de nouveautés biologiques : les organismes survivants soumis à une pression de compétition moins importante ont pu recoloniser les milieux redevenus plus hospitaliers à l'issue de la crise et donner naissance à de nouvelles diversifications. Mais elles ne sont probablement pas le moteur de leur apparition.

Aujourd'hui, les insectes constituent le groupe le plus diversifié sur terre. Au Carbonifère, ils représentaient déjà plus de 50 % des espèces – les fossiles d'insectes sont très nombreux. La raison d'un tel succès ? Peut-être les ailes, qui leur ont permis d'échapper plus aisément aux prédateurs et de coloniser facilement de nouveaux milieux. Mais le plus curieux est que les insectes semblent avoir échappé aux grands cataclysmes à l'origine des extinctions de masse. De nombreuses familles d'insectes ont en effet traversé les âges géologiques depuis l'ère secondaire jusqu'à nos jours. À la fin du Crétacé, tous les insectes modernes ou presque étaient déjà présents. Pourtant, on ne trouve aucune trace d'extinction massive. On se perd en hypothèses pour comprendre les raisons de ce phénomène.

À chacun son continent

Pour bien comprendre la distribution actuelle de la diversité biologique à la surface du globe, il nous faut remonter dans le lointain passé de l'histoire de la vie.

Tous les événements géologiques ayant marqué l'histoire de la diversité biologique ne sont pas des catastrophes, du moins en apparence. Sans entrer dans les détails, rappelons qu'il existait, il y a quelque 200 millions d'années, un continent unique, la Pangée qui possédait une flore et une faune relativement homogènes si l'on en croit les archives fossiles. Puis la Pangée s'est fragmentée et les différents continents se sont isolés peu à peu. Par exemple, l'ouverture de l'Atlantique Sud a commencé il y a quelque 120 millions d'années et a progressivement séparé l'Amérique du Sud de l'Afrique. La faune et la flore de chacun de ces continents ont alors évolué séparément, certains groupes disparaissant, d'autres au contraire se diversifiant activement, en fonction du hasard et de l'histoire géologique et climatique du continent.

À l'heure actuelle, la diversité biologique est effectivement bien différente sur chacun des continents si l'on se réfère aux seules espèces. Mais à des niveaux taxonomiques supérieurs (familles, ordres, etc.) on retrouve des similitudes entre certains continents. Ainsi, il n'est pas rare qu'une même famille soit représentée sur différents continents par des espèces différentes mais présentant de fortes similitudes. Elles ont des ancêtres communs, mais chaque branche de la famille a suivi son propre destin une fois les continents séparés.

La mise en place des continents a donc fixé le cadre général actuel de la répartition de la biodiversité au niveau planétaire. Un événement pourtant ancien mais dont les manifestations sont toujours d'actualité. Pour combien de temps ? L'homme interfère maintenant avec le cours des événements géologiques.

Dans l'histoire géologique, les échanges floristiques et faunistiques entre les différents continents ont probablement été peu nombreux, sauf exceptions notoires, lorsque des masses continentales sont entrées en contact. Ce fut le cas par exemple lorsque la plaque indienne est entrée en contact avec la plaque asiatique il y a environ 50 millions d'années. On retrouve effectivement des groupes de poissons communs à l'Afrique et à l'Asie sur le continent indien. Plus récemment, au Miocène (15 millions d'années), la collision de la plaque africaine avec l'Arabie a ouvert la voie aux échanges entre l'Afrique et l'Eurasie. Et lorsque l'isthme de Panama a réuni l'Amérique du Nord à l'Amérique du Sud, il y a 3 millions d'années, après un isolement d'environ 50 millions d'années, les mammifères nord-américains ont colonisés l'Amérique du sud, supplantant une grande partie de la faune autochtone. On peut prévoir que dans plusieurs millions d'années, l'Australie entrera à son tour en collision avec l'Asie du Sud-Est. Si les marsupiaux ont survécu, ils entreront alors en concurrence avec les mammifères placentaires asiatiques. Par simple curiosité scientifique, on aimerait connaître les résultats de cette confrontation !

Changements climatiques : sauve qui peut !

Ces événements géologiques concernent le très long terme (l'unité de temps est le million d'années). Mais à des échelles de temps plus courtes, le climat a joué un rôle considérable dans la dynamique de la biodiversité. Caractériser le climat d'une région de la Terre revient à déterminer les conditions de température et de pluviosité pour chaque saison, ainsi que les variabilités de ces paramètres. C'est ce que l'on appelle le « régime climatique ».

Pour des échelles de temps relativement courtes, la variabilité saisonnière ainsi que la variabilité interannuelle du climat peuvent demeurer dans des limites étroites pendant plusieurs années, voire plusieurs décennies, donnant alors une impression de stabilité. Mais si l'on s'intéresse à des échelles plus grandes (siècle, millénaire) on sait que les climats se modifient. Et, avec eux, d'autres facteurs de l'environnement vont également changer par voie de conséquence. De fait, aux échelles de temps de l'ordre du millénaire, le climat est le principal facteur de contrôle de la répartition et de la dynamique de la biodiversité. Une dynamique qui intervient, rappelons-le, dans le contexte déjà créé par la séparation des continents.

Les glaciations et l'effet d'essuie-glace dans l'hémisphère Nord

Il y a environ 3 à 5 millions d'années le climat de l'Europe occidentale était chaud et humide et les terres étaient couvertes d'épaisses forêts composées d'arbres tels que le cyprès chauve et le séquoia mélangés à des feuillus (hêtre, charme, aulne, chêne). C'est le genre de forêts mixtes que l'on rencontre encore aujourd'hui en Chine, au Japon et sur la façade est des États-Unis.

Depuis le début du Quaternaire, il y a environ 2 millions d'années, on a identifié une vingtaine de cycles glaciaires dont la périodicité est statistiquement de 100 000 ans. Les périodes glaciaires ont duré de 50 à 100 000 ans, et les interglaciaires de 10 à 20 000 ans. Ces changements climatiques de grande amplitude ont surtout affecté l'hémisphère Nord et ont été caractérisés par l'extension des calottes polaires vers le sud, recouvrant ainsi l'Europe du Nord et une grande partie de l'Asie et de l'Amérique du Nord. Ces alternances glaciation-réchauffement, on s'en doute, ont fortement marqué l'histoire de la biodiversité dans les régions aujourd'hui tempérées. Elles ont été un important facteur de sélection qui a conduit à l'éradication de nombreuses espèces végétales ou animales en Europe.

Sait-on qu'il y a 80 000 ans, les trois quarts de la France étaient recouverts d'une épaisse calotte glaciaire qui atteignait environ 1 000 m d'épaisseur dans le bassin parisien actuel ? Après un épisode de réchauffement, il y a environ 30 000 ans, au cours duquel les prairies tempérées se sont réinstallées, la calotte glaciaire a recouvert de nouveau l'Europe du Nord. Un immense glacier occupait les Alpes il y a environ 20 000 ans, et le niveau des mers était à 120 m en dessous du niveau actuel. Les paysages de la France étaient alors des steppes et des toundras de type subarctique, proches de ceux de la Laponie actuelle. Faunes et flores étaient bien différentes de celles que nous connaissons. Les arbres avaient été éliminés ; renne, cheval, bison, associés à des espèces maintenant éteintes comme le mammoth, l'ours des cavernes et le rhinocéros laineux peuplaient la partie sud du territoire.

À la fin de la période glaciaire, il y a quelques 15 000 ans, les glaces se sont retirées vers le nord et la recolonisation de l'Europe par les forêts tempérées est redevenue possible. Ce sont d'abord le genévrier puis le bouleau et le pin qui ont recolonisé des espaces libérés, puis la forêt tempérée de feuillus (noisetier, chêne, orme, frêne, aulne) a commencé à se propager à travers toute l'Europe.

Les toundras qui occupaient la France lors de la période glaciaire ont disparu avec le réchauffement climatique. En réalité, elles ont remonté vers le nord, avec la faune adaptée au froid qui leurs étaient associées, comme le mammoth ou le rhinocéros laineux.

Après la période glaciaire, et en l'espace de 6 millénaires (de - 13000 à - 8000) les chênes ont reconquis toute l'Europe en partant des zones refuges situées au sud de l'Espagne, de l'Italie et dans les Balkans, à la vitesse moyenne de 380 m par an – une vitesse stupéfiante selon les spécialistes, pour qui la vitesse initiale au début de la propagation de l'espèce

a été encore plus importante. Une explication possible est la colonisation par sauts de puces, avec des îlots qui se développent très en amont du front de recolonisation. Des oiseaux comme le geai ou des corvidés, mais aussi les cours d'eau, ont pu jouer un rôle en transportant des glands.

Toutes les espèces n'ont pas eu ce dynamisme. Ainsi le hêtre avait-il des zones refuges en Italie du Sud et près de la mer Noire. Mais il a mis beaucoup plus de temps pour coloniser l'Europe du Nord qu'il n'a atteint qu'il y a 3 500 ans. Quant à l'épicéa, il a mis plus de 6 000 ans pour atteindre les Alpes françaises et le Jura depuis ses refuges orientaux, et n'a colonisé le Massif central qu'au ^{XIX}^e siècle grâce aux reboisements !

Quels enseignements tirer de ces changements climatiques du point de vue de la biodiversité des régions tempérées ?

Tout d'abord, la flore et la faune de l'hémisphère Nord restent marquées par cette histoire climatique récente. Les pulsations des calottes glaciaires ont entraîné la disparition de la plupart des espèces de l'Europe du Nord, suivies par des périodes de recolonisation. Il est évident que cet effet d'« essuie-glace » qui s'est répété fréquemment depuis 2 millions d'années a eu des conséquences sur la diversité des espèces héritée du passé. Ainsi, certains scientifiques expliquent la disparition de la mégafaune européenne (mammouth, rhinocéros laineux, etc.) et nord-américaine (plusieurs dizaines de grands mammifères disparus entre -12000 et -10000) par ces épisodes répétés de glaciation. Il est vrai que d'autres trouvent une bonne occasion d'incriminer l'homme et la chasse, sans apporter pour autant des arguments décisifs en faveur de cette hypothèse.

La recolonisation a quant à elle souvent été le fait du hasard et de l'opportunité. Un bon exemple est celui de la faune de poissons : le Léman, qui était sous les glaces il y a 15 000 ans, est un lac « jeune » dont la faune est de recolonisation récente. Comme les poissons ne volent pas, à la différence des insectes, elle n'a pu se faire qu'à partir des connexions physiques établies entre les bassins hydrographiques et la zone refuge des poissons en période glaciaire, le Danube principalement. Hasard, opportunité des connexions, on voit que la recolonisation n'a pas été chose facile. Ainsi, on observe un appauvrissement marqué des peuplements en poissons de l'est vers l'ouest. Au point que, l'Irlande ayant été isolée très tôt par la remontée du niveau de la mer, c'est l'homme qui a réintroduit les espèces de poissons d'eau douce dans l'île. D'ailleurs, il apparaît que l'homme a joué un rôle non négligeable dans la réintroduction d'espèces dans les plans d'eau européens. Des espèces qui, à l'instar des poissons des rivières irlandaises, sont actuellement considérées comme autochtones et faisant partie de notre patrimoine !

Dans ce contexte de destructions répétées de la biodiversité liées aux périodes glaciaires, on comprend que celle-ci soit beaucoup plus pauvre dans l'hémisphère Nord que dans les milieux tropicaux. Ces derniers ont eux aussi connu des changements climatiques, mais pas des situations aussi extrêmes que les glaciations. On comprend également que la diversité biologique de l'hémisphère Nord soit constituée pour l'essentiel d'espèces à large répartition géographique, avec très peu d'endémisme. Ce « patrimoine » dont on parle parfois est comparable à celui que l'on trouve dans les greniers familiaux où les objets se sont accumulés au fil du temps, au hasard des événements ayant poussé à leur achat, à leur disgrâce et à leur conservation. Rien de comparable en cela à des situations observées dans des zones tropicales où les endémiques sont beaucoup plus nombreux. Un patrimoine certes, mais surtout une brocante qui n'est qu'en partie redevable aux forces de la nature, car l'homme depuis longtemps a contribué à le modeler, soit en transférant des espèces d'un point à un autre, soit en introduisant des espèces nouvelles. Nous en reparlerons dans un prochain chapitre.

Quand la truffe a recolonisé la France

Parmi la vingtaine d'espèces de truffes présentes en France, la truffe noire du Périgord est la plus réputée. Elle a une forte valeur économique (3 000 à 4 000 euros/kg) en raison de ses qualités gustatives variant néanmoins selon la région où elle est récoltée. Des chercheurs de l'Inra ont étudié la génétique de différentes populations de truffes et ont identifié une dizaine de génotypes, dont les deux génotypes dominants n'ont pas la même distribution géographique. Cette différence s'expliquerait par la recolonisation postglaciaire : la truffe noire a gagné la Provence depuis les refuges du nord de l'Italie où elle a subsisté durant la dernière glaciation. Elle aurait suivi deux voies de migrations : une population aurait colonisé la vallée du Rhône jusqu'à la Lorraine, une autre aurait gagné le Périgord et les régions atlantiques via le Languedoc. Ces voies de migration recourent celles connues pour les chênes, suggérant que la truffe a accompagné son hôte favori lors de la recolonisation postglaciaire. Les variations des qualités gustatives sont-elles liées à la génétique ou à la nature des sols où se développe le champignon ? L'enquête se poursuit...

Des forêts tropicales encore bien jeunes

Évoquer la forêt primaire peut laisser penser qu'il s'agit d'écosystèmes existant depuis la nuit des temps. On s'imagine même qu'ils auraient toujours existé : la nature inviolée ! Pourtant, ces forêts tropicales humides ont connu elles aussi bien des vicissitudes, avec des périodes d'expansion et de recul en lien avec des changements climatiques importants. En effet, au cours du dernier maximum glaciaire, les conditions climatiques étaient également plus rigoureuses en zone tropicale. Ces dernières se sont alors fragmentées et ont considérablement régressé, laissant la place aux savanes. La dernière phase d'extension forestière a débuté il y a environ 10 000 ans : les forêts humides africaines se sont reconstituées entre -10 000 et -8 000, et nombre d'évènements ont eu lieu depuis cette époque. Toujours est-il que depuis environ un millénaire, la tendance générale est à une extension de la forêt en Afrique centrale, avec des vitesses de progression de quelques dizaines de mètres par siècle lorsque les activités humaines ne viennent pas contrecarrer les dynamiques naturelles. Cette reprise forestière serait consécutive à un retour à des conditions climatiques plus humides.

L'Amazonie ce poumon de la planète ?

Parmi les inepties colportées par des ONG de protection de la nature, mais aussi malheureusement par des scientifiques, l'Amazonie « poumon vert de la Terre » figure en très bonne place. Si l'intérêt pour cet énorme massif forestier est indéniable sur le plan de la biodiversité, il n'est pas pour autant très judicieux d'utiliser de tels arguments pour défendre la cause de sa conservation.

Une forêt tropicale humide, avec des sous-bois et de nombreux débris en décomposition, consomme à peu près autant d'oxygène qu'elle n'en produit par la photosynthèse. Ces faits ont été bien établis par les scientifiques, mais certains « écologistes » continuent pourtant à véhiculer ce mythe comme on peut en faire le constat en surfant sur le web.

En Amérique du Sud, la forêt amazonienne s'est réinstallée il y a 10 000 à 12 000 ans en quelques points : sud-est de l'Amazonie et centre du Brésil, mais pas en Guyane. Entre

– 7000 et – 4000, elle a cependant reculé au profit de formations herbacées dans le nord et le sud-est de l'Amazonie, de même que dans le centre du Brésil. Mais depuis 4 000 ans, on assiste à une reconquête forestière, reconquête qui a atteint son point culminant il y a 1 000 ans sur la côte atlantique du Brésil. Autrement dit, la forêt amazonienne, ce soit-disant poumon de la terre, est relativement jeune ! La forêt guyanaise a subi également de nombreuses fluctuations au cours des 10 000 dernières années : elle n'aurait acquis ses caractéristiques actuelles qu'il y a seulement quelques centaines d'années. On y trouve d'ailleurs actuellement de nombreuses traces d'occupation humaine.

Ces observations nous montrent que les forêts tropicales humides telles que nous les connaissons sont relativement « récentes ». Leur grande richesse en espèces n'est donc pas nécessairement liée à leur ancienneté. Alors pourquoi sont-elles si riches si leur extension est récente ?

La théorie des zones refuges explique que durant les périodes moins clémentes, la forêt était réduite à des îlots ; c'est là que les espèces auraient pu subsister avant de recoloniser les continents en période de climat plus favorable. Mais une autre théorie écologique nous dit également qu'il existe une relation entre la diversité des espèces et la surface de l'écosystème considéré. Autrement dit, ces zones refuges devaient être beaucoup plus pauvres en espèces que la forêt actuelle qui s'étend sur de très grandes surfaces. Alors comment expliquer la grande richesse en espèces des forêts actuelles ? La théorie des îles prise en défaut ? Ou des vitesses de spéciation beaucoup plus rapides qu'on ne l'admet jusqu'ici ?

L'empreinte de l'homme sur les écosystèmes

La biodiversité telle que nous la connaissons n'est pas qu'un simple héritage de l'évolution, elle est aussi le produit d'interactions avec les sociétés humaines. Depuis qu'il maîtrise le feu, l'homme agit en effet sur la biodiversité. Il agit aujourd'hui à tous les niveaux : celui des gènes (voir les OGM par exemple), celui des espèces et celui des écosystèmes. Examinons plus particulièrement l'impact sur les écosystèmes à partir de quelques exemples sélectionnés.

Les forêts méditerranéennes : les filles du feu

La forêt méditerranéenne a un petit air exotique. Ses pins parasols, ses chênes lièges, ses mimosas, ses cigales, son odeur poivrée après la pluie... Qui pourrait penser en contemplant les rares paysages encore préservés du béton que cette forêt est le fruit de nombreuses perturbations et d'utilisations multiples depuis le Néolithique. La végétation primitive a presque partout été détruite par le feu, outil privilégié de l'éleveur-cultivateur néolithique pour dégager des surfaces à usage agricole. La végétation était alors constituée de chênes verts et de chênes caducifoliés. Leur substitution par la pinède à pins d'Alep (une espèce dite « pyrophile », dont la dissémination est favorisée par le feu) se situe entre – 6000 et – 4500. Puis l'utilisation répétée du feu a conduit à l'apparition d'une formation buissonnante composée de ciste, de romarin, de lavande, de bruyère. Dès le troisième millénaire avant notre ère, la mise en culture par défrichage et l'utilisation du bois, pour les usages domestiques ou pour la construction, ont été à l'origine d'une déforestation des pourtours de la Méditerranée.

Dans les sociétés rurales traditionnelles jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, les forêts méditerranéennes étaient exploitées et fournissaient des matières premières essentielles pour l'économie locale. Les usages de la forêt méditerranéenne étaient nombreux et variés, et ils étaient surtout profondément intégrés à l'ensemble des activités productrices, sociales et culturelles des communautés locales. Ainsi, la forêt offrait des ressources végétales qui pouvaient être pâturées par les animaux domestiques lors des périodes de pénurie alimentaire : herbes, feuilles des arbres, fruits. Il faut savoir que les incendies qui défrayaient régulièrement la chronique étaient alors perçus comme la seule technique économiquement viable de débroussaillage et de rajeunissement de la végétation en vue d'assurer une production pastorale à partir de la strate herbacée.

D'autres produits étaient également issus de la forêt méditerranéenne. La structure actuelle en taillis de chênes verts trouve son origine dans sa fonction essentielle d'alors – aujourd'hui à peu près disparue –, la production de charbon de bois. Les cueillettes en tous genres étaient également nombreuses : asperges, champignons (truffes), plantes aromatiques, etc. La chasse constituait également une activité productrice, mais aussi très symbolique. Dans certaines régions, la trufficulture représente toujours une véritable production de l'espace rural. Si l'exploitation du liège maintient encore une petite activité, l'écorce à tanin du chêne vert n'est plus utilisée et le recueil de la résine des pins maritimes (*Pinus pinaster*) et des pins d'Alep a presque entièrement disparu. La production de châtaigne quant à elle, qui a joué autrefois un rôle économique très important, conserve une fonction sociale significative.

Depuis la fin du XIX^e siècle jusqu'à nos jours, l'exode rural s'est traduit par l'abandon de vastes régions autrefois dévolues au pastoralisme, et par une modification progressive des paysages forestiers liée à la régénération naturelle. Les espèces expansionnistes comme le pin d'Alep et le pin sylvestre sont passées respectivement de 35 000 et 30 000 ha à 161 000 et 230 000 ha entre 1878 et 1989 sur l'ensemble de la Provence. Cette expansion des conifères s'est accompagnée de celle de nombreuses espèces arbustives très combustibles et à croissance rapide – recolonisant ainsi rapidement les zones brûlées – comme les cistes, les genêts, les ajoncs, les romarins, les myrtes. Avec toutes ces modifications, les risques d'incendies se sont accrus.

Le paysage végétal méditerranéen actuel est ainsi en grande partie hérité d'un passé fortement marqué par l'utilisation que l'homme en a fait. Il est pour l'essentiel constitué d'ensembles végétaux qui ont résisté au feu ou qui ont profité du feu. En effet, toutes les espèces végétales ne répondent pas de la même manière au feu et on distingue en particulier :

- les espèces dont la quantité diminue après le passage du feu, comme les herbacées vivaces et les ligneux bas. Elles ont une mauvaise régénération de souche et/ou une faible capacité de reproduction par semences ;
- les espèces qui résistent au feu. C'est le cas des végétaux arbustifs et ligneux comme les taillis de chênes verts, les maquis à bruyères, etc., dont l'appareil végétatif souterrain survit à la destruction des parties aériennes et rejettent des souches après les incendies. L'écorce du chêne liège résiste à la combustion et protège les tissus vivants sous-jacents. De nombreuses espèces méditerranéennes (lis, iris, amaryllis, etc.) ont des bulbes, des rhizomes ou des tubercules enfouis dans le sol, à l'abri des incendies, ce qui assure leur pérennité ;
- les espèces pour lesquelles le feu est plus ou moins nécessaire à la survie de l'espèce (les « filles du feu »). Les flammes font éclater les fruits, libérant les graines : lors d'un incendie, les cônes du pin d'Alep s'ouvrent et permettent l'essaimage des pignons. Ainsi, le pin d'Alep émet une grande quantité de semences fertiles dans les semaines qui suivent un incendie.

Après le passage du feu, des milliers de petits plants nouveaux de cistes et de genêts apparaissent également ;

– les végétaux qui, en raison de leur faible capacité de compétition interspécifique, profitent du passage du feu et s'installent dans les zones incendiées où la pression de compétition est moindre. Ces espèces investissent beaucoup dans la reproduction sexuée par graines. Il s'agit de végétaux héliophiles recherchant un éclaircissement maximum comme les pins et divers arbustes tels les cistes.

Aujourd'hui, les forêts méditerranéennes ne sont plus des espaces de production pour les hommes, et les liens symboliques se sont affaiblis. Mais de nouveaux usages sont apparus, liés le plus souvent aux loisirs des urbains. Chasse et cueillette sont de plus en plus pratiquées comme des loisirs, alors que se développe le tourisme vert : randonnées, promenades à pied, à cheval, en vélo, observation de la nature. Par ailleurs, la fonction paysagère de ces espaces est de plus en plus explicite. À l'image de la forêt productive se substitue celle du « paysage cadre de vie » qui, pour plaire au touriste, doit être pittoresque et harmonieux. Un paysage de nature perçu comme un antidote à la ville.

Les îles et l'effet Frankenstein

Sur le plan de l'évolution et de la diversification des espèces, les îles se comportent comme des modèles réduits de continents. Les populations des espèces isolées sur les îles évoluent en vase clos, indépendamment des populations d'origine. Avec le temps, ces populations vont se différencier et donner naissance à des espèces endémiques. C'est une des raisons pour lesquelles les îles ont passionné les naturalistes. Pensons aux fabuleuses îles des Galapagos ! Mais c'est aussi la raison pour laquelle les îles sont des systèmes écologiques particulièrement sensibles et modifiés par l'action de l'homme. C'est probablement sur les îles que l'on peut trouver le plus grand nombre d'espèces éteintes, dont des espèces emblématiques comme le dodo de l'île Maurice.

Les espèces qui ont évolué en l'absence de grands prédateurs sur les îles ont développé des caractéristiques biologiques ou comportementales qui les rendent particulièrement vulnérables en présence d'un prédateur, comme des oiseaux ayant perdu l'aptitude au vol et devenus coureurs. Un exemple bien connu est celui des îles néo-zélandaises isolées depuis 65 millions d'années ; en l'absence de mammifères, il existait une faune endémique exceptionnellement élevée dominée par les oiseaux et les reptiles. Les Maori ont introduit le chien et les rats polynésiens il y a 700 ans. Les Européens ne sont pas restés en reste il y a 200 ans, en amenant le chat, le lapin, le rat noir, le moineau domestique, et bien d'autres espèces... La faune locale, sans défense vis-à-vis de ces intrus, n'a guère résisté longtemps...

On a parlé à ce propos d'« effet Frankenstein » : des proies innocentes mises en présence d'un prédateur inconnu sont sans défense et deviennent des proies faciles pour ce prédateur. Une telle situation a notamment été évoquée pour les petits poissons endémiques du lac Victoria confrontés à l'introduction de ce redoutable prédateur (ce monstre a-t-on pu dire) qu'est la perche du Nil. Il ne fait aucun doute que ces paisibles poissons ont été surpris. De là à dire que l'introduction de la perche du Nil est la cause de la disparition ou de la raréfaction de ces poissons, il n'y avait qu'un pas. Qu'on n'a pas manqué de faire, évidemment, c'est si simple... En oubliant qu'une des causes majeures de la dégradation écologique du lac Victoria est l'eutrophisation des eaux !

Des systèmes marins à bout de souffle

La pêche vise essentiellement des espèces d'intérêt commercial, que ce soient des poissons, des crustacés ou des mollusques. Mais les effets induits des activités de pêche sur les écosystèmes marins sont loin d'être négligeables.

Tout d'abord les chaluts et les dragues détruisent les fonds marins : le passage répété de ces engins exerce une perturbation mécanique sur l'habitat en tuant ou en blessant beaucoup d'espèces vivant sur le fond. Sans compter que beaucoup d'engins de pêche ne sont pas sélectifs. Ils capturent non seulement les espèces de poissons de taille commercialisable, mais également leurs juvéniles, ainsi d'ailleurs que des espèces non recherchées, ensuite rejetées par-dessus bord ou transformées en farine de poisson. Selon la FAO, 20 millions de tonnes de poissons sont détruites inutilement chaque année.

Le problème dit « des prises accessoires » a mobilisé l'attention du public. Les mouvements écologistes se sont émus de la vulnérabilité de certaines espèces « sensibles » (oiseaux marins, tortues, mammifères) aux techniques de pêche industrielle telles que les sennes, les grands filets maillants et les chaluts. Sous la pression des mouvements écologistes, les engins et méthodes de pêche ont évolué. Dans la pêche thonière du Pacifique par exemple, des modifications dans le gréement et la manœuvre des sennes ont fait chuter la prise accidentelle des dauphins de 800 000 environ en 1981 à 25 000 en 1990.

Les tortues marines sont principalement réparties dans la ceinture intertropicale. Parmi les sept espèces connues, trois sont en danger critique d'extinction, et les autres seraient menacées. Mais on manque d'estimations fiables. L'une des causes principales de mortalité est la prise accidentelle dans les engins de pêche, notamment les chaluts crevettiers, mais aussi les palangres pélagiques utilisées pour le thon et l'espadon, et les filets maillants. L'autre cause, non négligeable, reste bien entendu le braconnage...

Une autre conséquence majeure des pêches est de modifier les chaînes trophiques de l'écosystème marin. La pêche industrielle intensive affecte en effet l'abondance, la structure démographique et la composition en espèces des stocks de poissons. Les plus appréciés des consommateurs, et donc les plus exploités, sont les poissons prédateurs à longue durée de vie. En 15 ans, les océans ont ainsi perdu environ 80 % de leurs grands poissons prédateurs (morues, églefins, raies, thons, espadons, etc.). Plusieurs espèces de requins sont d'ores et déjà menacées d'extinction avec des effectifs ayant diminué de 75 % dans la même période.

La diminution des prédateurs a eu des effets en cascade. Dans un premier temps, elle a favorisé le développement des petites espèces à cycles courts comme les anchois, les sardines, les harengs. Le volume des captures a pu se maintenir à un niveau élevé pendant quelques années grâce au prélèvement de ces petits poissons pélagiques dont les stocks sont pleinement exploités aujourd'hui, certains étant même surexploités.

Dans un second temps, la diminution massive des espèces prédatrices à longue durée de vie a profondément modifié les chaînes trophiques, en laissant la possibilité à d'autres espèces de proliférer. Car la place laissée vacante par les grands prédateurs est occupée rapidement par des espèces de bas niveau trophique comme les macro-algues, les calmars, les méduses, les oursins, etc., qui ne sont pas particulièrement recherchées. Ainsi, la surexploitation des dorades et des mérus sur la côte ouest-africaine a été une aubaine pour les poulpes à durée de vie courte qui ont proliféré du fait de la disparition de leurs prédateurs.

Les milieux marins sont maintenant intensivement exploités et la composition des communautés animales et végétales a été profondément modifiée. De quoi étaient-elles constituées avant le développement de la pêche ? Nous avons peu de références sur les états anciens. On estime cependant que la biomasse des poissons vivant sur les fonds de l'Atlantique Nord avant la première moitié du xx^e siècle, tels que la morue et l'églefin, était dix fois plus importante que celle observée depuis. Sans doute ces populations étaient-elles constituées d'individus plus grands et plus âgés à croissance lente. On a également des preuves que les stocks d'espèces pélagiques (hareng, maquereau) étaient moins abondants, et qu'il y avait des biomasses négligeables d'invertébrés prédateurs comme les méduses alors que ceux-ci abondent maintenant dans les systèmes marins. Probablement la conséquence du déclin des stocks de poissons de fond.

Un impact de la pêche, indirect lui aussi, concerne les populations d'oiseaux marins. Dans plusieurs régions du monde, celles-ci ont considérablement progressé du fait de l'accroissement des rejets par la pêche chalutière. Ces mêmes populations d'oiseaux souffrent à l'heure actuelle de la crise de la pêche.

Les passeurs de frontières

Les espèces voyagent, plus ou moins vite et plus ou moins loin. Certaines ont les moyens de se déplacer grâce à leurs ailes, leurs pattes, ou leurs nageoires... Il y a des exemples récents et documentés, comme celui du garde-bœufs (voir encadré), de migrations d'espèces suivies de naturalisation qui montrent que ces phénomènes sont possibles. D'autres se laissent transporter. Accrochées aux plumes ou aux poils, ou tout simplement dans l'intestin d'autres espèces.

Les échanges entre continents paraissent difficiles pour beaucoup d'espèces, notamment les espèces terrestres. Mais ils ont probablement existé de manière fortuite et épisodique. On oublie souvent par ailleurs que le vent est un agent de transport important. On a ainsi observé des pollens de noisetier, d'aulne et d'armoise transportés sur plus de 5 000 km depuis la Tunisie jusqu'au cercle polaire ; le plancton aérien est formé d'animaux ou de pollens de végétaux qui sont entraînés parfois très loin par des courants aériens ; on a même pu observer des sauterelles africaines sur la côte d'Amérique du Sud, qui avaient traversé l'Atlantique grâce au *jet stream*. Quant à la noix de coco, elle se laisse transporter par les courants marins. Les naturalistes ont aussi invoqué l'existence de radeaux naturels pour expliquer que des primates et des rongeurs africains aient pu coloniser l'Amérique du Sud il y a environ 40 millions d'années.

Bref, le monde n'est pas statique, et les modes de propagation sont divers. La vie a su développer de très nombreuses stratégies pour perdurer et coloniser d'autres espaces. C'est grâce à cela que, par exemple, les espèces ont pu recoloniser les zones libérées par les glaces lors des périodes de réchauffement climatique.

Depuis longtemps, l'homme a également « aidé » la nature, au sens où il a aidé certaines espèces à franchir des barrières quasi infranchissables pour elles : chaînes montagneuses, bras de mer entre des îles, isthmes séparant des océans, océans séparant des continents, etc. Il s'agit alors d'espèces introduites – par opposition aux déplacements indépendants de l'action de l'homme –, dites « exotiques », « exogènes » ou « allochtones ». Toutes les espèces introduites ne réussissent toutefois pas à s'acclimater, c'est-à-dire à se reproduire sur place, et beaucoup disparaissent ; il y a naturalisation lorsque l'espèce vit et se reproduit là où elle a été introduite.

Ces espèces introduites ont été déplacées intentionnellement, accidentellement, par négligence le plus souvent. C'est le cas pour beaucoup d'espèces maintenues en captivité pour des raisons agricole, piscicole, horticole ou pour les zoos et la recherche scientifique. Elles finissent presque toujours par s'échapper un jour ou l'autre.

Se déplacer... à petits pas

Depuis le berceau africain, l'espèce humaine s'est répandue dans les diverses régions du monde et s'y est installée. Elle présente toutes les caractéristiques d'une espèce envahissante : naturalisation sous différents climats, élimination d'autres espèces, modification du fonctionnement des écosystèmes... Les migrations humaines, dont on sait qu'elles ont été nombreuses depuis plusieurs dizaines de milliers d'années, ont également entamé un processus de transfert d'espèces à l'intérieur des continents, et entre les continents : les migrants emportaient en effet avec eux les espèces animales et végétales qu'ils avaient domestiquées.

L'homme a d'abord vécu, pendant des millions d'années, de la cueillette et de la chasse, se contentant de prélever les ressources disponibles dans le milieu naturel en fonction de ses besoins. Avec la naissance de l'agriculture, que certains situent il y a 8 ou 9 000 ans au Proche-Orient et qui s'est par la suite étendue au Bassin méditerranéen et à l'Europe du Nord, l'homme a commencé à domestiquer des espèces végétales et animales. La plupart des espèces cultivées constituant le complexe vivrier du Proche-Orient furent ainsi progressivement transférées, et probablement enrichies en chemin, vers l'Europe. Celui-ci contenait en particulier des plantes comme l'orge, les lentilles, les pois et pois chiches, ainsi que des espèces animales comme le chien qui fut sans doute la première espèce domestiquée, mais également le mouton, la chèvre, le porc et le bœuf. Le complexe vivrier domestiqué fut longtemps exploité simultanément avec la chasse et la cueillette : on a ainsi montré qu'à l'âge du fer, une centaine d'espèces végétales étaient consommées.

L'homme néolithique n'a pas seulement transporté ses espèces domestiques en se déplaçant, il a également introduit un certain nombre d'espèces sauvages. Volontairement ou non ? La question reste posée. Mais la faune endémique des îles méditerranéennes a disparu en quelques milliers d'années, remplacée par une faune exclusivement moderne lorsque les hommes les ont colonisées. Parallèlement aux animaux, l'homme a également introduit des plantes : beaucoup de plantes associées ou inféodées aux cultures (les plantes messicoles) et communes dans nos champs sont en réalité originaires du Moyen-Orient.

Les grandes poches des naturalistes voyageurs

La conquête de la Gaule et l'agriculture gallo-romaine ont permis d'étendre les cultures méditerranéennes loin vers le nord, mais le complexe vivrier ne se trouva pas profondément modifié. Les croisades aux XII^e et XIII^e siècles contribuèrent néanmoins à transférer vers l'occident le riz et le sarrasin, ainsi que plusieurs plantes aromatiques.

Les XVI^e et XVII^e siècles avaient été une époque de famines et de disettes en Europe. Les grandes explorations et la découverte de nouveaux continents s'accompagnèrent d'une prospection systématique de la flore et de la faune en vue d'identifier des espèces pouvant être utiles. Les voyageurs naturalistes accompagnant les grandes explorations aux XVI^e et XVII^e siècles avaient pour mission de rapporter des plantes médicinales ou d'ornement, ou des espèces susceptibles d'améliorer l'agriculture et l'élevage. Les Jardins du Roi, puis les jardins d'acclimatation (et la Société d'acclimatation), les zoos, les jardins botaniques

avaient pour vocation de recevoir, de conserver et d'acclimater ces espèces. Les scientifiques en charge de ces introductions d'espèces ne se posaient pas de questions quant à leurs pratiques : ils contribuaient au développement de la richesse nationale en diversifiant les produits utiles à la société et avaient le sentiment de participer ainsi à une grande cause humanitaire. En outre, la maîtrise de la nature était l'une des grandes ambitions intellectuelles de cette époque.

Quand l'homme ouvre les portes

L'homme peut également ouvrir des portes fermées depuis longtemps et créer ainsi les conditions pour que des faunes isolées jusque-là se mélangent. Par exemple, l'ouverture du canal de Suez en 1869 a été à l'origine d'un important mouvement d'échanges entre la mer Rouge et la Méditerranée qui constituaient deux provinces biogéographiques séparées depuis près de 20 millions d'années. Depuis, les échanges entre ces deux mers ont encore été facilités par l'approfondissement du canal de Suez, et la forte réduction des apports en eau douce par le Nil résultant de la fermeture du barrage d'Assouan. Près de 300 espèces de la mer Rouge et de l'océan Indien ont ainsi pénétré en Méditerranée orientale et s'y sont installées. On estime par ailleurs que 60 % de ces espèces ont été introduites depuis 1970. Ceci constitue l'invasion biologique la plus spectaculaire en milieu marin dans le contexte biogéographique actuel. Ce flux a été presque exclusivement unidirectionnel, très peu d'espèces ayant migré de Méditerranée vers la mer Rouge. Les « migrants lessepsiens » représentent maintenant environ 4 % de la diversité spécifique de la Méditerranée, et 10 % de la diversité sur la côte levantine de la Méditerranée. La plupart des espèces colonisatrices sont des algues, des mollusques, des crustacés et des poissons.

Plantes ornementales et aquariophilie : un flux ininterrompu

Les transferts de plantes ornementales d'un continent à l'autre ont été et continuent d'être une activité florissante. Citons *Myconia calvesens*, l'un des cas les plus catastrophiques d'invasions d'une plante dans des écosystèmes insulaires. Cet arbre peut atteindre 15 m de hauteur et vit dans les forêts humides tropicales d'Amérique centrale où il colonise les petits espaces libres. Introduit comme plante ornementale en 1937 à Tahiti en raison de ses superbes feuilles vert foncé au dos pourpre, il s'est répandu en moins de 50 ans sur toute l'île, supplantant les forêts indigènes et formant des peuplements monotypiques denses. On le trouve actuellement sur 70 % de l'île, proliférant entre 10 et 1 300 m dans des habitats variés. La croissance végétative rapide (jusqu'à 1,5 m par an), la maturité précoce (4 à 5 ans), l'autopollinisation, la profusion de fruits et de graines, la dispersion active des bulbes charnus par les oiseaux frugivores introduits eux aussi, font que l'espèce est un concurrent particulièrement agressif pour les espèces insulaires indigènes. Sur le terrain, cet arbre modifie la structure et la composition de la végétation, ainsi que l'éclaircissement, le régime de l'eau, le cycle des éléments nutritifs du sol, etc. *Myconia* s'est répandue dans les îles voisines de Tahiti où des campagnes d'information et des efforts de lutte intensive ont contribué à donner un coup d'arrêt à son expansion. Le processus de dispersion se poursuit néanmoins sur d'autres îles où les graines de *Myconia* sont introduites « accidentellement » dans le substrat des plantes en pot provenant de Tahiti.

L'aquariophilie est également une activité qui est à l'origine de nombreuses introductions volontaires ou accidentelles. Il n'est pas rare de signaler des poissons exotiques dans les rivières européennes, qui ont été relâchés par des aquariophiles qui cherchaient à s'en débarrasser. La tortue de Floride et certains animaux vendus dans les jardinerias, comme

l'écureuil de Corée ou les perruches, se sont naturalisés dans les forêts bordant les grandes villes européennes et font maintenant partie de notre quotidien.

On ne peut passer complètement sous silence l'une des invasions biologiques les plus médiatisées en France : l'expansion de l'algue d'origine tropicale *Caulerpa taxifolia* le long du littoral méditerranéen. Introduite accidentellement au large de Monaco, cette algue du Pacifique s'est rapidement adaptée à son nouvel habitat. Elle s'y est même développée à une vitesse inconnue dans son milieu d'origine et a essaimé sur les côtes italiennes et françaises.

La jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) est une plante flottante qui se multiplie par voie végétative et se développe très rapidement, formant des tapis flottants très denses. Elle empêche la pénétration de la lumière et contribue à l'asphyxie de la masse d'eau. Sur le plan économique, ces tapis bouchent les canaux, obstruent les canalisations et perturbent le fonctionnement des centrales hydroélectriques. Avec ses jolies fleurs, la jacinthe d'eau a connu un grand succès dès la fin du XIX^e siècle, en tant que plante ornementale. Les jacinthes d'eau originaires d'Amérique du Sud sont maintenant présentes un peu partout dans les régions tropicales, de l'Asie du Sud-Est au continent africain où elles constituent de véritables pestes. Elles sont toujours vendues aujourd'hui dans les jardinerie, en dépit des nuisances bien connues qu'elles provoquent.

De manière plus anecdotique, dans le domaine des loisirs, l'une des causes principales des introductions de poissons d'eau douce a été le développement de la pêche sportive. C'est ainsi que le black bass et la truite arc-en-ciel ont été introduits en Europe. Inversement, une espèce européenne, la truite commune (*Salmo trutta*) a conquis l'ensemble du monde aux XIX^e et XX^e siècles à l'occasion d'introductions visant à permettre aux Européens expatriés de pratiquer loin de chez eux leur sport favori, la pêche à la ligne. Du fait des grandes capacités d'adaptation de l'espèce, une grande partie de ces introductions a parfaitement réussi dans les milieux présentant des conditions écologiques similaires à celles de l'aire d'origine, de telle sorte que la truite se rencontre maintenant sur tous les continents.

La Belgique compte environ 1 350 espèces de plantes à fleurs autochtones, auxquelles s'ajoutent plus de 1 500 espèces apparues au cours des deux derniers siècles avec les activités humaines (plantes ornementales échappées de cultures, graines importées accidentellement, etc.). Quelques-unes comme la renouée du Japon, le séneçon du Cap ou la balsamine de l'Himalaya peuvent proliférer et concurrencer les espèces indigènes dans leurs habitats. On a en outre montré que les plantes invasives colonisaient de préférence les habitats perturbés, souvent sur des sols remaniés par des travaux et temporairement dénudés comme les talus de bords de routes, les friches, les anciennes carrières, etc. La plupart de ces plantes ont un bon pouvoir de dispersion, une bonne capacité de reproduction, une croissance rapide et une tendance à former des tapis entravant le développement des autres espèces.

Les passagers clandestins

C'est probablement le développement du commerce international qui est maintenant à l'origine d'une circulation sans précédent de milliers d'espèces végétales et animales à travers le monde. La libéralisation du commerce a entraîné la multiplication des routes commerciales dans le monde, situation qui accentue les risques d'invasions. Les mesures de contrôle ne parviennent pas à empêcher les organismes de se répandre.

Outre le transport accidentel d'espèces dans des containers, l'une des voies les plus fréquentées est le transport par les ballasts. Au début du XIX^e siècle, le ballast des bateaux était constitué de sable et de pierres, ce qui nécessitait des manipulations importantes. L'utilisation de l'eau comme ballast à partir des années 1880 fut considérée comme plus économique en main-d'œuvre. Mais ce fut aussi le début de la mise en place non intentionnelle d'un vaste réseau d'échanges floristiques et faunistiques entre des aires biogéographiques restées jusque-là isolées. Les cargos transportent ainsi de grandes quantités d'eau marine ou saumâtre qu'ils prélèvent dans un port pour les relarguer dans un autre. En échantillonnant le ballast de 159 cargos en provenance du Japon dans la baie de Coos (Orégon), on a trouvé 367 espèces identifiées appartenant à la plupart des groupes marins. Tous les groupes trophiques étaient représentés. Toutes les espèces ainsi transportées ne se naturaliseront pas mais, en fonction des circonstances, certaines s'installeront dans de nouveaux milieux. Il en résulte que beaucoup de baies, d'estuaires, de lagunes et de lacs sont actuellement le siège d'apports répétés d'espèces dont les facultés d'adaptation, ainsi que le rôle et l'impact écologiques ne sont pas toujours prévisibles. Ce que certains ont appelé la « roulette écologique » est actuellement l'un des modes les plus importants de dispersion transocéanique d'organismes aquatiques.

La moule zébrée, un envahisseur venu de l'Est

La moule zébrée, ou « dreissène » (terme qui recouvre en fait deux espèces, *Dreissena polymorpha* et *D. bugensis*), est un petit mollusque bivalve dont la taille ne dépasse pas 3-4 cm. Originaire de la région de la mer Noire et de la mer Caspienne, elle s'est répandue au XIX^e siècle dans la majeure partie de l'Europe, accrochée à la quille des chalands. Elle s'est propagée ensuite grâce au développement du réseau de canaux fluviaux qui permettent la communication entre bassins hydrographiques jusque-là isolés.

Elle aurait été introduite en Amérique du Nord vers 1985-1986, à partir de larves transportées dans l'eau douce de ballast de navires provenant d'Europe et remontant le Saint-Laurent. En quelques années, elle a envahi les Grands Lacs et de nombreux cours d'eau du Canada et des É-U, dont le Saint-Laurent et le Mississippi.

La capacité de dissémination de la moule zébrée tient en partie à son mode de reproduction. Une femelle est mature au bout d'un an et peut produire un million d'œufs par an, donnant naissance à des larves planctoniques qui peuvent être transportées par les courants très loin de leur lieu de naissance. Celles-ci se transforment ensuite et se fixent sur n'importe quel substrat dur ou sur un autre organisme vivant. Lorsqu'elles se fixent sur des coques de bateaux, elles peuvent également être transportées au stade adulte sur de grandes distances.

La moule zébrée filtre de grandes quantités d'eau pour se nourrir du plancton et des particules en suspension. Elle entre ainsi en compétition trophique avec les espèces indigènes utilisant les mêmes sources de nourriture. L'espèce présente également une grande tolérance thermique qui lui permet de se développer sous des climats contrastés. Espèce invasive par excellence, la dreissène présente des épisodes de pullulation séparés par des phases de récession, ce qui la rend relativement imprévisible.

L'installation de la moule zébrée dans les Grands Lacs a eu des conséquences sur la faune indigène... Mais en Europe comme en Amérique du Nord, elle est surtout considérée comme une nuisance dans la mesure où elle colonise les conduites d'adduction d'eau des stations de traitement d'eau potable et des centrales hydroélectriques. Elle peut avoir également un effet sur la navigation en se développant sur les coques des embarcations. Des sommes importantes sont dépensées chaque année pour s'en débarrasser.

L'exemple des Grands Lacs américains est à ce titre symptomatique. Au cours du siècle dernier, le nombre d'espèces exotiques s'est accru considérablement. On estime que depuis 1970, environ 75 % d'entre elles proviennent de l'eau contenue dans les ballasts des bateaux transocéaniques provenant d'Eurasie. Qui plus est, la majorité de ces espèces est native de la région ponto-caspienne (mers d'Azov, Caspienne, Noire).

C'est pas de chance...

Et puis il y a bien sûr les espèces qui s'échappent accidentellement. Un peu partout dans le monde, on introduit des espèces pour des essais d'aquaculture ou pour des parcs animaliers. Beaucoup de ces introductions en captivité se soldent à terme par la naturalisation des espèces introduites dans le milieu naturel. Ainsi, des inondations catastrophiques ont provoqué en décembre 1999 dans la région bordelaise la destruction de bassins de pisciculture contenant de l'esturgeon sibérien (*Acipenser baeri*). Des milliers d'individus de cette espèce se sont dispersés dans le bassin de la Garonne où son cousin, *Acipenser sturio* est menacé de disparition. Ces deux espèces n'occupent pas les mêmes milieux, mais on peut quand même s'attendre à des croisements.

Au ^{xvii}^e siècle, les bateaux transportant des esclaves de l'Afrique vers les Caraïbes ont amené avec leurs réserves d'eau douce le moustique *Aedes aegypti* vecteur de la fièvre jaune et de la dengue hémorragique. Les esclaves constituaient le réservoir de virus. *A. aegypti* a résisté à de nombreuses campagnes d'éradication et constitue le principal vecteur de la fièvre jaune urbaine. Quant au moustique *A. albopictus*, il a été introduit aux États-unis en 1985 en provenance du Japon, à l'occasion de l'importation de pneus usés destinés à des usines de retraitement de caoutchouc : la larve a pu survivre dans la gaine interne du pneu où il y avait un peu d'eau de pluie. Le moustique, qui s'est ensuite disséminé rapidement, transmet lui aussi également la dengue, et est vecteur d'arbovirus responsables d'encéphalites. *A. albopictus* a été introduit également au Brésil, au Nigeria, en Italie et en Nouvelle-Zélande. Cette espèce continue à coloniser de nouveaux territoires.

La mondialisation : catastrophe écologique ou chance pour la biodiversité ?

Depuis la vague des grandes explorations des ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles, le volume des échanges intercontinentaux d'espèces n'a cessé de s'accroître. Les anciennes barrières naturelles comme les océans ou les chaînes montagneuses étaient autrefois infranchissables. Elles sont maintenant transgressées en permanence par les moyens de transport. L'homme se substitue aux phénomènes naturels pour transférer des espèces d'un continent à l'autre. Résultat : une tendance marquée, à l'échelle mondiale, au mélange et à l'homogénéisation de flores et de faunes jusqu'alors isolées.

Pour certains, nous sommes ainsi confrontés à un processus de mondialisation qui devrait conduire, à terme, à une banalisation des flores et de faunes sur les différents continents. Les espèces envahissantes introduites sont pointées du doigt comme l'un des principaux facteurs responsables de l'érosion de la biodiversité autochtone. À court terme, c'est parfois vrai. Mais cette question, comme d'autres, doit éviter le piège de l'amalgame et de la globalisation. Elle mérite une réflexion qui ne peut se limiter à la simple dénonciation des conséquences médiatisées de quelques introductions. On voit bien que les introductions

d'espèces ne se posent pas de la même manière selon l'histoire des milieux. Ainsi, dans le cas du Léman dont nous avons parlé plus haut, la faune est déjà un assemblage aléatoire et opportuniste. Il est difficile de parler de patrimoine biologique, et des introductions raisonnées pourraient être considérées comme un moyen d'enrichir un écosystème régulièrement dépeuplé par les glaciations. Dans le lac Tanganyika en revanche, vieux de quelque 10 millions d'années d'existence, les peuplements diversifiés, fruits d'une longue co-évolution, sont un véritable patrimoine biologique. Des introductions ne semblent pas s'imposer.

Des situations contrastées

Le Sud-Ouest français compte près de 850 espèces végétales exotiques établies, dont 10 % sont très fréquentes et entre 1 et 5 % se révèlent envahissantes. Dans les milieux ouverts, celles-ci peuvent localement réduire la diversité des communautés autochtones, mais on n'a pas mis en évidence de réduction de la diversité, et encore moins d'éradication d'espèce à l'échelle régionale. Dans le cas de l'Adour, les invasions n'ont pas réduit la diversité végétale du couloir fluvial (près de 2 000 espèces). Dans les milieux naturellement perturbés, le nombre d'espèces d'exotiques est proportionnel à celui des autochtones (25 % en moyenne). Une situation en opposition avec des observations d'une végétation quasiment monospécifique composée d'envahisseurs tels que les jussies ou le séneçon du Cap le long de certains cours d'eau.

Le discours actuel des ONG et de beaucoup de scientifiques sur les introductions d'espèces est le plus souvent alarmiste : les espèces introduites mettraient en péril la biodiversité autochtone... Ainsi, après des siècles d'efforts pour acclimater en Europe et ailleurs des espèces venant d'autres continents, on considère maintenant que les introductions constituent de réels dangers pour la flore et la faune autochtones. Cette volte-face se justifie parfois, mais elle correspond également à une position quelque peu intégriste. Car toutes les espèces introduites ne sont pas dangereuses, bien au contraire. Et si l'on met l'accent sur les conséquences économiques négatives des invasions biologiques, on a tendance à ignorer les avantages que nous avons pu tirer des introductions d'espèces. Nombre d'entre elles utilisées en agriculture se sont ainsi révélées très utiles à l'homme. D'autres, très nombreuses également, n'ont pas d'effet connu, bénéfique ou négatif, vis-à-vis de l'environnement. Cependant, certaines espèces naturalisées ont trouvé des conditions écologiques particulièrement favorables au point de pulluler et d'envahir de nouveaux écosystèmes, naturels ou anthropisés. Ce sont les espèces invasives dont les effets peuvent se faire sentir dans divers domaines : dommages aux cultures, domination d'écosystèmes et élimination d'espèces indigènes, modification des processus écologiques, nuisance, etc. D'après certaines estimations relativement grossières, mais qui ont le mérite de fixer les idées, on peut dire que sur 100 espèces introduites, 10 peuvent s'établir. Parmi celles-ci, une seule proliférera au point de faire des dégâts.

La société entretient par ailleurs une attitude ambiguë par à l'égard des introductions. Le public n'en fait pas une question d'environnement prioritaire, il est au contraire un consommateur avide. Les pouvoirs publics ne se donnent pas réellement les moyens d'appliquer les diverses réglementations existantes : les frontières sont de vraies passoires pour les poissons d'aquarium et les plantes ornementales, pour ne citer que ces deux groupes. D'ailleurs, est-il réellement possible de contrôler les flux migratoires ? Les scientifiques quant à eux campent sur des attitudes souvent partisanes, comme de s'opposer à toute

introduction sous le prétexte de protéger la biodiversité sans se donner les moyens de développer un discours scientifiquement construit prenant en compte les exigences de la conservation, celles du développement, et la réalité du monde. Oubliant que dans le monde réel les introductions d'espèces, qui sont une manipulation à grande échelle de la vie sur la Terre, se poursuivent à une vitesse sans précédent en dépit des nombreux discours alarmistes.

De manière un peu iconoclaste, on pourrait penser que la mondialisation de la diversité biologique est aussi un facteur favorable à la diversification du vivant. Si l'on se réfère à l'histoire de la biodiversité, les échanges de faunes et les processus de colonisation par des espèces exogènes font partie, nous l'avons vu, du processus de l'évolution et de l'histoire de la vie. Les confrontations entre espèces envahissantes et indigènes se sont soldées par des vainqueurs et des vaincus, des espèces qui disparaissent et d'autres qui prolifèrent. Ces épisodes, il est vrai, ont souvent été limités géographiquement et n'ont pas eu l'ampleur des flux actuels. Mais, par ailleurs, les populations introduites vont probablement évoluer de manière indépendante des populations mères. Dans quelques millions d'années – le temps de l'évolution –, nous aurons peut-être une floraison de nouvelles espèces. Seul problème : l'homme ne sera peut-être plus là pour le vérifier !

On ne peut manquer d'évoquer à propos des introductions d'espèces la question de la xénophobie. Une question qui a été soulevée timidement par quelques scientifiques. La peur de l'étranger pourrait en partie expliquer une certaine hostilité par rapport aux introductions.

Le réchauffement du climat : pour quelques degrés de plus ?

Le climat change ? Quelle surprise ! On s'était assez bien habitué à celui-là. Le discours catastrophiste trouve ici un nouveau champ d'expression. Car bien entendu, ce réchauffement climatique est une « catastrophe » pour la biodiversité. Il va entraîner la disparition des milieux, des espèces. Une perte de mémoire sans aucun doute. Comme celles qui surviennent lors des inondations et des incendies de forêts. On avait oublié que ça pouvait exister... On avait oublié que la biodiversité est le fruit du changement. Donc plutôt qu'une catastrophe écologique, c'est plutôt d'une catastrophe économique qu'il faudrait parler. Quelles que soient les causes du réchauffement, il est évident que les hommes ont peur du changement. La stabilité rassure, le changement c'est l'inconnu !

Quoi qu'il en soit, les données climatiques tendent à montrer que nous sommes entrés dans une phase de réchauffement. Mais les facteurs qui gouvernent le climat sont complexes, et nous sommes bien loin d'en avoir compris tous les ressorts. Ce qui est nouveau par rapport aux fluctuations passées du climat, c'est que l'homme est en partie responsable de l'épisode de réchauffement actuel.

Cette situation soulève légitimement quelques inquiétudes. Quelle va être l'ampleur de ce réchauffement ? À quelle vitesse va-t-il se produire ? Quelles en seront les conséquences régionales et locales en matière de température et de pluviométrie ? Autant de questions auxquelles la science a du mal à répondre car les modèles climatiques globaux, encore très imprécis, ne permettent pas de prévoir les conséquences régionales du réchauffement annoncé. Ce que la science nous apprend néanmoins, c'est que le changement du climat à la surface du globe n'est pas homogène. Il pourrait se traduire par un réchauffement de

certaines régions mais aussi par le refroidissement d'autres régions. Elle nous dit également que le réchauffement du climat devrait s'accompagner d'une intensification des phénomènes extrêmes (canicules, tempêtes, inondations, etc.).

La menace est donc latente, et les « mesurette » prises jusqu'ici pour réduire les émissions de gaz à effet de serre restent velléitaires. Pour l'instant, nous subissons donc ce réchauffement, plus ou moins passivement, en espérant peut-être inconsciemment que la situation ne sera pas trop dramatique, ou qu'elle mettra beaucoup de temps à se manifester. Après tout, les scientifiques peuvent se tromper. Un des sports nationaux n'est-il pas de relever les erreurs dans les prévisions de la météo ? Certains s'inquiètent pourtant d'un réchauffement qui pourrait remettre en cause tant nos habitudes que l'activité économique. Avec des questions légitimes : quel avenir pour l'agriculture et l'approvisionnement en eau dans des régions actuellement peu arrosées ? Ou des questions plus égoïstes : que vont devenir les marinas pieds-dans-l'eau si le niveau de la mer monte ?

Un fait : la dernière décennie a connu les épisodes climatiques les plus chauds depuis que nous enregistrons les températures. Ce réchauffement se manifeste déjà sur les écosystèmes européens et sur la biodiversité. Faut-il pour autant parler de catastrophe climatique annoncée, comme on le lit trop souvent ? Que signifie catastrophe dans ce contexte, et qui concernerait-elle ? Qu'y a-t-il derrière cette peur du changement ? La peur d'avoir à changer de mode de vie ? La peur pour l'espèce humaine de ne pouvoir s'adapter ?

Face à cette situation, les discours sur la biodiversité sont parfois surprenants. Ainsi, on pouvait lire il y a quelques années dans une revue de vulgarisation scientifique que la remontée du niveau marin allait être catastrophique pour les écosystèmes côtiers... Quand on sait que depuis 15 000 ans le niveau a remonté de 120 mètres, ce commentaire laisse perplexe. Nous aurions donc vécu il n'y a pas si longtemps une autre période de crise ? De manière un peu ironique, on pourrait dire que nous n'avions pas réalisé l'ampleur de la catastrophe ! Personne, à ma connaissance, ne l'a dénoncée ?

Quant à la revue *Nature*, toujours à la recherche de coups publicitaires, elle a publié le 8 janvier 2004 un article selon lequel 1 million d'espèces animales et végétales pourraient disparaître d'ici l'an 2050 en raison des changements climatiques annoncés. Très fort... quand on sait que l'inventaire reste plus que sommaire et que les modèles ne sont pas en mesure de nous renseigner correctement sur les conséquences régionales. Nous sommes dans la science spectacle, celle de la spéculation intellectuelle habillée des atours de la science. L'objectif est malheureusement simple : se faire connaître et tirer bénéfice d'un discours repris par les médias.

Mais ces démarches peuvent aussi traduire un état d'esprit qui s'apparente à une vision fixiste du monde. La peur du changement, cette crispation autour d'un monde plus ou moins figé, est peut-être l'une des raisons pour lesquelles on craint le changement climatique.

Un peu de sérieux : le changement est le moteur par excellence de la diversification des espèces. Dénoncer le changement comme une menace pour la biodiversité, c'est ignorer les acquis de la recherche dans ce domaine. Alors pourquoi ce changement deviendrait-il dans ces circonstances une catastrophe ? N'est-ce pas projeter sa propre peur d'un avenir incertain sur l'ensemble du monde vivant ? Le changement climatique d'ailleurs n'est pas une menace absolue pour l'homme en tant qu'être biologique. Au cours de son histoire, il a migré des régions tropicales vers le nord, il s'est bien adapté à différents types de climats, des pôles aux tropiques. En Europe, il a vécu il y a quelques 15 000 ans sous des climats polaires. La biodiversité elle aussi s'est adaptée : des espèces ont migré, d'autres ont disparu. Rien que du banal à l'échelle de l'évolution.

Face au changement climatique, les espèces peuvent adopter diverses stratégies. La première est de migrer. La recolonisation de l'Europe du Nord, après les glaciations, par les plantes et les animaux ayant survécu dans le Sud est une illustration de ce comportement. La seconde est de développer des adaptations physiologiques ou comportementales. La troisième est de disparaître, ce qui fut le cas de millions d'espèces. Quelles vont être les stratégies des espèces pour lesquelles nous avons créé des aires protégées ?

Le groupe international d'experts sur l'évolution du climat a établi divers scénarios pour le siècle à venir. Un scénario optimiste faisant l'hypothèse d'une réduction efficace des émissions de gaz à effet de serre prévoit une augmentation de la température moyenne en France métropolitaine de 3 °C d'ici 2100. Pour situer les idées, l'été 2003 serait la référence de l'été moyen de la fin du siècle. Un scénario moins optimiste, probablement plus réaliste, prévoit quant à lui une augmentation de la température moyenne de 5 °C d'ici 2100. Dans ces conditions, l'été 2003 correspondrait à une année relativement fraîche à la fin du siècle ! Les deux scénarios prévoient une augmentation de la température moyenne du globe supérieure à tout ce que la planète a connu au cours des 400 000 dernières années.

Sur la base du scénario optimiste, des chercheurs ont essayé de modéliser la manière dont se répartiraient d'ici à la fin du siècle les principales espèces d'arbres en métropole. On doit s'attendre à un profond bouleversement : le chêne vert, confiné actuellement au littoral méditerranéen et à la façade atlantique, verrait son aire potentielle de répartition s'étendre au sud de la Bourgogne et de la Bretagne. Inversement, le hêtre présent sur une grande partie du territoire se replierait dans l'Est de la France et dans les zones de montagnes. Quant au sapin, il se cantonnerait en 2100 aux altitudes les plus élevées.

Selon certaines estimations, au cours du siècle dernier, l'aire de distribution de 1700 espèces animales et végétales s'est déplacée vers le nord à la vitesse moyenne de 6 km par décennie. Mais toutes ne se déplacent pas à la même vitesse. On a d'autre part calculé qu'en France, pour un réchauffement moyen de 1 °C, les espèces auront à parcourir 180 km vers le nord et 150 m en altitude.

Quant aux maladies des hommes et des autres espèces familières, elles ont de beaux jours devant elles. Le virus de la fièvre du Nil, issu de l'Ouganda, a gagné le sud de la France avec la migration des oiseaux ; il est responsable de la mort d'une vingtaine de chevaux en 2000. La leishmaniose, pathologie fréquente chez le chien et transmissible à l'homme, se propage via un moucheron originaire du Maghreb. La forêt elle-même n'est pas à l'abri : les processionnaires du pin, ces chenilles qui mangent les feuilles, ont entamé leur migration vers le nord pour survivre au réchauffement climatique...

La diversité biologique, on l'aura compris, est le produit du changement. Elle a une histoire et un futur. Son histoire nous permet d'apporter un éclairage à la question : pourquoi et comment est apparue la diversité des espèces ? Le hasard y a joué un rôle majeur. Et contrairement à certaines idées reçues, il n'y a pas de déterminisme dans l'évolution. L'homme n'est pas au sommet de la pyramide ! En revanche, il a interféré au même titre que d'autres espèces, ou que d'autres facteurs écologiques, avec la dynamique de la biodiversité. La nature « sauvage » relève plus du mythe que de la réalité.

Le futur est incertain lui aussi. Les fluctuations du climat – que la cause en soit naturelle ou anthropique – vont sans aucun doute modifier de nouveau la distribution géographique des espèces. Certaines vont disparaître, d'autres vont étendre leur aire de distribution. Quoiqu'il en soit, notre environnement va changer et nous devons nous y préparer. Nous n'avons pas les moyens matériels, ni la légitimité, pour figer la diversité biologique dans l'état qui nous convient. En revanche, nous avons encore la possibilité de préserver les conditions

d'existence de nombreuses espèces. Un choix de société qui nécessite d'assumer le fait que les principaux facteurs d'érosion de la biodiversité sont d'ordre économique : extrême pauvreté d'une partie de l'humanité, économie prédatrice menant à la surexploitation des ressources vivantes, course au profit et corruption.



Mettre un peu d'ordre dans la nature

La nature, pour accomplir un acte, prend toujours le chemin le plus court.

LÉONARD DE VINCI

*Le melon a été divisé en tranches par la nature, afin d'être mangé en famille ;
la citrouille, étant plus grosse, peut être mangée avec les voisins.*

BERNARDIN DE SAINT-PIERRE

Newton nous a légué l'idée que les lois de la physique sont permanentes et universelles. À une cause correspond un effet, et un seul. Ce qui est vrai pour la physique l'est-il aussi pour le monde vivant ? On l'a cru longtemps. On a essayé et on essaie toujours d'appliquer les principes de la thermodynamique à l'écologie. Pourtant, le monde vivant n'est pas comparable à celui de la physique. Les expériences en physique sont reproductibles : on peut les renouveler à l'infini, avec toujours la même réponse. Dans les sciences de l'évolution et en écologie, il n'y a jamais deux situations identiques. La flèche du temps entraîne inexorablement les systèmes vivants dans une dynamique de changements successifs, sans retour en arrière possible. Mais ces difficultés n'ont pas rebuté les scientifiques qui continuent de rechercher les lois gouvernant les systèmes vivants.

L'équilibre de la nature, un mythe bien entretenu

Avant toute chose, évacuons un mythe bien tenace. Celui de l'équilibre de la nature. Celui d'une nature harmonieuse avec laquelle nous devrions vivre en équilibre, en harmonie lit-on parfois en parlant de sociétés « primitives ». Une vision bien romantique de citoyen repu qui ignore probablement la réalité quotidienne de ces populations. Il n'empêche que l'idée d'équilibre de la nature est un principe bien ancré dans notre culture. L'équilibre c'est la stabilité, le contraire de l'inconnu. Pour les hommes, il évoque implicitement la sécurité. Sans oublier que la stationnarité, une autre manière de parler de l'équilibre, est souvent à la base des théories écologiques et des modèles de gestion des écosystèmes développés par les ingénieurs.

La notion d'équilibre nous vient en partie des sciences physiques et fut développée à travers la thermodynamique classique « à l'équilibre » tout au long du XIX^e siècle et de la première moitié du XX^e siècle. On n'a pas résisté à la tentation d'appliquer cette démarche à la biologie, ainsi qu'à l'économie et à la sociologie. Ainsi parle-t-on de systèmes autorégulés ou auto-organisés pour désigner des systèmes autonomes capables d'absorber des perturbations sans changer leur mode de fonctionnement. L'hypothèse Gaïa proposée par James Lovelock, par exemple, admet le principe d'une autorégulation de la planète Terre. Ce qui revient implicitement à reconnaître l'existence d'un ordre de la nature. Elle développe aussi l'idée intéressante selon laquelle les organismes vivants sont interactifs avec leur environnement. Autrement dit, ils ne subissent pas seulement leur environnement mais agissent en retour sur cet environnement. Ils contribuent ainsi aux mécanismes d'autorégulation qui assurent une certaine stabilité de l'environnement à la surface de la Terre depuis des

centaines de millions d'années. Par exemple, selon les hypothèses actuelles, la teneur de l'air en oxygène serait le résultat de la photosynthèse des végétaux ; le monde vivant aurait ainsi agi sur la composition de l'atmosphère en l'enrichissant en oxygène tout en réduisant la teneur en gaz carbonique. La végétation joue également un rôle important dans le cycle de l'eau *via* l'évapotranspiration.

L'écologie scientifique n'a pas échappé aux principes de la physique. Un des mythes fondateurs est que les écosystèmes ont une organisation interne qui maintient une cohésion. La notion d'équilibre des écosystèmes tire probablement son origine de la notion d'équilibre de la nature (*balance of nature*), concept de base de l'histoire naturelle depuis l'Antiquité. Ces idées sont en partie le reflet d'un bon sens populaire puisque, à l'échelle de la vie humaine tout au moins, on peut avoir l'impression que la nature est immuable. Ou du moins qu'elle se renouvelle plus ou moins à l'identique chaque année en fonction des saisons. Ceci nous conduit à penser, de manière peut-être abusive, que les systèmes naturels que nous ne voyons pas changer sont à l'équilibre. C'est le cas par exemple pour les systèmes forestiers ou marins.

Mais l'idée d'équilibre de la nature a également une origine religieuse. Linné, surtout connu comme le père de la classification des êtres vivants, est l'auteur également d'un ensemble de travaux qui développent les principes généraux d'une « économie de la nature ». Écoutons-le : « Par économie de la nature, on entend la très sage disposition des êtres naturels instituée par le Souverain Créateur, selon laquelle ceux-ci tendent à des fins communes et ont des fonctions réciproques. » L'économie de la nature (autrement dit « économie divine », ou « sagesse divine ») est donc une conception selon laquelle les interactions entre les corps naturels ont pour résultat un équilibre intangible qui se maintient au cours des âges. Les travaux de Linné contribuent dans le contexte philosophique du XVIII^e siècle à réhabiliter l'idée d'une nature harmonieuse, œuvre de Dieu, dont on manifeste ainsi la gloire. Cette conception de la nature est fortement anthropocentrée : c'est à l'usage de l'homme que la nature a été créée ; toutes les choses créées par Dieu lui sont utiles, directement ou indirectement. Dans ce monde, l'homme a un rôle à tenir, par exemple, en régulant la proportion des grands prédateurs.

Le grand inventaire du vivant : l'espèce, porte-drapeau de la biodiversité

Répertorier le monde vivant est un véritable défi. Il s'agit formellement d'attribuer à chaque espèce un nom et une place dans l'arbre du vivant. Les premiers s'y étant attaqués n'avaient pas mesuré l'ampleur du problème. Il est vrai qu'à l'époque des Grecs, la vision du monde était encore limitée. Il a fallu attendre Linné au XVIII^e siècle pour voir la mise en place d'un système universel de nomenclature, qui perdure de nos jours. Mais depuis cette époque, nos moyens d'investigation se sont multipliés, permettant de découvrir de nouveaux écosystèmes. Avec des moyens de plus en plus sophistiqués, nous avons exploré l'infiniment petit, lui aussi infiniment diversifié. Sans compter que la connaissance du vivant nous a conduits à franchir de nombreuses frontières que Linné lui-même ne pouvait soupçonner. Bref, et de manière paradoxale, l'accroissement des connaissances et des moyens techniques a contribué à éloigner de plus en plus l'échéance de l'inventaire du vivant. Sans compter que les moyens affectés à ce grand projet sont sans commune mesure avec ceux dont disposent l'astronomie ou la recherche spatiale. Entendons par là qu'ils sont ridicules... Quelqu'un disait d'ailleurs que l'on connaît mieux les étoiles que la diversité du monde qui nous entoure.

La notion intuitive d'espèce remonte au moins aux Grecs. Mais c'est Linné qui lui a donné un véritable statut : il en a fait l'unité de base de la classification des êtres vivants. Toutefois, l'espèce selon Linné est définie sur la base de critères le plus souvent morphologiques. L'espèce typologique est la boîte dans laquelle on rassemble tous les êtres qui se ressemblent le plus. Face à une espèce nouvelle, le taxonomiste décrit ainsi l'holotype, censé être l'individu modèle servant de référence pour comparer les espèces entre elles. C'est à Linné que nous devons cette fameuse nomenclature binominale (nom de genre et nom d'espèce) que nous utilisons toujours. Pour l'anecdote, c'est lui qui a baptisé l'homme moderne « *Homo sapiens* ».

Dans un premier temps, la notion d'espèce proposée par Linné est loin de faire l'unanimité. Elle va à l'encontre, notamment, de l'idée de la continuité de la nature. Un débat passionné s'est engagé au XVIII^e siècle sur la réalité ou non de l'espèce. Pour certains il n'y a dans la nature que des individus, les espèces et les genres ne sont que des abstractions inventées par l'homme. Certains scientifiques comme Lamarck au début du XIX^e siècle considèrent quant à eux que ces divisions sont utiles pour la classification, mais factices.

Progressivement, l'idée d'espèce linnéenne va néanmoins s'imposer. La botanique, par exemple, devient au XVIII^e siècle une science exclusivement descriptive et classificatrice. Pour Buffon, pourtant attaché à l'idée de *continuum* de la nature, les espèces existent réellement dans la nature, contrairement aux autres taxons (genres, ordres, etc.). Dans son *Histoire générale des animaux*, il en donne pour la première fois une définition biologique basée sur le critère de la reproduction : il y précise que « [l']espèce n'est donc autre chose qu'une succession constante d'individus semblables et qui se reproduisent. » Et l'idée de continuité de la nature (souvenons-nous de la grande chaîne des êtres !) se trouve confortée par l'existence d'hybrides qui réunissent en quelque sorte ce qui est séparé par le classificateur. Cette conception biologique de l'espèce va bien au-delà de l'espèce typologique de Linné. Elle n'est pas très différente de la définition de l'espèce « biologique » donnée presque deux siècles plus tard par Ernst Mayr en 1942 : « Les espèces sont des groupes de populations naturelles à l'intérieur desquels les individus sont réellement capables de se croiser : toute espèce est isolée, du point de vue de la reproduction, des autres espèces. »

La science vit de paradoxes. La notion d'espèce biologique, fondée scientifiquement, s'est avérée peu opérationnelle. Il est bien difficile en effet de croiser les espèces non domestiques afin de tester l'isolement reproductif. Pour les espèces macroscopiques tout au moins, la description formelle des nouvelles espèces se fait toujours sur la base des caractères morphologiques. Dans la pratique, nous en sommes toujours à la conception fixiste de l'espèce, avec la description d'un holotype, même si la biologie moléculaire est de plus en plus sollicitée pour compléter les approches morphologiques, ou pour séparer et identifier des espèces trop similaires sur le plan morphologique.

On rencontre de temps à autre des cas d'hybridation entre espèces. Le mulet, produit d'un âne et d'une jument, le tigre issu d'un tigre et d'une lionne, pour ne citer que les plus connus. Les frontières ne sont donc pas imperméables. Mais heureusement l'hybridation n'est pas très répandue dans la biosphère, sinon toute classification serait illusoire.

Les connaissances scientifiques accumulées ces dernières décennies ont remis en cause la notion d'espèce. On sait qu'il existe non seulement une variabilité génétique, mais aussi une variabilité biologique et comportementale des individus appartenant à une même espèce (variabilité infrasécificque). Pourtant la nomenclature latine binominale reste la règle, à l'exception des virus. On peut s'étonner qu'une nomenclature développée dans un cadre fixiste soit à même de cohabiter avec les concepts de la biologie évolutionniste. Certains ont donc proposé l'instauration d'une nomenclature phylogénétique, mais sans

grand succès. Il est difficile de lutter contre des habitudes vieilles de 250 ans, d'autant que la systématique est actuellement une discipline scientifique en perte de vitesse.

Le Graal de la taxinomie : nommer et classer les espèces

Aristote est le premier grand naturaliste dont les écrits sont parvenus jusqu'à nous. Sa classification des quelques 500 espèces animales connues était néanmoins sommaire : d'une part les animaux ayant du sang et d'autre part les animaux non sanguins. Cette division préfigurait cependant celle des vertébrés et des invertébrés.

Les travaux d'Aristote, ainsi que ceux de Pline L'Ancien et d'autres auteurs vont être compilés au cours du Moyen Âge, notamment par Albert le Grand dans son traité *De animalibus*. Mais les connaissances scientifiques ne progressent guère, et la zoologie reste longtemps une partie de la théologie : les animaux ne sont étudiés que pour les symboles qu'ils véhiculent. La Renaissance, marquée par un début de laïcisation du savoir scientifique, permet quelques avancées dans la connaissance des animaux, et les progrès de l'imprimerie facilitent la diffusion du savoir. L'histoire des animaux du Suisse Conrad Gesner est à ce titre un véritable monument de compilations sur le sujet (l'arche de Noé de la Renaissance !), avec de nombreuses illustrations. En réalité, jusqu'au milieu du XVI^e siècle, les classifications botaniques et zoologiques répondaient avant tout à des exigences d'utilité. Elles distinguaient les plantes alimentaires des plantes médicinales, aromatiques, ou vénéneuses. On les rangeait alors le plus souvent par ordre alphabétique.

Au XVII^e siècle, de nombreux érudits européens collectionnent les curiosités de la nature, des centaines de cabinets d'histoire naturelle voient le jour. Vivants, empaillés, ou dessinés, les témoignages des explorateurs viennent s'entasser dans les cabinets des savants. En 1700, les expéditions maritimes autour du monde rapportent quantité de plantes et d'animaux inconnus. Les naturalistes ne disposent pas de classification scientifique qui leur permettent de se retrouver dans la foule des espèces animales et végétales. Par exemple, une classification des « insectes » proposée à l'époque par le médecin Nicolas Audry de Boisregard distingue les grands insectes (couleuvres, vipère, scorpion, grenouille) et les petits insectes (vers, mouches, papillons, lombric, etc.)... Un peu primaire !

À chacun sa carte d'identité

C'est au Suédois Carl Linné et à son *Systema naturae* que nous devons l'ébauche d'une première classification hiérarchique formelle des êtres vivants en classes, ordres, genres, espèces. Cette ébauche va connaître un grand succès. Elle va donner naissance à un système toujours utilisé de nos jours.

Le principe de la nomenclature binominale est simple : il s'agit de donner l'équivalent d'un nom et d'un prénom à chaque espèce, puis de regrouper les espèces dans des groupes de plus en plus larges. Mais à la différence de nos noms de familles, il ne peut y avoir deux espèces qui portent à la fois le même nom et le même prénom. La règle est stricte, et le code de la nomenclature veille jalousement à l'application des principes, rendant la confusion impossible.

Autre astuce, si l'on peut dire : les noms d'espèces sont en latin. C'était la langue utilisée par tous les scientifiques à l'époque de Linné (aujourd'hui c'est l'anglais). Mais le fait d'utiliser seulement une langue de baptême simplifie considérablement la nomenclature. Ainsi le

lion s'appelle « *Panthera leo* ». *Panthera* est le genre, *leo* l'espèce. Il appartient à la famille des Félidés, comme le tigre ou le lynx. Cette famille fait partie de l'ordre des carnivores qui appartient lui-même à la classe des mammifères.

Quand un scientifique décrit une nouvelle espèce, il a la possibilité de lui donner comme prénom celui d'un être cher ou celui du récolteur qui lui a fait connaître cette nouvelle espèce. J'ai ainsi décrit un poisson « *Barbus aliciae* » en hommage à ma fille Alicia, et un autre « *Barbus lauzannei* » en hommage à un collègue et ami, Laurent Lauzanne. Cette latitude de choisir le prénom peut mener à certaines dérives. Ainsi, quelques scientifiques avaient imaginé de sponsoriser leurs recherches en proposant à de riches mécènes d'apposer leur nom à la description de nouvelles espèces. C'est une forme d'immortalité comme une autre...

Combien d'espèces ?

Poser cette question c'est, d'une certaine manière, laisser penser que le l'on peut faire l'inventaire des espèces vivant à la surface de la terre. Un travail de titan que nos ancêtres avaient entrepris et qui est loin d'être achevé, alors même que la notion d'espèce fait l'objet de débat.

Botanistes et zoologistes ont entrepris, il y a près de trois siècles, la description et l'inventaire des espèces vivantes. Au milieu du XVIII^e siècle, Carl Linné dénombrait 9 000 espèces de plantes et d'animaux. À l'aube du XXI^e siècle plus de 1,7 millions d'espèces sont décrites, mais nous savons que l'inventaire du vivant est loin d'être terminé, surtout dans les régions tropicales. Nul ne connaît en réalité le nombre d'espèces vivant à la surface de la Terre. Des estimations très grossières ont été proposées, variant de 10 à 100 millions. Pour l'année 2005, la Commission internationale de nomenclature zoologique a annoncé près de 17 000 nouvelles descriptions d'espèces. Même à ce rythme il faudra encore plusieurs siècles pour compléter l'inventaire. Cette incertitude révèle l'étendue de notre ignorance... Elle risque de s'éterniser, car le nombre de spécialistes en activité se réduit comme peau de chagrin.

L'état de nos connaissances est très variable selon le groupe considéré. Pour les mammifères et les oiseaux, les recensements sont quasi exhaustifs, et la découverte d'une nouvelle

Tableau 1. Nombre approximatif d'espèces actuellement connues, et nombre d'espèces estimées (estimation basse) dans chacun des grands groupes du monde vivant (d'après Heywood, 1995).

Groupe	Nombre d'espèces décrites	Nombre d'espèces estimées
Virus	4 000	400 000
Bactéries	4 000	1 000 000
Champignons	72 000	1 500 000
Protozoaires	40 000	200 000
Algues	40 000	400 000
Plantes	270 000	320 000
Nématodes	25 000	400 000
Crustacés	40 000	150 000
Arachnides	75 000	750 000
Insectes	950 000	8 000 000
Mollusques	70 000	200 000
Vertébrés	45 000	50 000
Autres	115 000	250 000
Total	1 750 000	13 620 000

espèce est un véritable évènement scientifique. Pour les autres vertébrés, on peut estimer que 60 à 90 % d'entre eux sont connus. En revanche, on estime que le nombre d'espèces d'insectes est bien supérieur aux quelques 950 000 décrites actuellement. Parmi les invertébrés, quelques petits groupes sont assez bien connus, présentant un intérêt soit pour les scientifiques, soit pour les collectionneurs d'organismes comme les coraux, les papillons, certains groupes de mollusques, etc.

On peut remarquer aussi que la biodiversité est inégalement répartie entre les milieux terrestres et aquatiques. Ainsi, les océans, qui occupent 67 % de la superficie du globe, n'abritent qu'environ 15 % du nombre d'espèces inventoriées à ce jour, soit 275 000. Or, 100 000 d'entre elles sont localisées dans les récifs coralliens alors que ces derniers ne représentent que 0,2 % de la surface des océans.

Les milieux aquatiques d'eau douce ont également une richesse paradoxale en espèces par rapport à leur superficie. Ils représentent moins de 1 % des terres émergées mais abritent environ 120 000 espèces animales connues. En particulier, près de la moitié des espèces de poissons (environ 30 000 au total) vit en eau douce malgré la faible surface relative de ces milieux par rapport aux océans.

Si les milieux aquatiques sont moins riches en espèces que les milieux terrestres, ils hébergent par contre un plus grand nombre de phylums animaux. Les phylums sont les principaux groupes animaux identifiés sur la base de leurs caractères anatomiques et morphologiques. On compte ainsi 28 phylums en milieu marin (dont 14 exclusivement marin) contre 11 seulement en milieu terrestre.

Le botaniste Francis Hallé, promoteur du radeau des cimes, nous dit que 75 % de la diversité biologique des forêts tropicales est située dans la canopée, c'est-à-dire entre 40 et 50 m de hauteur dans les arbres. Et il ajoute que 75 % de la biodiversité mondiale est située dans les forêts tropicales. Un chiffre probablement exagéré (d'autres parlent de 50 %) – mais tous les scientifiques tendent à surévaluer le groupe ou le type de milieu dont ils sont spécialistes !

Vous n'avez rien oublié ? La biodiversité invisible

Si l'on se réfère à l'image de l'iceberg, les plantes supérieures, les vertébrés et les macro-organismes terrestres et marins en constituent la partie émergée. La partie invisible (90 % de l'iceberg) comprend pour l'essentiel le monde des micro-organismes, dont l'exploration débute à peine. Ou celui des microbes, pour utiliser le langage courant. C'est la grande inconnue, la *terra incognita* en matière d'évaluation de la biodiversité.

Le terme « micro-organismes » dissimule en réalité une grande variété de formes. Ainsi, l'ensemble des procaryotes (littéralement « avant le noyau ») regroupe les organismes sans noyau. Et ce n'est rien moins que l'immense groupe des bactéries, déjà présent il y a 3,8 milliards d'années, presque aux origines de la Terre ! Quant au groupe des eucaryotes (littéralement « vrai noyau ») il regroupe, comme son nom l'indique, des êtres vivants dont la cellule possède un noyau. Ce qui veut dire aussi des chromosomes. Parmi les micro-organismes eucaryotes, on trouve des algues microscopiques, des protozoaires, des champignons (levures et moisissures), etc.

Enfin il existe des êtres étranges, les virus. C'est un peu de matériel génétique, ADN ou ARN, enfermé dans une enveloppe de protéines. Des sans-statuts qui ne sont pas pour autant des sans-rôles. Le biologiste André Lwoff en a donné une définition en 1957 qui sert encore de référence : il s'agit d'organismes de petite taille qui n'ont qu'un type d'acide nucléique (ADN ou ARN) en guise de génome, qui ne possèdent aucune des enzymes

nécessaires pour produire de l'énergie, qui sont incapables de se multiplier par division, et qui sont des parasites intracellulaires obligatoires... Malgré tout cela, il existe une très grande diversité de virus.

Les virus sont-ils vivants ?

Une énigme pour les scientifiques. Après leur découverte, à la fin du XIX^e siècle, ils furent considérés comme la forme la plus élémentaire de toutes les formes de vie. Mais après 1935, ils furent rétrogradés au rang de substance chimique. Pour certains scientifiques, ce seraient de simples associations de molécules biologiques. Pourtant, quand un virus pénètre dans une cellule, il perd son enveloppe et détourne à son profit la machinerie cellulaire. La cellule infestée se met alors à produire des protéines virales à partir des instructions consignées dans l'acide nucléique du virus. Les morceaux de virus ainsi produits s'assemblent pour former de nouveaux virus qui infectent par la suite d'autres cellules. On a pu dire que les virus menaient une vie « par procuration » ! Pour ces raisons, ils sont considérés par des scientifiques comme des parasites : ils utilisent les matériaux et l'énergie d'une cellule hôte pour synthétiser les acides nucléiques et les protéines leur permettant de se multiplier et de se propager. Savoir si les virus sont vivants revient à se poser la question : qu'est-ce que la vie ? Ce qui est certain, c'est que les virus échangent de l'information génétique avec les organismes vivants. Le génome d'un virus peut ajouter des gènes viraux au génome de l'hôte, et devenir en quelque sorte une partie de ce génome. Qu'ils soient ou non vivants, les virus sont à la frontière qui sépare le monde vivant de celui de la biochimie.

Combien y a-t-il d'espèces de micro-organismes ? Personne n'en sait rien. On avance, vraiment « à la louche », des chiffres de 1 à 10 milliards. En plein brouillard ! D'autant que la définition de l'espèce chez ces organismes ne fait pas l'unanimité. La morphologie est encore utilisée pour certains d'entre eux mais, pour la grande majorité, on a recours aux techniques de la biologie moléculaire. Ce dont on est sûr, c'est que le monde des micro-organismes nous réserve de nombreuses surprises. C'est le monde des nouveaux exploreurs du vivant... Le biologiste Ernst Mayr rappelait déjà au début des années 1990 que l'intérêt pour les organismes décroît en même temps que leur taille – depuis les oiseaux et les mammifères, avec lesquels nous entretenons des relations de type sentimental, en passant par les espèces de petite taille jusqu'aux protozoaires, bactéries et virus – ; cet intérêt peut même changer de signe... Car le monde de l'invisible fait peur.

Les bactéries et champignons constituant la microflore des sols ont de multiples fonctions essentielles à la vie. Ils sont extrêmement variés et encore loin d'être tous connus. Leur nombre et leur nature varient selon le sol, selon la profondeur, les facteurs de l'environnement, etc. On estime que le nombre de bactéries contenues dans un gramme de sol de surface est compris entre cent millions et un milliard, et que 1 000 à 10 000 espèces différentes pourraient y être représentées. Sans oublier les moisissures (quelques dizaines de milliers) et les amibes.

On estime que le nombre de bactéries dans la biosphère est compris entre 4 et $6 \cdot 10^{30}$ individus ; cela représente une biomasse équivalente à celle des végétaux. Ces organismes ont colonisé tous les biotopes de la planète mais la majorité est localisée dans le sous-sol terrestre ou océanique

Les recherches menées depuis quelques décennies ont remis en cause l'arbre du vivant établi sur la base de l'observation morphologique des espèces. En particulier, on a découvert à la fin des années 1970 l'existence d'un super groupe de bactéries, les archéobactéries ou « archées ». Une véritable révolution en zoologie, qui a amené à reconsidérer toute

la classification des bactéries ! Parfois aussi appelées « bactéries extrêmophiles », elles se trouvent un peu partout, y compris dans des milieux hypersalés, dans des sources dont les eaux atteignent plus de 100 °C, aussi bien que dans les eaux glacées. On a retrouvé, dans des mines aurifères profondes d’Afrique du Sud, des archées « mangeuses de pierre » qui se développent dans une atmosphère composée de méthane et d’hydrogène. Le fer, le manganèse et le soufre leurs servent de repas... Mais beaucoup d’archées vivent aussi dans des milieux moins extrêmes !

Et puis des recherches récentes sur les virus sont venues apporter encore d’autres surprises. Didier Raoult et son équipe ont séquencé le génome du plus gros virus connu et qualifié du joli nom de « *Mimivirus* ». Et l’arbre de la vie, qui était jusqu’ici divisé en trois branches, pourrait en voir pousser une quatrième, celle des virus.

Ainsi, en utilisant les techniques de biologie moléculaire, on a découvert récemment que le picoplancton marin (plancton composé d’organismes de très petite taille – entre 0,2 et 2-3 microns – constituant la base de l’écosystème pélagique), recèle de nombreux groupes d’eucaryotes non répertoriés. Le séquençage de l’ARN ribosomal d’un échantillon de picoplancton du Pacifique a montré que la presque totalité des séquences ne pouvaient être rattachées à celles d’organismes connus. On a découvert en particulier des espèces d’algues vertes primitives (les prasinophytes) non isolées à ce jour, et de nouvelles branches dans l’arbre des Protistes.

Nous en reparlerons en d’autres endroits de cet ouvrage, mais le monde des micro-organismes est également caractérisé par une très grande diversité fonctionnelle. Louis Pasteur, le père de la microbiologie moderne, faisait déjà observer que « le très petit joue un grand rôle ».

L’excitation des découvertes

On peut comprendre aujourd’hui l’excitation de nos ancêtres du ^{XIX}^e siècle pour les sciences de la nature, une excitation au moins équivalente à celle que nous avons connue quand l’homme a marché sur la Lune ! Elle correspond à une période de transition intellectuelle : les renégats, abandonnant l’idée que Dieu avait créé le monde, pouvaient alors donner libre cours à leur imagination. D’autant que les grandes expéditions rapportaient des quantités d’espèces inconnues jusque-là. Et que la géologie, avec ses fossiles, alimentait les discussions sur l’évolution et l’histoire de la vie. On commença à croire aux extinctions. D’où venaient toutes ces espèces ? Et quelle place l’homme tenait-il dans ce gigantesque zoo ?

Les collections scientifiques ont certes été constituées pour faire avancer les connaissances, mais elles étaient aussi des vitrines du savoir et de la puissance nationale ; les grands muséums européens rivalisaient pour accueillir les collections, et la compétition entre scientifiques faisait rage dans un contexte de chauvinisme généralisé. La compétition était devenue un moteur pour l’avancement des connaissances.

Les sociétés savantes devinrent de véritables bases arrière pour les explorateurs. Elles permettaient de faire connaître les terres visitées et leurs richesses. Les sociétés de botanique, de zoologie, de géographie, médiatisaient les récits de voyages par des publications et des conférences publiques. De fait, elles suscitèrent l’intérêt de l’opinion publique pour l’expansion coloniale. Car la science et les savants fournissaient une idéologie aux colonisateurs : la mission civilisatrice.

Au XIX^e siècle, le Muséum formait des « voyageurs naturalistes » et leur attribua des missions précises. L'ouvrage *Instruction pour les Voyageurs et pour les employés dans les colonies, sur la manière de recueillir, de conserver, et d'envoyer les objets d'histoire naturelle*, publié en 1818, était une véritable bible. Les usages locaux des animaux étaient à relever soigneusement ; les plantes utiles devaient être envoyées vivantes à des fins d'acclimatation. Des jardiniers étaient d'ailleurs parfois embarqués pour augmenter les chances de ramener des échantillons.

La Société zoologique d'acclimatation, créée au Muséum en 1854, gérait le jardin zoologique d'acclimatation et se consacrait aux activités pratiques et à la colonisation. Les botanistes, quant à eux, mirent en place un vaste réseau mondial de jardins botaniques car l'acclimatation et le transfert des plantes d'intérêt économique devinrent un enjeu crucial dans la compétition des puissances européennes. Souvenons-nous de Parmentier et de la pomme de terre ! On importa des essences forestières pour régénérer les forêts françaises, comme l'eucalyptus en raison de sa croissance rapide. On importa aussi dans les colonies des plantes destinées à l'alimentation des esclaves, comme l'arbre à pain originaire de Tahiti et introduit aux Antilles.

De nos jours, on décrit chaque année de l'ordre de 15 000 espèces nouvelles en moyenne. Dans certains groupes, les découvertes se font plus rares mais par exemple, en 2005, deux équipes de chercheurs travaillant indépendamment ont découvert en Tanzanie du Sud un nouveau petit singe, le mangabey des Highlands (*Lophocebus kipunji* sp.), qui a eu les honneurs de la presse. Celui-ci se distingue des autres mangabeyes par la couleur brun pâle de son pelage, une longue et large crête sur son crâne, ses paupières noires, sa queue à moitié blanche, le centre de son ventre blanc ainsi que son cri bruyant. Il mesure de 85 à 90 cm de long et pèse entre 10 et 16 kg. On le retrouve à des altitudes élevées (1 300 à 2 450 m au-dessus du niveau de la mer) et il tolère des températures assez basses, jusqu'à -3 °C.

L'ère des grandes expéditions scientifiques est en partie révolue. En partie seulement car, pour poursuivre l'inventaire de la biodiversité, on voit réapparaître des projets naturalistes. Ils s'affichent comme tels et ne cherchent plus à se dissimuler derrière le paravent du développement. Ainsi, l'expédition scientifique Santo 2006 est destinée à dresser l'inventaire de la flore et de la faune des milieux terrestres et marins d'une grande île montagneuse du Pacifique Sud : Espiritu Santo (ou Santo), au Vanuatu. Le site web annonce sans complexe qu'il s'agit de « la plus ambitieuse mission scientifique jamais menée sur la biodiversité ». Cette île a été choisie car elle est représentative des écosystèmes les plus riches, les moins connus et les plus menacés de la planète : les forêts tropicales et les récifs coralliens. Elle mobilise 160 scientifiques et des moyens techniques importants.

Évoquons également la découverte extraordinaire faite il y a maintenant 20 ans, de la faune marine des sources hydrothermales ! De nombreuses espèces à la biologie très particulière ont été découvertes, ainsi qu'un mode de fonctionnement inédit des écosystèmes, basé sur la chimiosynthèse. C'est en 1977, à 2 500 m de profondeur, que cette aventure a commencé au large des Galapagos. À bord du sous-marin américain *Alvin*, les scientifiques ont observé des formes curieuses ressemblant à des termitières pouvant atteindre 20 m de haut ; on les appellera les « fumeurs noirs », qui se sont avérés être des sources hydrothermales. Elles rejettent un fluide acide et anoxique à 350 °C, de quoi décourager toute forme de vie ! Et pourtant, on découvrit, à proximité immédiate, des coquilles dont certaines dépassent 30 cm, des vers de près de 2 m de long au panache écarlate, et des poissons. Et bien d'autres espèces dont le fameux ver de Pompéi qui vit dans des tubes fixés à la paroi des fumeurs noirs. Comme le rappelle si bien le biologiste Daniel Desbruyères : « On

imaginait les grands fonds océaniques comme des déserts. Contrairement à toute attente, dans certaines conditions, ce milieu peut fleurir à l'instar des déserts terrestres quand vient la pluie. »

Surtout, les scientifiques découvrirent rapidement que l'on était en face d'une nouvelle forme de fonctionnement des écosystèmes. Sur terre, c'est la photosynthèse qui fabrique de la matière vivante à partir de la lumière (source d'énergie) et de sels minéraux. Dans les sources hydrothermales, les bactéries constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire et font de la chimiosynthèse. Elles tirent leur énergie d'une réaction chimique (l'oxydation des sulfures dissous) pour fixer le carbone organique. Pas besoin de lumière donc. Un processus biologique qui ne manquera pas d'attirer l'attention des industriels. Et puis on découvrit aussi que le ver géant, *Riftia*, dépourvu de bouche et de système digestif, survivait grâce aux bactéries chimiosynthétiques vivant en symbiose au sein même de ses cellules. Bref, un monde complètement nouveau pour les biologistes.

Les monts sous-marins : derniers eldorados ?

Les monts sous-marins sont des montagnes d'origine volcanique qui s'élèvent en pentes abruptes à plusieurs centaines de mètres au-dessus des fonds océaniques, sans atteindre la surface. On en recense plus de 30 000 disséminés dans l'ensemble des océans et environ 10 000 dans le seul océan Pacifique. En matière de biodiversité, ce sont des milieux d'une exceptionnelle richesse biologique encore peu étudiés. Ils hébergent beaucoup d'espèces inconnues dont la répartition est souvent restreinte à un seul mont ou à un petit archipel de monts. Sur les monts sous-marins de la ride de Norfolk, entre la mer de Corail et celle de Tasmanie dans le Pacifique Sud-Ouest, découverts et cartographiés il y a une quinzaine d'années, on a récolté un extraordinaire bestiaire d'espèces, la plupart endémiques. Certaines sont ce que l'on appelle vulgairement des « fossiles vivants » appartenant à des groupes que l'on croyait disparus depuis le Mésozoïque, à l'époque des dinosaures. En raison de la faible superficie de ces monts sous-marins et de la faible vitesse de développement des organismes qui y vivent, les spécialistes s'inquiètent des conséquences de l'intensification de la pêche sur la faune.

Beaucoup de découvertes d'espèces nouvelles se font au laboratoire. Les outils de la biologie moléculaire sont maintenant devenus indispensables à l'étude de la diversité biologique, qui nous permettent de repousser les limites de la connaissance de la variabilité intraspécifique. Ce sont les seuls à pouvoir être utilisés pour différencier les organismes infiniment petits comme les bactéries et les virus, mais ils sont aussi très utiles pour les systématiciens pour appuyer ou vérifier leurs recherches en taxinomie. Par la même occasion, de nouvelles collections sont constituées, selon des modalités un peu particulières toutefois : pour être conservés durant des décennies, les échantillons d'ADN doivent être entreposés dans des chambres frigorifiques par au plus - 20 °C.

Des bocaux à Internet

Ce sont surtout les grands voyages d'exploration des siècles précédents, avec pour objet la recherche de nouvelles terres, qui ont marqué les esprits en matière de découvertes d'espèces inconnues. L'origine des collections scientifiques remonte d'ailleurs aux cabinets

de curiosité de l'Europe du ^{xvi}^e siècle. Au ^{xix}^e siècle, ces cabinets se sont multipliés, et de nombreux collectionneurs privés ont rassemblé des quantités considérables d'animaux en recherchant souvent néanmoins leur valeur esthétique.

Les collections réalisées par des naturalistes dans toutes les régions du globe sont conservées aujourd'hui dans des musées d'histoire naturelle et des jardins botaniques. Ces collections sont les véritables archives de la biodiversité : elles renferment notamment ces fameux holotypes, c'est-à-dire les individus ayant servi de modèles à la description des nouvelles espèces végétales ou animales. Les mètres étalons de la diversité biologique en quelque sorte.

Ce serait une erreur de penser que ces collections dorment sous la poussière depuis des décennies : une collection bien entretenue doit vivre, au contraire. Les grandes collections font en permanence l'objet de sollicitations de la part des scientifiques qui veulent décrire de nouvelles espèces et les comparer aux types d'espèces déjà connues. Elles s'enrichissent de nouveaux échantillons. Elles constituent également des références sur la distribution géographique, passée et présente, des espèces – certaines collections renferment des échantillons réalisés sur des écosystèmes aujourd'hui disparus. Enfin, la systématique et la taxonomie sont des sciences qui évoluent en permanence en fonction de l'état d'avancement des connaissances : des espèces changent de nom, des genres nouveaux sont créés. Il faut donc sans cesse actualiser les collections en fonction des nouvelles découvertes. Un travail de bénédictin autrefois assuré manuellement.

À l'ère de la numérisation, la gestion des collections s'enrichit d'un nouveau volet. Les millions d'informations sur les échantillons entreposés, leur origine, leur statut taxonomique, sont progressivement intégrées dans un vaste réseau d'échange d'informations *via* internet. Il devient alors possible de synthétiser les informations à l'échelle continentale ou mondiale.

Petit à petit, des nouveaux outils sont développés. Des bibliothèques de photos numériques des collections commencent à voir le jour. L'initiative GBIF (Centre d'information sur la biodiversité mondiale) a été lancée en 1996 par l'OCDE. Elle vise à diffuser librement, grâce à internet, les informations relatives à la biodiversité à l'échelle mondiale (nomenclature, caractéristiques écologiques, séquences génétiques, etc.), des bactéries aux primates.

Il existe de nombreuses bases de données soit régionales, soit par groupe d'espèces. Ainsi, Fishbase traite de l'ensemble des poissons alors que Titan s'intéresse aux Coléoptères des bois, etc. Un objectif est de mettre en réseau ces différentes bases pour avoir accès à l'ensemble de l'information concernant la biodiversité. Le Catalogue de la vie (Catalogue of Life, catalogueoflife.org) a pour projet d'établir un véritable annuaire du vivant. Il s'agit d'une liste dynamique qui fournit des indications sur le nom scientifique en vigueur, les synonymes, la distribution, les références scientifiques correspondantes, etc. Et de nouveaux projets émergent régulièrement ; le dernier en date (au moment où ces lignes sont écrites) est pour le moins ambitieux. Les grandes institutions anglo-saxonnes de sciences naturelles préparent en effet une immense encyclopédie en ligne des quelque 1 800 000 espèces connues actuellement ! Destinée aux amateurs comme aux scientifiques, cette « encyclopédie de la vie » aura plusieurs degrés de lecture. Elle devrait faciliter largement le travail des spécialistes en mettant directement à leur disposition les catalogues des musées d'histoire naturelle, les publications dans lesquels les espèces sont décrites, etc. La fondation Mac Arthur, à elle seule, apporte 10 millions de dollars au projet. Tentative d'hégémonie américaine ou passivité des Européens ? La réponse est probablement dans l'incapacité de nos institutions à réagir rapidement à ce type d'initiative et à

mobiliser des crédits. Pourtant, le pouvoir réside dans les mains de ceux qui détiennent l'information ! Il y a ceux qui font et ceux qui regardent passer les trains !

Si l'utilisation de nouvelles technologies permet sans aucun doute de beaucoup mieux gérer et diffuser l'information disponible, et surtout de la rendre accessible à tous, il n'en reste pas moins que l'inventaire du monde vivant nécessite des scientifiques ayant une expérience de terrain et la capacité d'intégrer des connaissances de natures diverses. Or la profession de taxonomiste est en voie de disparition, malgré les grandes déclarations des politiques et des gestionnaires de la recherche. Une profession déconsidérée au sein des sciences de la nature, mal rémunérée, n'attire pas les meilleurs scientifiques, à l'exception cependant de quelques passionnés, de plus en plus rares ! Encore faut-il que des postes soient créés pour cela, ce qui est loin d'être le cas.

L'écologie à la recherche de lois universelles

L'écologiste anglais John Lawton a soulevé il y a quelques années la question de savoir s'il existait des lois générales en écologie. Il faisait le constat que beaucoup de lois ont été établies à partir de recherche menées sur des petites échelles de temps et d'espace.

Ces lois ne sont vérifiées que dans certaines circonstances bien précises et dépendent étroitement de la nature des organismes étudiés. Elles ne sont pas généralisables à des échelles plus grandes, et c'est bien là le cœur du problème... qui explique par exemple qu'il puisse y avoir des opinions divergentes sur le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes. Et qui nous met en garde sur le danger de généraliser hâtivement des hypothèses élaborées dans un contexte particulier. Parmi les quelques lois universelles reconnues par John Lawton, il y a la loi de la sélection naturelle de Darwin pour expliquer l'évolution.

En réalité, en écologie ou dans les sciences de l'évolution, contrairement à la physique ou à la chimie, les théories ne s'appuient pas sur des lois universelles et généralisables. Newton nous avait légué l'idée que les lois de la physique étaient permanentes et universelles. En écologie, ce n'est pas le cas. Il n'y a pas non plus de réversibilité possible comme je l'ai déjà souligné car, sur le long terme, les espèces évoluent et les écosystèmes se transforment. Dans ce contexte, l'écologie se base sur l'observation, sur une approche comparative des phénomènes pour dégager les similarités et les différences. Elle s'appuie aussi, comme d'autres sciences, sur des longues séries de données pouvant être traitées par la statistique. De mon point de vue, l'expérimentation peut apporter des éclairages, mais ne peut en aucun cas se substituer à l'observation. La même logique s'applique en géologie.

L'écosystème, super organisme ou grenier familial ?

Il est évident, bien qu'on s'en défende, que l'idée de l'équilibre reste encore très présente aujourd'hui dans les théories écologiques. Un sujet de débat, qui n'est pas anodin, concerne la structuration des communautés animales et végétales dans les écosystèmes. Pour résumer, certains écologistes considèrent que ces communautés sont des collections aléatoires d'espèces héritées de l'histoire. Elles se sont constituées et vivent ensemble par hasard, tout simplement parce que leurs exigences en matière d'habitat se chevauchent. Chacune de ces espèces s'efforce de survivre au mieux, se nourrissant de manière opportuniste en fonction des disponibilités de l'écosystème. Pour d'autres au contraire, les communautés sont très organisées, constituées d'espèces qui interagissent

les unes avec les autres. À la limite, ils assimilent l'écosystème à un super organisme dont les fonctions sont assurées par des espèces ou des groupes d'espèces. La théorie dite « du climax » défend même l'idée que la structure des communautés tend vers un état idéal avec le temps.

Selon que l'on adopte une hypothèse ou une autre, les conclusions que l'on peut en tirer concernant le fonctionnement des écosystèmes sont bien différentes. S'il existe une organisation, un ordre de la nature, il devient possible de rechercher des lois générales de structuration et de fonctionnement des écosystèmes. On peut penser également que l'ajout ou le retrait de certaines espèces modifiera considérablement le fonctionnement du système. Si au contraire les communautés écologiques sont des collections aléatoires d'espèces, la recherche de lois devient sans objet et l'écologie des communautés perd en grande partie sa raison d'être. L'ajout ou la disparition d'espèces dans un écosystème se traduira simplement par des réajustements dans les relations entre espèces dans l'écosystème. Les écologistes ont beaucoup de mal à gérer l'aléatoire... et à accepter l'idée que la nature n'est pas nécessairement une mécanique aux engrenages bien ajustés.

Comme souvent en écologie, ces théories ne sont pas antagonistes. Les écosystèmes, selon leur nature, leur histoire, sont un mélange d'espèces arrivées par hasard, et d'espèces ayant besoin d'autres espèces pour subsister. Pour illustrer ces propos, comparons par exemple la faune du Léman et celle du lac Tanganyika. La faune ichtyologique du Léman est relativement pauvre en espèces, sans aucun endémisme. Et pour cause : celui-ci ainsi que les autres lacs alpins, était sous les glaces il y a 15 000 ans. Le Léman est donc, sur le plan biologique, un lac jeune. Sa faune actuelle est le fait d'un repeuplement récent à partir de connexions physiques qui ont pu exister avec d'autres bassins hydrographiques. Le Danube a constitué la zone refuge pour la faune aquatique européenne durant la dernière glaciation. La faune du Léman et des autres lacs alpins est ainsi le pur produit du hasard qui a permis la recolonisation par les espèces aquatiques après la dernière glaciation. On pense aussi, de plus en plus, que l'homme est intervenu depuis fort longtemps pour réintroduire des espèces dans ces lacs, mais il n'a pas toujours laissé d'écrire pour en témoigner !

Le lac Tanganyika quant à lui est un lac ancien d'au moins 10 millions d'années d'existence. Il héberge une faune très riche (plusieurs centaines d'espèces de poissons et de très nombreux invertébrés), résultat de la longue coévolution entre les espèces et leur environnement. Les espèces de poissons par exemple y sont presque toutes endémiques. Chacune (il y en a plusieurs centaines dans chacun des grands lacs d'Afrique de l'Est) occupe une niche écologique spécifique en matière d'alimentation, d'habitat, de mode de reproduction. On y observe aussi une grande diversification des réseaux trophiques. Ces lacs ne sont pas restés stables et leur niveau a varié de plusieurs centaines de mètres dans le passé, mais il y a eu permanence des systèmes aquatiques – à l'inverse du Léman.

L'équilibre dynamique ?

Pour illustrer l'évolution des idées en écologie sur cette question de l'équilibre, prenons l'exemple du climax. Au début du xx^e siècle apparaît un concept central de la théorie écologique qui marque encore les esprits : le climax. Dans son expression originale, « le climax est le terme ultime de l'évolution de la végétation d'un écosystème » (le stade mature), après une succession de stades intermédiaires, en l'absence de perturbation naturelle ou d'origine humaine. C'est un stade dit « d'équilibre » entre la communauté végétale et son milieu, constitué par le sol et le climat, vers lequel tend en théorie tout écosystème terrestre.

L'écologiste américain Frederic Clements a fait du climax le concept central de la théorie écologique. Il s'agit de comprendre la dynamique qui conduit la formation végétale vers un stade d'équilibre déterminé par le climat régional. Au début du xx^e siècle, d'importantes recherches en botanique (la phytosociologie) vont chercher à identifier et cartographier des associations végétales caractéristiques d'une situation climatique et géographique donnée. Cet énorme travail de description a été mené à bien pour la France.

Une telle démarche s'inscrit dans l'idée que la nature est immuable, à nos échelles de perception humaine tout au moins. Pourtant, progressivement, des visions plus dynamiques de la végétation ont été développées durant les années 1970. Une percée conceptuelle importante a été de mettre en évidence le rôle des perturbations comme les tempêtes, les grands froids ou les sécheresses exceptionnelles. Les plus extrêmes peuvent avoir des conséquences à long terme comme la disparition de certaines espèces mais, généralement, ils détruisent simplement une partie de l'écosystème. Ainsi, une forte tempête abat localement des arbres, et des chablis apparaissent dans la forêt. Dans ces clairières s'installe une nouvelle végétation. Elle devrait évoluer, à terme, vers le climax. Si la forêt a subi plusieurs tempêtes successives, la présence de nombreux chablis dispersés, crée une forme d'hétérogénéité spatiale : on y trouve notamment des peuplements d'âges différents – une situation considérée comme très favorable à la diversité biologique. La notion d'équilibre n'est pas complètement rejetée, mais on admet l'idée que les perturbations remettent régulièrement les compteurs à zéro, de telle sorte que le processus est sans cesse réamorcé. On parle toujours d'équilibre, mais d'équilibre *dynamique*. Néanmoins, on n'abandonne pas l'idée que l'écosystème est une structure robuste et organisée, capable d'absorber, dans certaines limites bien entendu, les effets des perturbations. Et qui peut retrouver avec le temps son état d'origine. On parle à ce propos de résilience des écosystèmes.

La biodiversité forestière aime les tempêtes ?

On pourrait croire que les tempêtes qui ont ravagé les forêts européennes il y a quelques années ont été catastrophiques pour ces écosystèmes : les troncs abattus, photographiés sous tous les angles, donnaient l'impression d'un cataclysme. Les conséquences économiques ont sans aucun doute été négatives. Mais sur le plan écologique, ces tempêtes ont paradoxalement été bénéfiques à la biodiversité. En effet, les observations réalisées dans les trouées dues au vent (les chablis) montrent que le nombre d'espèce a augmenté très sensiblement par rapport aux peuplements forestiers non perturbés. Cet enrichissement est lié à un meilleur ensoleillement dans les trouées, permettant l'installation d'espèces non forestières qui profitent des modifications du milieu.

En réalité, ces discussions autour de l'idée d'équilibre ou de stabilité des écosystèmes sont liées au fait que nos périodes d'observation sont généralement trop courtes pour mettre en évidence des phénomènes à plus long terme, de plus grande amplitude, liés notamment au climat. C'est ce que l'écologiste américain John Magnuson avait en son temps nommé le « présent invisible ». Nous abordons ici un domaine d'une brûlante actualité : le climat, resté relativement stationnaire durant plus d'un siècle, s'invite maintenant à la table de jeu. Il évolue rapidement depuis une dizaine d'années, et ses effets commencent à se faire sentir dans les régions tempérées où des espèces thermophiles apparaissent en plus grande abondance.

Plus c'est grand, plus il y a d'espèces

Une des rares lois de distribution de la biodiversité qui soit souvent vérifiée dans les faits est la relation aire-espèces. Pour différents groupes d'organismes, il existe en effet une relation entre la surface d'une île et le nombre d'espèces observées sur cette île. Une île peut être océanique ou continentale – un écosystème séparé des autres. C'est le cas de sommets de montagnes éloignées, ou de lacs isolés, ou encore de bassins versants de fleuves séparés par des lignes de crêtes. Un exemple en est donné dans la figure 2, qui compare la relation entre le nombre d'espèces de poissons dans un fleuve en fonction de la superficie du bassin versant de ce fleuve, en Europe et en Afrique.

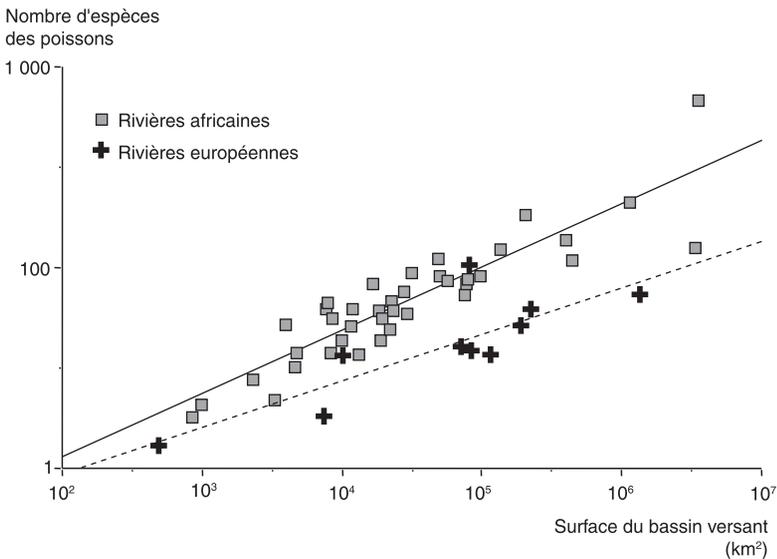


Figure 2. Relations entre le nombre d'espèces de poissons observé dans une rivière et la superficie de son bassin versant. En comparant les rivières européennes et les rivières africaines, on constate que ces dernières sont plus riches en espèces ; cette différence peut s'expliquer par l'histoire climatique des deux continents.

Pourquoi plus d'espèces quand la surface augmente ? Parce que la diversité des habitats augmente également avec la surface : plus d'espèces peuvent alors s'installer.

On peut se poser la question : pourquoi les forêts tropicales sont-elles si riches ? Si l'on suit les conclusions des paléo-écologistes, ces forêts, dont la dynamique est contrôlée par les variations climatiques, se seraient réinstallées il y a quelques 10 000 ans sur les continents africains et sud-américains, à partir de zones refuges assez réduites. Doit-on admettre que toutes les espèces composant la flore et la faune observées de nos jours étaient concentrées dans ces zones refuges ? Une telle théorie irait à l'encontre d'un fait d'observation : la richesse en espèces d'un type d'écosystème est corrélée à la surface occupée par cet écosystème (théorie aires/espèces ; biogéographie insulaire). Les zones refuges auraient donc dû héberger une diversité en espèces plus réduite ! Ou est-il possible que la spéciation ait été rapide durant ces derniers 10 000 ans pour certains groupes, au point de promouvoir bon nombre d'espèces nouvelles ? Cette question est apparemment sans réponse à l'heure actuelle.

Macroécologie : l'organisation de la biosphère

Dans leur quête d'un ordre de la nature, les scientifiques ont essayé de comprendre comment les espèces étaient réparties à la surface du globe. Un principe assez général est que la richesse en espèce dans les écosystèmes terrestres et marins augmente des pôles vers l'équateur pour beaucoup de groupes taxonomiques. On a essayé d'expliquer ces gradients latitudinaux par le fait que les régions tropicales occupent une surface plus importante que les régions tempérées. Mais l'existence de tels gradients est probablement aussi la conséquence des effets d'essuie-glace des cycles glaciations-dégliaciations, qui ont beaucoup plus perturbé les zones froides et tempérées que les zones tropicales.

Un autre gradient évident pour ceux qui connaissent la montagne est le gradient altitudinal : on peut observer, sur des surfaces limitées, un changement rapide de la structure des peuplements avec l'altitude, dont la température et la pluviométrie sont les principaux facteurs responsables.

Quels sont les phénomènes agissant à grande échelle ? La macroécologie cherche à mettre en évidence, par l'analyse statistique, des processus structurant la biodiversité à l'échelle des continents ou du globe. Ce sont par exemple les facteurs climatiques et géologiques. La végétation notamment est un bon indicateur de la combinaison des facteurs de précipitations moyennes annuelles et de températures moyennes annuelles. Là où les conditions sont identiques, on trouve des formations végétales comparables. Ce sont les biomes, des super écosystèmes, dans lesquels les conditions climatiques sont homogènes : forêts (24 % de la superficie des terres émergées), savanes (15 %), prairies et toundras (15 %), etc. Il faut y ajouter les aires cultivées qui représentent plus de 10 %, ainsi que les déserts et les étendues glacées (30 %).

L'isotherme est une ligne fictive à la surface du globe qui rejoint les divers points où la température est identique. L'isotherme de 10 °C du mois le plus chaud de l'année correspond approximativement à la limite septentrionale de la grande forêt de conifères de l'hémisphère Nord. Elle sépare les milieux froids des hautes latitudes des milieux tempérés des latitudes moyennes. De même, l'isotherme de 20 °C du mois le plus froid de l'année délimite assez bien les milieux tropicaux. À l'intérieur de ce vaste domaine, les régimes hydriques différencient la grande forêt pluviale, chaude et humide en permanence, des savanes caractérisées par une saison sèche marquée.

L'hypothèse Gaïa : la tentation totalitaire

La terre est un vaste écosystème. Le concept de biosphère met l'accent sur les interrelations entre le monde vivant et son environnement à l'échelle planétaire. Le géochimiste russe Wladimir Verdnadsky a développé ce principe d'une écologie globale au début du xx^e siècle. Cette idée a été réactivée vers 1990 par le physicien anglais James Lovelock, qui proposa l'hypothèse Gaïa, du nom de la déesse grecque de la Terre. Lovelock s'est interrogé sur le fait que la Terre a connu tout au long de son existence des conditions favorables à la vie, et en a déduit que c'est parce que la Terre est « vivante ». La biosphère serait une entité autorégulée qui contrôlerait la température et les équilibres physico-chimiques de manière à maintenir des conditions favorables à la vie. Des idées qui, on s'en doute, ont suscité de nombreuses critiques. Elles ont été en partie détournées de leur sens par les partisans de la *deep ecology*, ou « écologie radicale » ; ces derniers y ont vu la démonstration

que l'homme n'est pas le maître du monde. C'est Gaïa qui détermine le sort de notre planète. Cette dérive n'était pas du tout dans l'esprit de la théorie de Lovelock.

Gaïa est et demeure une hypothèse. Mais elle a été relativement féconde : elle nous a amenés à regarder l'écologie sous un autre angle. Les êtres vivants ne sont pas seulement conditionnés par leur environnement, ils agissent en retour sur leur environnement. Car on sait maintenant que la vie interfère avec les grands cycles biogéochimiques. L'oxygène que nous respirons serait issu des êtres vivants, et le cycle de l'eau sous l'influence de la végétation. La régulation de la teneur en CO_2 est en partie le fait de la « pompe biologique » – le plancton marin, qui absorbe le gaz et le fixe dans l'océan. Les stocks fossiles de pétrole et de charbon participent à cette régulation.

La pompe biologique à carbone

On parle beaucoup des forêts tropicales et de leur rôle supposé dans le stockage du carbone ou la production d'oxygène. Mais on ignore généralement le rôle des micro-organismes marins dont la taille varie entre 1 et 100 μm . Les algues unicellulaires ne représentent que 1 % de la biomasse de la planète (terre et eau) mais elles assurent près de 50 % de la photosynthèse de cette même planète. Il en résulte que l'océan capte environ le tiers du gaz carbonique résultant chaque année des activités humaines. Les océans contiennent ainsi 50 fois plus de carbone que l'atmosphère.

Si l'on pousse jusqu'à l'absurde la logique de Gaïa, la Terre aurait la possibilité de réguler les impacts des activités humaines, comme elle a régulé d'autres perturbations. La vie ne risquerait rien, globalement. Elle pourrait très bien se passer de l'homme. C'est d'ailleurs ce que pensent de nombreux scientifiques... !



Les relations homme-biodiversité : je t'aime, moi non plus

*Il nous faut écouter l'oiseau au fond des bois,
le murmure de l'été, le sang qui monte en soi...*

JACQUES BREL, *Il nous faut regarder*

*La Nature est un temple où de vivants piliers
Laissent parfois sortir de confuses paroles ;
L'homme y passe à travers des forêts de symboles
Qui l'observent avec des regards familiers.*

CHARLES BAUDELAIRE, *Correspondances*

On utilise couramment dans le langage courant le terme « nature » ou l'expression « milieu naturel » pour désigner des écosystèmes non transformés par l'homme. De manière formelle, les milieux naturels sont définis par opposition aux milieux artificiels : ils naissent et évoluent spontanément en dehors de toute intervention humaine. Une tentative de définition que la réalité dément tous les jours. Car la nature n'est jamais perçue ni décrite de manière objective, mais en fonction des préoccupations de l'observateur et de ses projets d'action. Les scientifiques y voient de manière sélective un ensemble de systèmes biologiques. Pour les industriels de l'agroalimentaire c'est avant tout un réservoir de ressources génétiques. Pour les citoyens, la nature est le plus souvent un lieu de repos où l'on évacue le stress. Il n'est à cet égard pas souhaitable d'y retrouver des nuisances telles que les moustiques ou les aoûtats. Quant aux promoteurs touristiques, ils misent sur l'esthétique et la fonction apaisante et régénératrice de la nature, ainsi que sur le rêve d'exotisme dans des milieux nouveaux, surprenants, avec des habitants qui le sont tout autant. Les sociologues nous dirons que la nature ne cesse d'être « construite » socialement au travers des conflits entre groupes s'en disputant l'usage.

Vous avez dit nature ?

L'anthropologue Philippe Descola nous dit que la nature est une notion qui est née en Occident. Elle désigne l'ensemble des êtres et des phénomènes qui, possédant des lois

Les représentations

Toute interaction entre un individu et son environnement passe par la perception et la représentation mentale de cet environnement. Les représentations constituent un filtre au travers duquel l'individu interprète la réalité du monde. C'est en fonction de son système de représentations que l'homme va définir son comportement en vue d'agir sur son environnement. Les représentations se sont construites à partir des connaissances et des expériences accumulées au fil du temps, ainsi que sur la base des valeurs morales qui prévalent dans le système social auquel appartient l'individu.

propres de développement, se distinguent de la sphère de l'action humaine. On parlera ainsi d'une forêt naturelle par opposition à une plantation forestière, ou d'une rivière naturelle par rapport à un cours d'eau endigué ou régulé. Pourtant, on considère également comme naturels des espaces contrôlés par l'homme tels que certains marais, certains espaces verts, les paysages de bocage, purs produits de l'agriculture, etc. Nous ne sommes pas ici non plus à court d'ambiguïtés... On utilise également le terme « naturel » pour distinguer des événements indépendants de l'homme, par opposition à ceux qu'il provoque. On parlera ainsi des catastrophes naturelles (orages, tempêtes, séismes) par opposition aux catastrophes industrielles.

Quoiqu'il en soit, pour l'écologiste François Terrasson, « la nature c'est tout ce qui existe en dehors de toute action de la part de l'homme ». Mais les sociologues Nicole Mathieu et Marcel Jollivet rappellent que pour le citadin, « l'environnement c'est la nature, et la nature c'est la campagne ». De fait, les transformations de la société rurale au cours du xx^e siècle ont conduit à une nouvelle perception des espaces ruraux considérés jusque-là comme des espaces productifs.

Le sentiment de nature se manifeste avec force à la fin du $xviii^e$ siècle dans les élites intellectuelles, principalement avec l'œuvre de Jean-Jacques Rousseau. Ce fut l'avènement du romantisme, un mouvement purement poétique à l'origine. Mais pour la population – majoritairement rurale – du xix^e siècle et du début du xx^e siècle, l'important est de survivre. Le principal objectif est d'améliorer à tout prix la production agricole dans un monde où les nombreux ravageurs des cultures rendent les récoltes incertaines. Nature et animaux sont alors souvent perçus comme hostiles. Il n'est donc pas surprenant que dans les manuels scolaires français jusqu'au milieu du xx^e siècle, les animaux soient classés en « nuisibles » et « utiles ». La destruction des « nuisibles » est un véritable enjeu économique, une grande cause nationale, pour favoriser le développement agricole.

Après la Seconde Guerre mondiale et avec le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation, les comportements vont se modifier rapidement. Le milieu rural se transforme sous l'effet de la « Révolution verte ». Cette agriculture intensive est fondée sur des semences à haut rendement et nécessite des apports importants en engrais et en insecticides. L'utilisation de ces derniers laisse entrevoir qu'à plus ou moins brève échéance, on pourra contrôler les insectes nuisibles pour l'agriculture et pour la santé. Le DDT, dont on a dénoncé plus tard les conséquences écologiques, est alors le produit miracle. Il va enfin pouvoir libérer l'homme d'une partie des servitudes de la nature, ouvrant la voie à une production agricole mieux contrôlée et à l'éradication des grandes endémies. Simultanément, beaucoup de citoyens s'éloignent du monde rural. L'ancien paysan est venu s'installer en ville, du moins pour la période de sa vie active. Il se forge alors une représentation idéalisée du monde dont il est issu.

Dans les années 1970, l'homme occidental est en passe de s'affranchir des contraintes de la nature. Il a maintenant dominé la plupart des prédateurs et il possède les technologies adaptées à une production agricole contrôlée et intensive : il est enfin parvenu à ses fins. Le milieu rural, avec ses champs, ses bosquets, ses haies, entretenus depuis des siècles et dont on a expurgé les éléments un tant soit peu dangereux pour l'homme, est sécurisant. La fonction symbolique de la campagne-nature, lieu de repos, d'évasion, de loisirs, de ressourcement, peut alors se développer. Le citoyen citadin revendique tout à la fois une « nature » attrayante (de beaux paysages), accueillante (pas trop de nuisances), vivante (des animaux et des végétaux à observer). Le tourisme est demandeur de plus en plus d'espace, que ce soit le tourisme vert ou les activités récréatives. La campagne est un espace neutre où le citadin oublie temporairement les conflits sociaux et les contraintes du travail productif.

Un autre contexte, une autre approche : la perception de la nature au Canada

Le géographe Cole Harris nous conte l'histoire de l'homme et de la nature au Canada. Les colons européens découvrant le Canada au ^{xvii}e siècle sont à la fois terrorisés et émerveillés par cette nature sauvage, ce *wilderness* où abondent les essences végétales et les animaux sauvages. C'est en quelque sorte la Terre promise ! Petit problème néanmoins : cette Terre est déjà occupée par des peuples autochtones, le plus souvent nomades, qui vivent de la cueillette et de la chasse ; pour eux, la distinction entre la nature et les hommes n'existe pas. Ils sont assimilés à des sauvages et font peur, au même titre que cette nature non maîtrisée. Il faut donc les civiliser, c'est-à-dire leur faire abandonner leur culture. Ce qui fut réalisé avec succès : progressivement les connaissances de la nature, les langues, les savoirs locaux régressent. Aujourd'hui, ces cultures ne sont plus que marginales.

Les colons européens, imprégnés de leur culture paysanne, vont très vite penser à exploiter cette nature généreuse mais dure, par le défrichement et la mise en culture. Il faut la transformer, la remodeler – en quelque sorte l'humaniser –, comme dans leurs pays d'origine. Cette nature devient ainsi le fondement d'une vie paysanne transplantée. Les colons découvrent aussi que cette immense forêt vaut par l'exploitation du bois, et de nombreux chantiers se développent. Peu à peu, la forêt se banalise comme une source de matière première.

Aujourd'hui, la société canadienne est en grande majorité urbaine. Pourtant, la nature est toujours omniprésente, avec les saisons, le vent, le froid et ces immenses espaces encore peu influencés par l'homme. Les symboles du pays s'attachent à la nature (la feuille d'érable sur le drapeau, le castor sur la monnaie) plutôt qu'à l'histoire. Les peintres canadiens du Groupe des Sept, au début du ^{xx}e siècle, parmi les plus populaires au Canada, peignent les lacs, les forêts, les montagnes. Aujourd'hui la nature attire toujours pour la randonnée, la chasse, la pêche, le canoë... Dans l'est du pays, beaucoup de Canadiens possèdent leur chalet dans la forêt, au bord d'un lac alors que les Européens, de leur côté, restaurent d'anciens villages. La nature « sauvage » fait partie intégrante de la pensée canadienne.

La situation n'est pas idyllique pour autant. On commence à parler timidement de pollution des eaux par les nitrates et d'eutrophisation des lacs. Sous la poussée de mouvements écologistes, un sentiment de culpabilité se développe vis-à-vis de la destruction de certaines espèces. L'agriculteur, autrefois force vive de l'économie nationale et jardinier de l'espace « naturel », est accusé, parfois avec raison, de mettre en œuvre des pratiques détruisant les paysages, la faune et la flore. Plus généralement, l'homme est mis en accusation : par ses activités mal contrôlées, il est responsable de l'érosion de la diversité biologique à la surface de la Terre. Un courant qui n'a fait que s'amplifier.

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, il s'est progressivement orienté vers la satisfaction de besoins éthiques (conservation de la biodiversité), économiques (protéger les ressources) ou sociaux (le tourisme, l'habitat). Ces motivations agissent conjointement, et il est bien difficile d'évaluer la part respective de chacune d'entre elles dans le comportement des citoyens.

La peur de la nature...

Les sensations que nous ressentons au contact des animaux sont un révélateur des représentations que l'on peut se faire du monde vivant. Car ces impressions sont souvent

marquées par des *a priori* qui s'enracinent dans notre histoire collective. Combien sont terrifiés à la vue d'une araignée, d'une souris, d'un crapaud ? Qui n'a pas frémit en entendant le hullement de la chouette, le hurlement d'un loup, le rugissement d'un lion ? La peur du serpent est atavique. Nous la partageons avec les singes. Ces phobies sont souvent liées au froid, au visqueux, à tout ce qui se déplace dans l'ombre. Elles ont souvent, aussi, de réels fondements : peur des maladies, des lésions physiques, des empoisonnements. Une peur qui n'est pas irraisonnée, mais acquise souvent par l'expérience. Toutes ces répulsions ont été à l'origine de superstitions, de recettes empiriques souvent entachées de sorcellerie pour combattre le mal !

Mais l'inverse est vrai également. Certains animaux attirent la sympathie, à tort ou à raison, comme l'ours, le dauphin ou d'autres espèces plus charismatiques encore comme le panda. Les ONG ne s'y sont pas trompées en prenant pour emblème certains de ces animaux. Mais si les Européens militent pour la conservation des éléphants et des hippopotames, les Africains voient d'abord dans ces animaux des dangers pour leur vie et leurs récoltes.

François Terrasson, dans son ouvrage *La peur de la Nature* paru en 1988, nous dit que si l'homme occidental transforme le monde rural et aseptise le milieu naturel, c'est qu'il a peur de la nature. Peur de ce qui lui échappe, peur de ce qui n'est pas contrôlé, peur de ce qui rampe, de ce qui grouille. Il nous parle de l'horreur du sauvage, de la terreur de l'organique : « La beauté de la nature est dans la relation que nous entretenons avec elle. Chacun trouve beau ce qui correspond à son organisation émotionnelle. Et laid ce qui la choque. Tous ceux dont la formule émotionnelle rejette l'organique sont condamnés à avoir peur de la Nature. »

Ainsi, au-delà des causes économiques, sociales, ou politiques avancées pour expliquer l'érosion actuelle de la biodiversité, il en est une, bien tapie dans le subconscient : l'homme occidental a une peur ancestrale de la nature... et de sa propre part d'animalité. Les souvenirs d'une époque où il devait survivre dans un monde hostile sont inscrits dans la mémoire collective. C'est ainsi que l'on peut expliquer, du moins en partie, ce besoin de domination de l'homme sur la nature. Mais aussi ce sentiment de fierté face à une nature jardinée, sécurisante, dont on a exclus les espèces indésirables. Avec le profond sentiment du travail achevé ! C'est d'ailleurs cette nature « paysagée » que recherchent beaucoup de citadins en mal de nature.

L'historienne Andrée Corvol nous rappelle d'ailleurs qu'à l'époque révolutionnaire, la nature sauvage, non domestiquée, est constamment évoquée comme la marque de l'Ancien Régime. La revendication du droit de chasse exprime le sentiment d'insécurité face à une nature hostile. Il ne s'agit plus de plaisir, mais de se préserver des nuisibles que les paysans n'avaient pas les moyens de contrôler jusque-là. Dès 1790, l'Assemblée constituante demande le partage et l'assèchement des marais, sources de miasmes et jusque-là exploités exclusivement par le seigneur. Plus généralement, on se met en mesure de tout défricher, les landes comme les forêts, pour y développer l'agriculture. En marche vers le progrès...

L'homme fait-il partie de la nature ?

Question purement académique direz-vous ? Peut-être, mais combien importante pour comprendre le regard que nous portons sur la biodiversité. Et pour éclairer les motivations de nos choix et de nos décisions en matière de conservation.

Pour faire simple, deux philosophies opposées se sont affrontées sur cette question de la place de l'homme dans la nature. Pour les uns, la nature est au service de l'homme ; pour les autres l'homme fait partie de la nature et cette dernière a droit au respect. La pensée occidentale a eu tendance à opposer nature et culture. Ce qui est considéré ici comme nature est le fond biologique commun à tous les hommes (sa partie « animale » en quelque sorte) par opposition aux traditions, aux acquis, transmis de générations en générations qui constituent la culture. Cette culture, définie comme tout ce que l'homme produit et accumule comme expériences, est ainsi conçue comme « l'anti-nature ».

Tu domineras la nature

Les trois grandes religions monothéistes (christianisme, islam, judaïsme) ont contribué à désacraliser la nature. L'homme, créé à l'instar des autres êtres vivants, est cependant l'image de Dieu. À ce titre, il est appelé à exercer sur la nature un pouvoir voulu par Dieu et à la façonner à son usage. Nous sommes promis à devenir « maîtres et possesseurs de la nature » selon la célèbre formule de Descartes dans son *Discours sur la méthode*.

La vision prométhéenne de la soumission de la nature à l'homme est devenue hégémonique dans la culture occidentale au XVI^e siècle, et le précepte de la Genèse « Remplissez la Terre et soumettez-la » devient la ligne de conduite. Le mythe du progrès dans la pensée moderne repose d'ailleurs sur le postulat d'une nature maîtrisée par la science. Cette perception anthropocentriste parle d'une nature essentiellement perçue comme un réservoir de ressources au service de l'homme. Cette « nature-objet » ne possède pas de valeur absolue en elle-même. Le jardin à la française est l'archétype de cette représentation de la nature : travaillé, taillé, « géométrisé », il nous offre le plaisir avant tout esthétique de contempler une nature maîtrisée, plus vraie que nature...

En France, de la fin du XIX^e siècle jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, la nature à protéger c'est avant tout l'agriculture, c'est-à-dire une nature « paysannée ». Seule la faune réputée utile à l'agriculture mérite d'être protégée, et la guerre aux nuisibles est déclarée. Instructions préfectorales et circulaires ministérielles incitent à protéger les espèces « bien-faisantes » comme les oiseaux insectivores afin d'enrayer les dégâts causés aux récoltes par les insectes. Inversement la notion de nuisible autorise à détruire de nombreux animaux, par tous les moyens.

Le regard amical sur la nature

De nombreuses sociétés ont, dans le passé, considéré la nature comme une divinité le plus souvent bienveillante. Souvenons-nous de Gaïa, la mère nature. Cette nature source de vie ne laisse pas place au hasard : l'ordre se retrouve dans la distribution des espèces à la surface du globe et dans les rythmes journaliers et saisonniers de la nature. Dans cette perception « écocentrique », l'homme est une espèce parmi d'autres. Par son régime alimentaire, par ses cycles du sommeil, par ses besoins élémentaires il est, que nous le voulions ou non, soumis à la nature. Cette dernière peut alors devenir un modèle normatif. Il faut adapter nos activités au tempo de la nature. Il faut respecter l'ordre naturel. D'où les incitations de certains écologistes à vivre en accord, voire en harmonie, avec la nature. D'où également ces nombreux travaux sur les savoirs traditionnels présentés souvent comme des comportements aboutis de sociétés respectueuses de la nature.

Ainsi, pour les Indiens de la forêt boréale canadienne, la plupart des animaux sont dotés d'une âme. Ce qui leur confère des attributs identiques à ceux des humains, tels la

conscience réflexive, la vie affective ou le respect de principes éthiques. Ainsi la chasse est-elle conçue comme une interaction sociale avec des entités parfaitement conscientes des conventions qui les régissent. C'est en témoignant du respect aux animaux qu'on s'assure de leur connivence : il faut donc éviter le gâchis, tuer proprement et sans souffrances inutiles. Une attitude proche de celle des Indiens Wayampi de Guyane, pour lesquels tout excès de chasse provoque un conflit avec les esprits maîtres des animaux. Un comportement pondéré évitera aux hommes la maladie et le malheur.

En Afrique, quand la mentalité animiste prédominait, la nature était appréhendée également comme un ensemble d'êtres vivants, visibles ou invisibles, tous doués d'une personnalité à l'instar de l'être humain. Ce vaste ensemble était organisé et se comportait comme une gigantesque structure dont l'équilibre reposait sur l'harmonie des rapports entre les différents acteurs. L'être humain avait ses particularités qui le distinguent des autres êtres vivants, mais ne lui assurait aucune prééminence. Dans la nature, il était un élément parmi d'autres, un être faible comparé aux éléphants et aux lions. La nature a également une justice immanente qui ne manque pas de sévir contre ceux qui saccagent la faune et la flore. La nature a des « bergers », des gardiens invisibles mais vigilants dont les sanctions, d'ordre magique, sont plus efficaces que les amendes des agents des Eaux et Forêts. Ainsi, l'environnement était traditionnellement protégé par le biais de convictions idéologiques qui imposaient le respect de la nature, dont l'être humain ne se sentait nullement propriétaire.

Certes cet exotisme nous aide à réfléchir sur notre propre attitude à l'égard de la nature. Mais on ne peut ignorer que nombre de ces populations sont en voie d'acculturation et que, dans le quotidien, ces « bons sauvages » n'ont peut-être pas toujours une attitude aussi élaborée par rapport à la nature lorsqu'ils sont soumis aux sollicitations du marché. Comme le souligne Luc Ferry, on arrive très vite à proposer comme modèle les sociétés dites « sauvages » en oubliant qu'elles n'étaient pas des modèles de démocratie et que les gentils ours sont aussi de redoutables carnivores. À la question posée à des collègues africains sur ce que représentait pour eux la biodiversité, la réponse était le plus souvent : ce qui nous est utile. Ce qui est utile est nommé, ce qui ne l'est pas est ignoré. Sans compter que d'autres nous ont répondu que leurs parents connaissaient les plantes mais qu'ils avaient, quant à eux, perdu cette culture.

En Occident, cette « nature-sujet » se nourrit d'un élan romantique de retour à la nature, véritable paradis perdu. On ne manque pas de rappeler le regard amical que les sociétés autochtones portent sur la nature. On redécouvre la valeur des cultures non occidentales dont certaines avaient été jugées « primitives » ou « archaïques ». Ces savoirs paraissent, à tort ou à raison, plus écologiques que ceux prévalant aujourd'hui en Occident. À la limite, pour les courants intégristes, la nature est investie d'une valeur intrinsèque. C'est ce que défend notamment la *deep ecology*, qui voudrait faire de la nature un sujet de droit. D'où la critique féroce du modèle de développement occidental qui entraîne dans sa chute les peuples du Tiers-Monde et s'accompagne d'une critique tout aussi vive de la modernité. Au contraire, on fait l'éloge du local, avec l'amour de la terre, le refus de la mondialisation, un retour aux valeurs dites « naturelles ». Un discours qui est aussi sous-jacent sous la plume de certains anthropologues fascinés par leur objet d'étude.

Au plus profond de la forêt

Pour des raisons économiques, sociales, et écologiques, les forêts occupent une place importante dans l'imaginaire collectif. On ne peut ignorer le rôle que ces écosystèmes ont

joué dans les sociétés humaines en tant que sources de biens et de services, ni la manière dont ces sociétés ont tissé des rapports symboliques avec les forêts. La perception de ce milieu a toujours été empreinte d'ambiguïté, allant de la peur des forêts profondes à la sacralisation de certaines d'entre elles.

En effet, l'image que nous nous faisons de la forêt ne correspond pas nécessairement à la réalité objective. Elle est en partie liée à notre bagage culturel, aux contes qui ont bercé notre enfance, aux références littéraires et poétiques, à notre vécu individuel. Et c'est en fonction de cette image que les citoyens que nous sommes définissent leur comportement, prennent leurs décisions. Les contes et légendes liés à la forêt font partie des grands mythes occidentaux, comme l'épopée du roi Arthur et la légende de l'enchanteur Merlin dans la forêt de Brocéliande (aujourd'hui forêt de Paimpont).

La forêt : menace ou refuge ?

Au cours de l'histoire, la répulsion et la fascination pour la forêt auront été des sentiments partagés par les habitants des tropiques aussi bien que par ceux des zones tempérées. Beaucoup de contes et d'histoires populaires tendent à créer un imaginaire morbide et menaçant de la forêt. Ces schémas ressurgissent assez facilement lors de situations inhabituelles comme le fait de marcher de nuit dans une forêt, où la peur n'est pas très loin. La forêt est le lieu par excellence où l'on se perd, où l'on se cache, où l'on fait de mauvaises rencontres. Son caractère « sauvage » aurait, paraît-il, un rôle positif dans la construction de notre personnalité... Mais en même temps, nous sommes restés fidèle à une image romantique de la forêt : elle incarne une certaine idée de la nature dont nous avons tous la nostalgie, sans pouvoir bien la définir pour autant. Le phénomène des pluies acides au cours

Visite de la forêt de Fontainebleau

Dans *Le musée vert*, Bernard Kalaora campe une histoire des rapports à la forêt de Fontainebleau. Au début du XIX^e siècle, l'image populaire et littéraire de la forêt hostile et ténébreuse, à l'état originel de nature, fait place progressivement à celle d'une paisible zone d'accueil pour l'élite sociale. Les peintres de Barbizon ont posé sur la forêt un regard qui a d'une certaine manière contribué à immortaliser et à populariser ce paysage, et à cristalliser autour de lui des impressions, des sensations. Ils ont imposé dans leur œuvre une certaine vision des sous-bois, des futaies, des bosquets. Pourquoi ne pas aller sur place jouir de ce spectacle de la nature ? La forêt de Fontainebleau devient alors un nouveau salon que fréquente un public fortuné.

Cependant, élaborée et diffusée par l'élite artistique et parisienne, la pratique du loisir en forêt ne peut être laissée à l'initiative des usagers ordinaires dont l'ignorance est régulièrement dénoncée. Cette élite s'emploiera donc dans la seconde moitié du XIX^e siècle à établir des règles de consommation et d'usage. Celles-ci perdurent de nos jours et ont guidé les principes des aménagements récréatifs. Parmi les forêts d'Ile-de-France, celle de Fontainebleau représente une forme de paysage idéal que les forestiers contribuent à entretenir en agissant sur le milieu. Les usages vulgaires sont condamnés, et de nombreux guides sont publiés afin d'initier le promeneur aux règles du « savoir visiter » la forêt présentée comme un objet naturel élevé à la dignité d'œuvre d'art. Ces guides sont illustrés de lithographies reproduisant le plus souvent les sites peints par les artistes de Barbizon qui deviennent des buts de promenade. Cent cinquante kilomètres de sentiers sont aménagés, véritables galeries d'un musée que le promeneur est invité à emprunter pour profiter au mieux des merveilles de la forêt. De nos jours, nombre de visiteurs viennent encore en forêt de Fontainebleau pour s'émerveiller devant ce paysage unique dont la principale caractéristique est la beauté.

des années 1970-1980, qui a fait craindre une dégradation de grande ampleur des forêts, a ainsi été perçu comme une agression du monde industriel à l'encontre de cette image de la nature. Certains ont dénoncé à cette occasion un dérapage de la science et du progrès.

Des enquêtes montrent d'ailleurs que les citoyens recherchent autre chose que les discours technique ou « scientifique » sur la nature. La forêt est bien autre chose qu'une réserve de bois ou de biodiversité... ou que le poumon vert parfois évoqué de manière erronée ! La forêt est perçue comme une échappatoire au stress de la vie urbaine, au quotidien. Des études sociologiques confirment d'ailleurs que le citoyen occidental met le plus souvent en exergue les valeurs non marchandes de la forêt (paysage, loisir, vie sociale) que son rôle productif ou écologique. Il est possible qu'ayant satisfait ses besoins matériels de base, le citoyen puisse maintenant porter d'autres regards sur la forêt. Toujours est-il que pour le gestionnaire, les valeurs non marchandes deviennent un véritable enjeu social.

Les sociologues ont également souligné l'opposition qui est faite entre la forêt et la ville. Dans l'histoire de l'humanité, l'homme a toujours tenté de repousser la forêt en la défrichant. Mais nous sommes allés trop loin, et il y a comme un sentiment de culpabilité, la forêt reprenant alors son statut de nature vierge.

La symbolique de l'arbre

La symbolique de l'arbre est d'abord liée au cycle de vie : dans de nombreuses cultures, la tradition est de planter un arbre à la naissance de l'enfant. Mais l'arbre voit également passer les hommes, les époques, parfois même les civilisations. Il incarne la mémoire collective, la stabilité plutôt que le changement. La coupe d'un arbre est interprétée comme une atteinte à cette mémoire collective. La mort de l'arbre est inconsciemment rapprochée de celle de l'être humain.

Les arbres remarquables par leur morphologie, leurs dimensions, ou leur histoire constituent de véritables pièces de musée qui participent du patrimoine culturel d'un pays. L'arbre « remarquable » est un objet visible et lisible avec lequel on peut entretenir des liens. Il parle plus à l'imaginaire que le massif forestier composé d'anonymes. Il est vrai que certaines espèces comme le chêne et l'érable dépassent fréquemment cinq siècles et que le cèdre, le noyer, le châtaigner ou le tilleul peuvent atteindre le millénaire. Quant au séquoia, deux ou trois millénaires ne lui font pas peur.

Alors que la plante rare et menacée est un objet de référence écologique qui touche finalement assez peu les autres acteurs sociaux, l'arbre remarquable fait l'objet de l'attention des promeneurs, des urbains, des forestiers, des historiens, des médias. Les arbres s'imposent comme des représentants du temps. Ils fascinent par leur aspect étrange ou spectaculaire. En matière de gestion, ils s'inscrivent dans des logiques patrimoniales et esthétiques par rapport aux logiques productivistes de la forêt. Le géographe Paul Arnoud nous dit combien la mort de ces arbres remarquables peut être un véritable drame qu'il interprète comme un syndrome du mal-être des gens des villes en quête de racines. En effet, les ruraux n'ont pas ce genre d'états d'âme, l'arbre étant pour eux un objet fonctionnel. Ainsi l'abattage de « sapins présidents » dans le Jura, élus par les habitants de la commune comme les plus hauts et les plus beaux, donne lieu à des fêtes.

Dans les conceptions traditionnelles, les arbres, comme tous les êtres vivants, avaient une « âme » qui pouvait se manifester en certaines occasions. À l'époque préchrétienne, le culte du chêne était répandu en Europe, où il a longtemps survécu, même après la christianisation. Les chênes sacrés étaient certainement de très vieux arbres aux dimensions

exceptionnelles. Les Germains vénéraient en eux de divins ancêtres : si le frêne était consacré à Odin, le chêne était l'arbre de Thor, le dieu du tonnerre, l'équivalent de Jupiter. Chez les Celtes également, l'image de Zeus était un grand chêne, mais le culte de cet arbre était très ancien. Les druides récoltaient le gui sur les chênes. Le tribunal des anciens Slaves, comme celui des Celtes et des Germains, siégeait à l'ombre d'un vieux chêne sacré, usage qui a longtemps persisté puisque Saint Louis le respectait encore.

Les bois sacrés

Le bois sacré est un espace réservé, protégé, et occupé par un dieu. Ce sont les plus anciens sanctuaires, bien antérieurs à la construction des temples qui furent souvent élevés au milieu des forêts. Beaucoup de temples helléniques primitifs se situaient près d'un bosquet sacré. Cette pratique a perduré chez les Celtes et les Germains. La présence de l'arbre fortifiait la présence du divin car il représente le pont entre le ciel et la terre.

Les missionnaires chrétiens envoyés convertir les païens entreprirent d'interdire le culte rendu aux arbres, et de détruire les bois sacrés. Le christianisme parvint, non sans peine, à extirper des campagnes le culte rendu aux arbres sacrés, mais il ne put jamais anéantir tout à fait les croyances que ceux-ci avaient engendrées ; le folklore en contient encore quelques traces. L'implantation des monastères au fond des bois n'avait pas seulement pour objet d'y trouver la paix et le silence indispensables à la méditation, mais aussi de neutraliser les forces diaboliques s'y étant réfugiées. Les moines exorcisaient les forêts en les défrichant, et il arrivait que les monastères soient fondés sur l'emplacement d'anciens bois sacrés.

Des forêts sacrées existent dans de nombreuses régions du monde, que ce soit la Chine, l'Inde ou l'Afrique. Ce sont souvent des sanctuaires où sont enterrés les ancêtres et où se tiennent les dieux. Elles sont alors des lieux de culte inviolables où il est interdit de couper les arbres. Leur accès est interdit sauf aux « maîtres du culte ». Ils y viennent à l'occasion y chercher les plantes médicinales dont ils ont besoin. Dans certaines régions d'Afrique, le bois sacré est également l'espace où se déroulent les initiations, et certains rites sacrificiels destinés à apaiser les esprits menaçants. Ces sites naturels, dont certains ont pu être conservés, intéressent aujourd'hui les protecteurs de la nature car ils peuvent servir de point d'appui pour des politiques de conservation.

L'animal dans notre imaginaire

Fort heureusement, nous ne vivons pas dans un monde complètement rationnel au sens où l'entendent les scientifiques. Les mythes et les religions donnent aussi une signification et une cohérence au monde. On a eu tendance à déprécier et à décrédibiliser les mythes. Et pourtant ! Ils ont joué et continuent de jouer un rôle essentiel dans nos représentations du monde. Ils donnent accès au merveilleux qui participe à notre équilibre psychique. Car les mythes et les légendes ont bercé notre enfance et ils ont marqué notre inconscient. Ils vont par la suite influencer plus ou moins directement nos comportements. Et beaucoup d'entre eux mettent en scène des animaux. Pensons aux contes de Perrault et aux fables de La Fontaine. Pensons à tous les dictons populaires qui mettent en scène des animaux. Boris Cyrulnik nous le rappelle : « Compagnons de la vie de tous les jours, les animaux sont aussi parmi les supports de notre pensée. Ils ont symbolisé nos croyances, peuplé nos contes et nos légendes, hanté notre imaginaire pour nous permettre de mieux nous comprendre. »

L'histoire de nos rapports avec les animaux, c'est en somme l'histoire du regard que nous portons sur eux. Un regard très différent selon l'époque et selon le lieu. Un regard chargé de toutes nos angoisses, de nos interrogations et de nos représentations du monde. Gardons-nous néanmoins de généraliser et de penser que notre culture occidentale est universelle... Il y a de nombreuses manières de concevoir le monde, toutes respectables.

Le culte des animaux

Les premiers *Homo sapiens* ont accordé une grande place aux animaux. Les crânes d'ours étaient assez fréquents dans les pratiques rituelles des Néanderthaliens. Certains l'ont rapproché du culte de l'ours pratiqué aussi en Laponie et en Sibérie. Quant à l'homme de Cro-Magnon, il a laissé de nombreuses représentations animales (peintures, sculptures) dans les grottes. Des représentations qui ont donné lieu à de nombreuses exégèses quant à leur signification : pratiques et rites magiques en liaison avec la chasse ? Ou destinés à apprivoiser les esprits pour se protéger des animaux dangereux tels que les ours et les lions des cavernes ? Il est difficile de se faire une opinion définitive.

Dans les sociétés anciennes, les dieux ont souvent été représentés sous des formes animales, et de nombreux animaux ont été les intermédiaires entre les hommes et les dieux. En Égypte, le culte des animaux a été particulièrement développé depuis fort longtemps : certains étaient momifiés à leur mort. Les animaux sacrés considérés comme les incarnations des dieux vivaient dans les temples. Il y en avait un par temple, choisi par les prêtres, qui faisait l'objet d'un culte. À leur mort, ils étaient enterrés avec le même cérémonial que les humains. Les prêtres recherchaient ensuite dans quel autre animal de l'espèce le dieu s'est réincarné. On a retrouvé des cimetières de chiens, de taureaux, de béliers et de gazelles, très antérieurs aux premières dynasties. Par exemple, certains dieux se voyaient attribuer un animal : l'ibis et le babouin sont des animaux sacrés de Thot, le dieu scribe ; le faucon est l'animal du dieu Horus ; le bélier est celui d'Amon-Ré, dieu créateur, dont il symbolise le pouvoir ; le chat est celui de Mout. D'autres sont représentés avec une tête animale comme Anubis, dieu à tête de chacal mais au corps d'homme. À partir de la basse époque, une espèce animale a pu être l'incarnation de la divinité protectrice de la région : les chiens à Cynopolis, les chats à Boubastis, les crocodiles au Fayoum, l'hippopotame à Papremis, le taureau Apis à Memphis. Les crocodiles sacrés, émanation du dieu Sobek, étaient vénérés dans la ville de Crocodilopolis, aujourd'hui Medinet El-Fayoum. Les nombreux animaux incarnant les dieux égyptiens étaient tous des animaux du fleuve et du désert, c'est-à-dire du monde quotidien.

En Inde, la vache, symbole de l'abondance, est l'animal sacré par excellence. Selon la tradition, la vache et Brahma furent créés le même jour par Brahman. Il s'ensuit que le meurtre d'une vache constitue un péché aussi grave que le meurtre d'un brahmane. Les vaches fournissent symboliquement ou matériellement tout ce dont l'homme a besoin : de leurs cornes surgit l'abondance, de leur lait la nourriture et le beurre, combustible pour les lampes de prière, de leur urine les éléments essentiels à la médecine, et de leur bouse le chauffage de la maison.

Le symbolisme du bouc dans le bassin méditerranéen est entaché de malédiction. Il a servi longtemps à expier les péchés des Juifs : le prêtre devait immoler un bouc chargé symboliquement de toutes les fautes des hommes. D'où l'expression de « bouc émissaire ».

Totems et tabous

Un totem est un animal, une plante ou plus rarement un objet, considérés comme protecteurs d'un individu ou d'un groupe d'individus. On désigne également par le terme « totem » la représentation sculptée ou peinte de cet animal, de cette plante ou de cet objet.

Quelques oiseaux sacrés ou porteur de mythes

Le quetzal est associé au dieu Quetzalcoatl, le serpent à plumes des Aztèques.

L'ibis sacré est consacré au dieu Thot en Égypte, assimilé par les Grecs à Hermès.

La grue est le symbole de la longévité en Asie.

La colombe de la paix symbolise aussi le Saint-Esprit.

Les cygnes sont les oiseaux sacrés d'Apollon.

Le corbeau était sacré chez les Celtes et signifiait le déchirement de la chair dans les combats. Les légendes scandinaves montrent deux corbeaux, perchés sur le siège d'Odin dont ils sont les messagers. Chez les Grecs, le corbeau est associé à Apollon. Dans la culture judéo-chrétienne, le corbeau est un oiseau de mauvais augure.

Les oies du Capitole sauvèrent les romains en donnant l'alerte lors d'une attaque nocturne des Gaulois.

Le simorgh est l'oiseau souverain dans le Panthéon animal de la Perse.

Le Phénix : « Il y a un oiseau, un seul, qui se renouvelle et se recrée lui-même. Les Assyriens l'appellent le Phénix » (Ovide). Dans les traditions funéraires de l'Égypte ancienne, l'âme du défunt était parfois représentée sous la forme d'un oiseau sacré, un héron auquel on prêtait les pouvoirs fabuleux du phénix.

Le coq gaulois... le coq chante aussi trois fois pour rappeler à saint Pierre qu'il a renié le Christ par trois fois. Le coq blanc symbolise la vie renaissante triomphant de la mort.

Depuis la nuit des temps, les rapaces ont toujours véhiculés de nombreux symboles : on attribuait la force à l'aigle, la vitesse au faucon, la sagesse et le savoir à la chouette et au hibou, la mort aux vautours, etc.

L'effigie du vautour fauve Nekhbet, qui était le protecteur des pharaons, formait l'une des couronnes royales d'Égypte. Le dieu Horus, fils d'Isis et d'Osiris, était représenté avec une tête de faucon pèlerin.

Dans la mythologie grecque, Zeus, dieu de la foudre, avait pour attribut un aigle, dont on croyait qu'il était le seul oiseau vivant sur le mont Olympe. En Inde, Vishnu se transporte sur le dos de Garuda le roi des oiseaux, mi-aigle, mi-homme. Il est le grand ennemi des serpents et de toute forme de mal.

Chez les Indiens du Nord, l'oiseau-tonnerre était une sorte de grand aigle ou de vautour qui vit au ciel et qui produit le tonnerre en battant des ailes. Pour les Mongols, l'âme des nobles s'envolait sous la forme d'un gerfaut.

Athéna, fille de Zeus et déesse de la sagesse, portait une chouette sur l'épaule, une chouette qui apparaît sur les monnaies anciennes d'Athènes. Par la suite, les chouettes et les hiboux étaient attribués aux sorcières et aux mages démoniaques. Afin de conjurer le mauvais sort, on les clouait sur les portes des maisons.

Et ainsi de suite...

L'animal totem est souvent considéré comme l'animal ancêtre du groupe ; il est interdit de chasser ou de tuer l'animal totem. Ainsi, le loup avait un grand prestige chez les anciens peuples européens, et il était un totem chez les Celtes, comme il l'est encore aujourd'hui chez les Amérindiens. Les totems sculptés et exposés devant les maisons des Indiens étaient des monuments racontant l'histoire de ces familles et rappelant leur rang et leur lignage. Chaque famille avait son histoire qui la disait issue d'un esprit en forme d'animal, comme le corbeau, le loup, l'ours ou l'aigle. Sculpter ces figures légendaires était un devoir familial, au même titre que porter ses armoiries dans l'Europe médiévale.

Les guerriers celtes, quant à eux, prenaient un nom d'animal représentant une qualité qui correspondait à un trait de leur caractère ou qu'ils désiraient acquérir. Il était alors interdit au « totémisé » de manger de son animal totem. On rapporte que nombre de tribus et de clans parmi lesquels le « Peuple chat » écossais, ainsi que les « Tribu du loup » et les « Tête de chien » irlandaises étaient sensés descendre d'animaux. Il en était de même pour certaines familles. On retrouve le phoque, par exemple, à l'origine d'au moins six noms de familles écossais et irlandais. La plupart des tribus avaient également des animaux totems dont ils tiraient leurs noms ; ainsi les Caerini et Lugj du Sutherland (Peuple du mouton et Peuple du corbeau), les Epidii de Kintyre (Peuple cheval).

Chez les Bambara du Mali, le poisson-chat (silure) est le totem des Coulibaly depuis que deux frères, fondateurs légendaires des royaumes Bambara au début du ^{XVI}^e siècle, auraient échappés à des ennemis en traversant un fleuve sur le dos d'un grand silure, prenant le nom de Coulibaly (qui signifie « sans pirogue »). Pour des raisons similaires, le crocodile est totem en pays Dogon et, dans certains villages, les animaux circulent en liberté, nourris en partie par les villageois. L'histoire raconte qu'un chasseur assoiffé aurait survécu parce qu'un crocodile lui aurait montré le chemin de l'eau. Depuis, le crocodile est protégé.

Aujourd'hui, l'animal continue de nous fasciner. De nombreuses équipes sportives ont pour totem des animaux : les Lions indomptables du Cameroun, les Lions du Sénégal, les Éléphants de Côte-d'Ivoire, les Étalous du Burkina Faso, les Léopards du Congo, etc. De même, plus près de nous, chaque scout a un totem qui est le nom qu'il porte à la place de son prénom. Il s'agit le plus souvent d'accoler un nom d'animal à un adjectif : lièvre placide, bison bondissant, kangourou déluré, rainette mélodieuse... La liste est impressionnante ! La cérémonie de totémisation est souvent le prétexte à une mise en scène et des épreuves initiatiques.

Représentations animales sur les drapeaux

Aigle : Empire austro-hongrois, Empire romain, Saint Empire romain germanique, Albanie, Égypte, Kazakhstan, Mexique, Moldavie, Zambie, Zimbabwe.

Dragon : Bouthan.

Éléphant : Laos, Thaïlande.

Condor : Colombie, Équateur.

Grue : Ouganda.

Lion : Sri Lanka, ancien drapeau perse.

Paradisier : Papouasie-Nouvelle-Guinée.

Perroquet : Dominique.

Quetzal : Guatemala.

Lévi-Strauss s'est longuement étendu sur cette question du totémisme. Selon lui, c'est une erreur d'avoir pris l'animal-totem pour une représentation de l'ancêtre, ce qui reviendrait à considérer le totem comme un individu. Pour Lévi-Strauss, ce qui intéresse les sociétés totémiques dans le totem, c'est la diversité des formes sensibles qui le compose (la forme des pattes ou du bec, la couleur du pelage, les habitudes alimentaires...). Si les totems sont compris comme des systèmes de différences, on cesse alors de chercher ce qu'ils représentent pour comprendre en quoi ils diffèrent : ce qui est important pour le Clan de l'ours, ce n'est pas que ses membres ressemblent à des ours, c'est en quoi l'ours diffère du tapir, ce qui permet au Clan de l'ours de se distinguer du Clan du tapir. Le but de l'ethnologue,

lorsqu'il veut reconstituer la logique des classifications totémiques, est donc de relever toutes les différences sensibles entre les espèces totémiques, sans préjuger de la différence qui sera considérée comme déterminante dans un contexte donné.

Mettre en scène les animaux pour édifier les hommes

La majeure partie des connaissances des hommes du Moyen Âge concernant les animaux s'appuie sur des textes anciens : *Histoire naturelle* de Pline l'Ancien, *Histoire des Animaux* d'Aristote – redécouverte au XIII^e siècle de notre ère –, et le *Physiologus*, un texte grec rédigé à Alexandrie au I^{er} siècle après J.-C., synthèse de la science antique, païenne, et de l'interprétation chrétienne où les animaux sont décrits tout à la fois sous l'angle réel, allégorique et moral. Le *Physiologus* attribue ainsi aux animaux un sens moral et spirituel pour l'édification des chrétiens. L'animal, qu'il soit réel ou fantastique, est là pour donner une image de l'homme, illustrer un mythe, rendre plus réaliste une morale ou une interprétation religieuse.

Les fables d'Ésope et de Phèdre ont animé le Moyen Âge et inspiré La Fontaine. Elles mettent en scène des animaux stéréotypés, qui reproduisent des comportements humains. Pendant des siècles, l'art et la littérature vont s'emparer de l'animal. Citons les *Fables* de La Fontaine, mais aussi *Le roman de Renard*, ensemble de contes où Goupil s'oppose au loup Ysengrin, devenu un classique. Les contes d'Andersen, avec notamment son vilain petit canard, représentent une source inépuisable d'inspiration pour nos dessins animés. Mickey est devenu un mythe planétaire et Winnie l'ourson une vraie superstar. De nos jours, le zoomorphisme est toujours bien présent dans des œuvres destinées aux enfants comme de nombreux films de Walt Disney.

Des monstres pour se faire peur

Les monstres (*monstrum* signifie prodige, avertissement, signe divin) ont occupé une place privilégiée dans l'imaginaire des sociétés depuis très longtemps. Mircea Eliade (*Le sacré et le profane, Aspects du mythe*) évoque souvent dans ses écrits le rôle du monstre comme élément fondateur du monde dans plusieurs cultures et sociétés anciennes. Il s'agit de créatures fantastiques, souvent immenses et protéiformes, liées à l'élément aquatique mais pouvant se mouvoir sur terre, de forme reptilienne ou serpentiforme. Les monstres représentent un état primitif du monde et de la vie. Ils symbolisent le chaos originel.

« Les animaux les plus grands habitent la mer des Indes : baleines d'une surface d'un hectare, requins-scies de cent mètres de long ; les anguilles du Gange [...] atteignent neuf mètres. Mais les monstres apparaissent surtout aux solstices. » Pline l'Ancien

Sur les premières cartes marines dessinées par les navigateurs occidentaux, la mer est peuplée d'animaux fabuleux. Les descriptions en sont données dans les bestiaires, dont les auteurs font souvent référence aux anciens ; le fantastique est toujours présent.

Le bestiaire médiéval s'inspire beaucoup du *Physiologus*. Ce dernier abonde en animaux complètement étrangers au quotidien des Occidentaux (lion, autruche, éléphant, singe, etc. vivant en Égypte et en Asie), ainsi qu'en animaux imaginaires (hydre, sirène, dragon, phénix, licorne, etc.) cités par la Bible et les auteurs antiques, et dont l'existence n'était pas remise en doute. D'ailleurs, on vendait au Moyen Âge des cornes de licornes qui étaient en réalité des défenses de mammouth. Il en était de même des fables associées à certains

Le kraken est une créature fantastique issue des légendes scandinaves. Ce monstre de grande taille, doté de nombreux tentacules a la réputation de faire chavirer les navires et de dévorer les marins. On en reparle dans la seconde moitié du XIX^e siècle quand plusieurs témoignages tendent à confirmer l'existence de céphalopodes géants. En 1861, l'avis de la marine française *l'Alecton* rencontre un de ces animaux mais ne parvient à rapporter qu'une partie du corps. Une controverse scientifique ne manque pas d'éclater sur l'existence ou non de ces monstres. Même si l'animal n'est pas encore connu dans son « entier », Jules Verne va construire son ouvrage mythique, *Vingt Mille lieux sous les mers* autour du calmar géant. En y ajoutant quelques autres curiosités dont des crustacés gigantesques.

animaux : la salamandre résiste au feu, le phénix renaît de ses cendres, etc. Il faut attendre le XIII^e siècle pour qu'Albert le Grand, évêque de Ratisbonne, compare les écrits anciens à ce qu'il connaît personnellement. Et qu'il rejette, encore timidement, nombre de fables ou de fausses connaissances dans son *Traité de la science des animaux* (1280) qui est l'un des tous premiers ouvrages de sciences naturelles.

Le traité *Des monstres et prodiges* a été publié en 1573 par Ambroise Paré, chirurgien royal, reconnu par ailleurs comme le fondateur de la chirurgie moderne. C'est un bestiaire où les monstres humains, « produits au corps des hommes et femmes », occupent une place de choix. L'auteur a puisé dans les sources antiques et médiévales. Certes, le monstre peut être considéré comme un « raté de la reproduction ». Mais il a gardé son caractère sacré : c'est un signe et un avertissement divin. Les plus horribles « procèdent du jugement de Dieu » selon Paré et « ils nous avertissent des malheurs dont nous sommes menacés (à la suite) de quelques grands désordres ». En bref, le monstre est la manifestation de la colère de Dieu.

Au XVI^e siècle, des savants comme Pierre Belon pouvaient dire : « Les monstres marins ont été créés par Dieu pour que l'on admire la terre. Ils s'offrent rarement au regard des hommes, c'est pourquoi ils nous émerveillent. Mis à part l'homme qui participe un peu de la Trinité, ils sont une des plus extraordinaires créations de Dieu sur terre. Car quoi de plus extraordinaire au monde qu'une baleine haute comme une colline ou longue comme une vaste plaine ! Non pas bien sûr de celles que l'on peut voir en Méditerranée, mais celles de l'Océan ou des mers inconnues. Il y a bien d'autres monstres dont la taille et la diversité disent la magnificence du Seigneur. »

L'art du Moyen Âge européen avait, dans ses périodes baroques, extrait de la nature des représentations d'insectes, de serpents, de batraciens, de poissons, d'oiseaux pour les déformer en créatures diaboliques (par exemple dans les tableaux de Jérôme Bosch). Les sciences naturelles naissantes contribuaient ainsi à forger des images fascinantes dont on ne sait pas très bien si elles étaient conçues pour l'édification des fidèles ou pour le plaisir du jeu.

Les monstres ont donc été des compagnons familiers de l'humanité depuis très longtemps. C'est une constante permanente de l'expression artistique. Quel rôle jouaient-ils dans l'imaginaire de nos ancêtres ? Ils s'opposent de toute évidence au banal, au normal. En face de l'ordre et de l'harmonie, le monstre est une ouverture possible sur le chaos. Dans les premières figures antiques, le monstre est le plus souvent confronté à un héros qui peut avoir une vertu fondatrice : Thésée et le Minotaure, Persée et la méduse, etc. Il semble avoir une fonction : symboliser un obstacle, un élément négatif, que le héros mythique doit éliminer pour rétablir l'ordre et l'harmonie du monde. Les mythes et les épopées médiévales relatent les faits et gestes des héros – emblèmes des sociétés – face aux monstres. Ils s'inscrivent dans la logique de contenir cette menace. La figure du chevalier terrassant

le monstre (assimilation à saint Michel terrassant le dragon) est fort répandue. Ce combat permet de révéler les qualités du héros tout en positivant sa violence interne. La récompense est infailliblement le cœur d'une princesse, ce qui a été interprété comme la version sublimée de son sexe.

La recette pour inventer un monstre est connue : un assemblage de morceaux de corps, de dents, de griffes, de carapaces, etc., empruntés à divers animaux ou tout simplement imaginés, dont le mélange dans un seul être engendre l'horreur, la répulsion, la peur. L'archétype en est le dragon. Les animaux pour lesquels la répulsion est la plus vive sont particulièrement sollicités. C'est le cas par exemple pour les pieuvres, les serpents et les reptiles qui remplissent la même fonction mythologique de par le monde.

Au Moyen Âge, les clercs, fascinés par l'image du serpent ou du dragon, symbole du Malin, lui donnent une importance jusqu'alors ignorée dans le christianisme des premiers temps qui avait longtemps représenté le diable... sous la forme d'un ange. C'est sans aucun doute le Moyen Âge latin qui a, dans nos cultures, le plus contribué à former une image du dragon héritière des mythologies, mais surtout du monstre de l'Apocalypse. Cet animal fantastique et terrifiant est donné comme symbole par excellence du mal, c'est-à-dire comme créature privilégiée du diable. Il est aussi l'animal de l'épreuve, qui amène le chevalier à se surpasser pour son honneur et sa gloire. Cette image médiévale transmet à la postérité – dans la plus longue durée – un véritable archétype, générateur d'un mythe.

« La tête du braque, les yeux du chat, les oreilles du hérisson, le museau du lièvre, le sourcil du lion, les temps d'un vieux coq et le cou de la tortue », c'est l'une des descriptions du dragon selon Léonard de Vinci ; une combinaison de traits plus compliquée encore que l'image familière du reptile cracheur de feu à ailes de chauve-souris. Des premières représentations en Chine, il y a plus de six mille ans, aux créatures infernales du cinéma hollywoodien, le dragon adopte en effet des physionomies multiples et changeantes. Présent dans la plupart des mythes de création du monde, ce monstre hybride est par essence ambivalent. Symbole de fertilité, de prospérité et de sagesse en Asie, il est pour l'Occident chrétien une incarnation du mal. Saints, évêques ou chevaliers lui livrent un combat sans merci. Car, si l'on en croit les voyageurs et les savants, de l'Antiquité jusqu'au milieu du XVIII^e siècle, le dragon est bien un animal réel. Aujourd'hui, les dragons ont rejoint l'imaginaire, sans rien perdre pourtant de leur pouvoir de fascination.

Des monstres aux dinosaures ?

La quête d'animaux extraordinaires interpelle notre imagination ; elle se manifeste actuellement par l'incroyable succès des dinosaures auprès des enfants comme des adultes. Que ce soit par les livres, les films, les expositions, les maquettes, les parcs... ces animaux disparus il y a 65 millions d'années vivent une nouvelle existence. Ils permettent en quelque sorte aux monstres, qui ont toujours fasciné l'humanité, de se réincarner dans la culture contemporaine.

Il y a néanmoins une grande différence entre monstres et dinosaures. Les uns sont des êtres composites, alors qu'avec les dinosaures, la nature est allée au-delà de l'imaginaire humain. Tous les dinosaures ont des apparences « naturelles », ce qui rend leur réalité comme monstres infiniment plus palpable. Ces monstres ont existé *pour de vrai*.

Il y a les « bons » et les « mauvais » dinosaures. Les « bons » sont herbivores, vivent en troupeau, pondent des œufs et protègent les jeunes : des animaux ordinaires en quelque sorte. Les « méchants » ont des dents énormes. Ils chassent en meute ou sont de redoutables

prédateurs solitaires, comme les loups, les tigres ou les requins qui ont alimenté nos peurs d'enfants.

Les médias ont largement compris tout le parti qu'ils pouvaient tirer des dinosaures pour attirer le public. En tant qu'héritiers légitimes des monstres, ceux-ci occupent un « créneau porteur ». Ils sont les témoins d'un passé de la Terre qui est en somme, grâce à eux, redécouvert. Quelque part, une fraternité s'est établie entre le destin tragique du dinosaure et celui, potentiel, de l'homme. Le dinosaure devient un symbole qui exprime toute la fragilité du vivant, même lorsqu'il semble en pleine force. Il permet de bâtir un récit, de conter une histoire. Sans oublier un élément capital du récit épique : le mystère de la disparition des dinosaures, pour laquelle plusieurs hypothèses ont été avancées. L'idée que cette extinction ait été précipitée par l'impact sur la Terre d'une très grosse météorite d'un diamètre d'environ 10 km a d'abord été considérée comme un peu farfelue avant de devenir un objet de recherche. Le lieu de l'impact est connu (sur la côte nord du Yucatan), et les conditions apocalyptiques de l'événement ont été minutieusement reconstituées à partir de l'analyse des traces laissées dans les couches géologiques à la limite entre le Crétacé et le Tertiaire, il y a 65 millions d'années. Certains pensent qu'il faut tenir compte aussi de formidables éruptions volcaniques (le jaillissement du basalte des *traps*² du Dekkan dans l'Inde).

Ce ne sont pas les savantes reconstitutions des squelettes présentées dans les muséums, si impressionnantes soient-elles, qui pouvaient apporter une telle célébrité à ces animaux disparus. Il fallait reconstituer l'aspect de l'animal, suggérer son mode de vie, le mettre en situation dans un paysage, le rendre « vivant » en somme. Pour cela, les savants avaient besoin de la puissance d'évocation de l'art, de l'image. L'irruption des dinosaures dans la culture est l'équivalent de la découverte d'un continent ou d'une planète inconnue pour alimenter l'imaginaire. Elle produit des films, des séries télé, des romans, des bandes dessinées, elle consacre des lieux, des musées, des parcs nationaux, des sites. Le dinosaure, en quelque sorte, a créé une économie. Peu importe qu'il n'y ait pas de recouvrement entre la période des hommes et celle des dinosaures. Les mammoth sont finalement moins impressionnants, et font moins peur, que *Tyrannosaurus rex*.

La recherche aussi bénéficie des retombées de l'enthousiasme médiatique. Les chercheurs tirent profit de cet engouement pour se valoriser socialement. Il est plus excitant de rencontrer un « chasseur de dinosaures » qu'un systématiste spécialiste d'un groupe obscur ! Finalement, le dinosaure s'intègre à un courant culturel dont les racines sont anciennes. Il mélange science, art, poésie, littérature, folklore, spectacle et, peut-être aussi, psychanalyse...

Hasardons-nous dans la psychanalyse. Pourquoi les dinosaures ont-ils autant de succès ? Pour le psychologue Pascal Hachet, c'est parce qu'ils représenteraient les aïeux. Points communs : ils sont vieux, impressionnants, fascinants et... éteints. De sorte que s'ils nous font peur, ils ne risquent de toute façon plus de revenir. Or, dans *Jurassic Park*, si l'on garde cette lecture, la barrière des générations est rompue. Cette fiction illustrerait l'effort que chaque enfant accomplit pour s'accommoder de ce qu'il reçoit de meilleur et de pire en terme d'héritage psychique. En effet, les individus ne se construisent pas seulement par le biais d'identifications conscientes, mais également avec ce qu'ils élaborent psychiquement à partir des contenus mentaux qui émanent des générations précédentes... Les dinosaures ont été maîtres du monde en leur temps, tout comme l'ont été nos aïeux. Et comme eux, ils n'ont pas été tendres les uns avec les autres !

² Empilement de coulées de laves formant les falaises en escaliers dans le sud de l'Inde.

Pour le psychiatre Serge Tisseron, les dinosaures et les Néandertaliens permettent la mise en scène de deux questions insolubles qui ne cessent de préoccuper tout être humain : son existence d'avant sa venue au monde et celle de ses ancêtres. « Chez l'enfant, la passion pour ces gros animaux prend ainsi en charge une part des questions qu'il se pose autour de son entrée dans la vie. Leur masse pesante rappelle l'impuissance motrice du nouveau-né. Leur gigantesque appétit résonne avec le moment de la vie du bébé où son lien avec le monde s'organisait autour du désir de tout porter à sa bouche et de l'angoisse d'être dévoré. Quant à la répartition des dinosaures en deux catégories, herbivore et carnivore, elle est un miroir des tendances opposées que tout enfant ressent en lui : pacifique et social d'un côté, comme les grands ruminants vivant en bandes ; carnassier et prédateur de l'autre, à l'image du fameux *Tyrannosaurus rex*. » À chacun d'y retrouver ses émotions d'enfants !

Vampires et dents de la mer

La thématique du sang exprime à la fois le désir d'immortalité et la peur devant la maladie et la mort. Elle évoque aussi la relation entre la vie et la mort : l'immortalité est un rêve qui peut tourner au cauchemar.

Au xx^e siècle, on trouve de très nombreuses références aux vampires dans la littérature et dans les médias : au cinéma, à la télévision et dans les jeux de rôles. Dans la première moitié du xx^e siècle, le vampire est surtout masculin, il se féminise après la Seconde Guerre mondiale. Le statut social du vampire s'est aussi largement diversifié : domaine réservé des aristocrates évoluant dans des manoirs ou des châteaux, il s'est démocratisé et vit maintenant dans les villes.

L'attrait quelque peu morbide pour les requins ne se tarit pas depuis le film fameux *Les dents de la mer*. Il est vrai que cet animal a depuis longtemps mauvaise réputation : « Ce poisson mange les autres, il est très goulu, il dévore les hommes entiers, comme on a connu par expérience ; car à Nice et à Marseille on a autrefois pris des Lamies (requins), dans l'estomac desquelles on a trouvé homme armé entier. » (Rondelet, 1554). Pourtant, parmi les nombreuses espèces de requins, seules quelques-unes sont dangereuses pour l'homme, comme le grand requin blanc. Et les décès dus à des attaques de requins restent marginaux si on les compare à ceux causés par les chiens ou par les serpents. Cet attrait aura eu au moins un effet positif : mieux connaître ces animaux. Car le requin qui nous effraie est devenu un animal menacé par une pêche intense visant essentiellement à alimenter le marché asiatique en ailerons.

L'animal a-t-il une âme ?

Chez les Grecs, les animaux, tout comme les dieux et les hommes, ont été produits par Gaïa, la Terre-Mère. À l'âge d'or, les hommes sont à côté des dieux : les animaux servent simplement de nourriture aux dieux et aux hommes, ou font l'objet de sacrifices. Cependant les Grecs furent de fins observateurs du comportement des animaux dans le but d'éclairer les mécanismes de la pensée. Aristote, qui est considéré par ailleurs comme l'une des figures fondatrices de la zoologie, observait dans des ruches transparentes la « politique » des abeilles. Son *Histoire des animaux* traite aussi bien de la description des animaux que de leur anatomie, leur éthologie, et leur écologie. Oppien de Syrie, au III^e siècle après J.-C., est fasciné par la seiche car elle appartient à l'élite des trompeurs : pour tromper l'ennemi, elle relâche un nuage d'encre qui lui permet de se dérober à l'agresseur, voire d'en faire sa victime. Elle

partage ainsi bien des qualités du dieu Hermès, qui sait lui aussi disparaître dans l'ombre. Les pythagoriciens, au IV^e siècle avant notre ère, ont essayé quant à eux de propager la doctrine de la métempsycose, également présente dans le brahmanisme, selon laquelle l'âme peut animer successivement plusieurs corps humains, animaux ou végétaux. Ce fut un échec.

La Bible nous dépeint un monde un peu similaire à celui des Grecs. Au paradis, les bêtes et les hommes, tous herbivores, vivaient en parfaite harmonie (Gen. I, 30). Une harmonie brisée après qu'Adam et Eve en furent chassés : le péché originel introduit l'hostilité. L'arche dans laquelle Noé embarque avec les siens un couple de chaque espèce évoque cette forme de paradis temporairement reconstitué. Pourtant, après le Déluge, Dieu édicta de nouvelles règles : l'homme pourrait désormais se nourrir de l'animal, à qui il sera demandé des comptes s'il a versé le sang des hommes. Mais simultanément, Dieu nourrit les animaux par sa providence, et ces derniers se tournent vers lui (Ps., CIV, 21) et le louent (Ps., CIII, 10). La Loi protège les animaux au même titre que les pauvres et les faibles. L'abattage doit être le moins douloureux possible et le sang ne doit pas être consommé, car c'est l'âme.

Les premiers livres de l'Ancien Testament sont peu précis sur les différences qui séparent l'homme de l'animal. Tous deux ont été modelés dans la même glaise, et ont été créés mortels. Dans le Nouveau Testament, les versets concernant les animaux deviennent rares. L'influence de la pensée grecque va croissant et instaure une rupture entre l'homme et les autres animaux. Les pères de l'Église subissent l'influence du néoplatonisme. Ils croient en une divinité transcendente, et affirment que l'âme humaine est immatérielle. Les animaux, quant à eux, ont toujours une âme mais elle est matérielle, attachée au corps, donc mortelle, alors que celle de l'homme est immortelle et « à l'image de Dieu ». La résurrection devient ainsi le privilège humain. Une distinction qui perdure jusqu'à nos jours...

Simultanément, le monde religieux du Moyen Âge a créé l'enfer, avec un diable et des démons affublés d'attributs animaux (cornes, queue, pilosité, etc.). Le bestiaire du diable réunit des animaux divers comme le serpent, la chouette, le chat, ainsi que des animaux imaginaires (dragons, chimères, etc.). Boris Cyrulnik nous rappelle qu'au Moyen Âge, après les croisades, on brûlait des chats qui représentaient tout à la fois les Arabes et le diable. À la Saint-Jean, on enfermait les animaux dans des sacs de toile suspendus au-dessus d'un bûcher en flammes. La foule attendait impatiemment que les sacs craquent et que les chats tombent dans le brasier. Se réjouissant de voir le mal, diable et Arabes réunis, réduits à néant.

La chrétienté des origines a le plus souvent pensé l'homme en dévalorisant l'animal. L'homme occidental s'est ainsi construit à partir d'une vaste entreprise de dénégation de l'animal. Car l'homme est à la fois bête et ange, et le devoir de tout chrétien est de museler la bête qui est en lui. D'où la nécessité de désacraliser l'animal, de rejeter tout ce qui touche aux tabous, aux totems. À l'origine, il y avait la volonté d'imposer un dieu unique face aux divinités païennes souvent zoomorphes, de promouvoir l'homme à l'image de Dieu. Il fallait donc combattre tout panthéisme ou totémisme en marquant la différence avec les autres créatures. L'immolation des animaux en faveur des idoles était interdite ; leur abattage était transformé en opération profane. Les versets de la Genèse évoquant la domination de l'homme sur les animaux prennent un nouveau sens : la bête devient un objet créé pour le bien de l'homme, maître de la création. Cette conception s'enracine en Occident durant le haut Moyen Âge et se renforce au XVII^e siècle lorsque la science entreprend de maîtriser la nature. Cette lecture est peu à peu remise en cause aux XIX^e et XX^e siècles avec une lente revalorisation de l'animal. Elle conduit à une autre conception du rôle de l'homme et de la place de l'animal. Ainsi, certains exégètes modernes sensibles à l'écologie interprètent différemment les versets de la Genèse et parlent plutôt d'une responsabilité du berger sur son troupeau, et non pas d'un blanc-seing donné à l'homme.

L'ours

Dans l'Europe germanique et celtique, le roi des animaux c'est l'ours. Il ressemble à l'homme par son aspect extérieur. C'est l'animal velu, la *masle beste* et, par extension, l'homme sauvage. Plusieurs récits nordiques mettent en scène des rois ou des chefs qui sont des « fils d'ours », c'est-à-dire fils d'une femme enlevée et violée par un ours. Les guerriers les plus valeureux sont souvent comparés à des ours. À l'époque carolingienne, l'ours fait l'objet de cultes païens associés à des fêtes calendaires. Cela explique que l'Église chrétienne lui livra une guerre acharnée. Les auteurs chrétiens du haut Moyen Âge le rangent au côté de Satan ; le diable prend souvent la forme d'un ours pour tourmenter les pêcheurs. On en fit par la suite un animal soumis, dompté, enchaîné, ridicule, exhibé dans les foires.

Dès le XI^e siècle, pour discréditer l'ours, l'Église assure la promotion d'un animal exotique, le lion, connu des Écritures. Le lion devient ainsi le symbole de la royauté terrestre, et/ou spirituelle. Le roi des animaux est associé à l'image du Christ dans le bestiaire allégorique médiéval.

Pourtant, et de manière un peu paradoxale, la culture médiévale chrétienne fit néanmoins une large place à l'animal : sa mise au ban et sa diabolisation n'ont pas empêché que des relations privilégiées puissent s'instaurer entre l'homme et lui. L'idée d'une communauté des êtres vivants développée par Aristote avait été relayée par saint Paul, qui écrivait dans l'épître aux Romains : « La créature elle-même sera libérée de la servitude et entrera librement dans la gloire des enfants de Dieu. » Ainsi, les théologiens débattaient doctement de la question de savoir si tous les animaux étaient vraiment des enfants de Dieu... Vont-ils au ciel ? Peuvent-ils travailler le dimanche ? Faut-il les traiter comme des êtres moralement responsables ? Pour plusieurs auteurs du XIII^e siècle, l'animal, comme tous les êtres vivants, possède une âme, ce souffle de vie qui retourne à Dieu après la mort... Ils remarquent également que les animaux reconnaissent, se souviennent, peuvent acquérir des habitudes nouvelles... Quant à saint François d'Assise, un marginal à son époque, il considère que chaque espèce créée par Dieu mérite le respect. Il communique avec les animaux, prêche pour eux, les bénit et leur pardonne. Il éprouve de la compassion pour les animaux qui n'ont pas commis le péché originel et, à leur façon, honorent le Créateur. Une démarche qui trahit le désir du saint de retrouver le paradis originel où hommes et animaux vivaient en harmonie.

Les animaux pensent-ils ?

Pendant longtemps, on a pensé que l'animal n'était qu'un être guidé par ses instincts, une forme d'automate biologique. Rejoignant par là Descartes qui, dans les années 1630, considérait les animaux comme de simples machines. Une machine dénuée de raison par rapport à l'homme qui est, lui, doué d'une âme et capable de penser. Mais depuis quelque temps on assiste à une véritable révolution. Les sciences cognitives et l'éthologie accumulent des observations montrant que les animaux possèdent des compétences cognitives que l'on retrouve chez l'homme. Les chimpanzés forment des groupes sociaux dont l'organisation et la structure ressemblent à celles décrites chez les populations humaines. Chimpanzés et orangs-outangs partagent avec nous ces aptitudes à innover et à diffuser de nouveaux acquis comportementaux dont certains sont transmissibles et sont à l'origine de différences culturelles entre les groupes.

On parle maintenant de « culture animale » en éthologie. Sans susciter de réactions indignées... En 1999, la revue *Nature* a consacré la première page d'un de ses numéros aux « cultures des chimpanzés ». En effet, de longues études de terrain menées sur les primates ont mis en évidence que nos cousins avaient des personnalités propres et utilisaient des outils. Chez les chimpanzés comme chez l'homme, on observe un éventail de comportements qui vont des plus sordides aux plus nobles. Comme le rappelle Pascal Picq, les chimpanzés mâles forment des coalitions dans le seul but d'agresser leurs voisins : ils se font la guerre. Au sein de chaque communauté, les luttes pour le pouvoir font rage, avec des coalitions, des trahisons, des soumissions, des alliances, et parfois des meurtres. Les conflits sont bien plus motivés par des enjeux sociaux que pour l'accès à des nourritures ou aux seuls privilèges du sexe.

Des animaux avec des vies sociales aussi complexes possèdent des notions de bien et de mal, ou des sentiments similaires si l'on veut éviter l'anthropocentrisme. Mais la découverte fondamentale est qu'ils sont aussi capables de transmettre leurs expériences par l'apprentissage. Un phénomène qui ne semble pas isolé chez les mammifères. Actuellement, il est de plus en plus évident que de nombreuses autres sociétés animales sont structurées socialement et capables de communiquer. On entend même dire que l'animal a une capacité propre à ressentir et à réfléchir, une forme de conscience en quelque sorte. Si tel est le cas, il serait urgent de modifier notre comportement par rapport à ces espèces qui sont, pour la plupart, menacées d'extinction.

Pour Boris Cyrulnik (Cyrulnik *et al.*, 2000), la conscience a existé dans le monde vivant bien avant l'homme. Pour qu'elle se manifeste, il faut que l'être vivant réponde à une représentation, et non pas à une perception. Or, la représentation est possible lorsque le phénomène de mémoire apparaît. Dans ces conditions, l'être vivant est capable d'apprentissage et répond à ce qu'il se représente et non plus à ce qu'il perçoit. « La capacité animale de former une image de soi, d'éprouver des émotions, de mémoriser, de rêver est donc bien réelle même si elle est graduelle car variable selon les espèces. »

Les limites floues de l'animalité

D'une certaine manière, la société occidentale s'est mise en marge de la nature. Pour promouvoir l'homme à l'image de Dieu, il fallait le sortir de l'animalité. On s'est donc mis à rechercher activement tous les arguments pour faire de l'homme une espèce à part. Alors qu'avons-nous de plus que les autres espèces qui peuplent la terre ? Ou qu'ont-elles de moins par rapport à nous ? Car si l'homme fait partie d'un processus évolutif, il est légitime de rechercher les ressemblances aussi bien que les différences entre l'homme et les autres animaux. Mais il faut éviter deux écueils. Le premier serait de donner à l'homme une position centrale parmi les autres espèces. Nous connaissons les dérives du commandement « tu domineras la nature ». Le second écueil, à l'inverse, serait de placer l'homme au même niveau que les autres espèces animales en niant sa spécificité par rapport à elles. Un discours qui peut conduire à un écologisme radical qui tendrait à conférer à l'animal des attributs humains.

Cherchez l'erreur

Définir l'homme oblige à définir l'animal et à identifier les différences. Un casse-tête ! Dans les faits, il n'y a pas de définition précise de l'animal. L'animal, c'est tout ce que l'homme

ne croit pas ou ne pense pas être. Comme le dit Florence Burgat, l'animalité est un peu le négatif de l'humanité. Dans la tradition occidentale, le concept d'animalité remplit une fonction importante, celle de définir l'humain par opposition à l'animal. Le plus souvent on définit l'animalité en creux, comme une catégorie privée de tout ce dont l'homme est doté : manque de raison, manque de conscience, manque de langage, etc. Le manque de tous ces attributs est l'argument ultime pour démontrer la dignité de l'homme. Inversement, on parle de l'animalité de l'homme pour désigner communément les pulsions, les déviations, le refoulé d'un état « sauvage » que la raison et la civilisation tentent de maîtriser, parfois avec difficulté. Par extension, on cherche à rabaisser à l'état d'animal ceux qui n'y parviennent pas ! Les animaux nous fascinent et nous obligent en même temps à les haïr parce qu'ils incarnent ce que nous voulons cacher de nous-mêmes. Comment contenir ces pulsions tapées au cœur de l'humain ? La religion s'y est employée, avec plus ou moins de succès. Selon Boris Cyrulnik, la honte des origines explique les réactions passionnelles et le dégoût ressenti par l'idée de la parenté avec les singes. Nous avons honte de l'animal qui demeure en nous. On rapporte ce bon mot d'une *lady* qui, informée de la théorie de Darwin, se serait écriée : « Si l'homme descend vraiment du singe, pourvu que personne ne le sache ! »

La façon la plus objective de parler de l'espèce humaine pour la comparer aux autres est de se référer à la théorie de l'évolution. Si on la replace dans le contexte de l'évolution, l'espèce humaine a provisoirement réussi. Elle s'est adaptée à des conditions écologiques très diverses, ce qui lui a permis d'occuper une vaste gamme d'environnements. Mais cette même théorie écarte toute notion de but ou de finalité du processus évolutif. L'homme ne peut donc absolument pas être considéré comme l'espèce élue, ce point ultime de l'évolution, comme certaines croyances essaient de l'accréditer ; l'homme ne s'inscrit pas dans un projet cosmique. D'autre part, la faculté d'adaptation n'est pas une spécificité de l'homme. Elle se rencontre chez bien d'autres espèces, y compris chez de nombreux micro-organismes !

Sur le plan biologique, l'homme n'est pas très différent d'autres espèces de mammifères. N'envisage-t-on pas de greffer des organes animaux chez l'homme ? Et beaucoup de maladies émergentes qui fleurissent depuis quelques décennies n'ont-elles pas pour origine des pathogènes d'origine animale ? Quant aux travaux de génétique, ils viennent corroborer le fait que la part de gènes qui distingue l'homme des animaux est très faible. Notre cerveau lui-même est construit selon les mêmes principes que celui des autres mammifères. La parole fut un temps la ligne de démarcation. Ainsi que la maîtrise de l'outil... Des frontières dont on sait maintenant qu'elles sont plus que perméables !

Aristote disait que l'intelligence est un processus continu entre les animaux et les hommes. Pour chaque être vivant, le monde est cohérent, chargé de significations. Une idée mise à mal par la pensée judéo-chrétienne qui nous a convaincu que l'animal est dépourvu d'intelligence, animé seulement par l'instinct. Une machine biologique en somme, comme le pensait Descartes. Et pourtant, cette idée que les animaux sont pourvus d'intelligence ressurgit depuis peu. Depuis que nos moyens d'investigation permettent d'explorer le cerveau.

Les mythes véhiculent aussi des représentations dans lesquelles les limites sont floues entre homme, animal et monstre. La zoophilie, considérée comme une déviance dans nos civilisations, était une pratique quasi religieuse dans certaines civilisations : union des hommes avec les lamantins (assimilés aux sirènes), des dieux grecs avec des animaux, etc. Des êtres qui tiennent de la bête et de l'homme sont nés de rapports contre-nature : de la femme et du taureau naît le Minotaure, de l'ours et la femme naissent des hommes d'une force prodigieuse. Les centaures, mi-hommes mi-chevaux symbolisaient la puissance animale alliée à l'intelligence humaine.

Le neurobiologiste Alain Prochiantz (2001) nous parle du cerveau. Il y a quelques 600 millions d'années, l'embranchement des Cordés s'est séparé de celui des Arthropodes. Les Cordés vont donner les vertébrés, avec une grande invention, le cerveau feuille qui est très différent des ganglions cérébraux des arthropodes. Ce cerveau feuille, qui dérive de l'invention de la plaque neurale, présente l'avantage par rapport aux ganglions de n'avoir pas de contraintes de taille. Chez les hommes, le cortex atteint une surface de 2 m^2 pour un cerveau d'environ 1400 cm^3 . Pour assurer nos fonctions de base, 500 cm^3 auraient suffi. Les autres 900 cm^3 sont dédiés à d'autres fonctions, cognitives pour l'essentiel. Ce sont ces cm^3 supplémentaires qui nous distinguent des autres mammifères. Ils font de notre cerveau un organe capable de manipuler des symboles, de générer de la conscience.

Pour Alain Prochiantz, toujours, l'avenir respectif des Cordés et des Arthropodes n'est pas tracé : « Les ganglions nerveux des arthropodes, crustacés et insectes, sont des organismes extraordinairement développés et évolués dont l'histoire est une grande réussite. *In fine*, je ne peux pas vous dire qui va gagner d'un point de vue évolutif, mais il n'est pas impossible que ce soit les arthropodes. C'est même probable. Notre espèce n'a, tout au plus, que 150 000 ans, mais on peut se demander si elle va durer ; 150 000 ans de plus ce serait déjà beau. Mais même si c'est le cas, ce ne sera pas grand-chose au regard des deux cents millions d'années environ, qu'on duré les dinosaures. Notre intelligence est peut-être notre faiblesse. »

Les frontières établies pour différencier l'homme des animaux se brouillent en présence d'animaux fantasmagiques tels que le loup-garou. Cela pose la question de la transgression entre humanité et animalité. L'homme qui a le pouvoir de se transformer en loup acquiert les attributs de cet animal : puissance musculaire, ruse et férocité. Ce mythe ancien est commun à de nombreux peuples européens. On dit qu'en Europe, entre le xv^{e} et le xviii^{e} siècle, 100 000 personnes reconnues comme loups-garous auraient été jugées et condamnées à être brûlées vives. On retrouve de tels mythes, adaptés à la faune locale, sur d'autres continents : homme-léopard et homme-hyène en Afrique, homme-tigre en Asie. Le mythe du loup-garou manifesterait-il la peur d'un retour de l'homme à la bête, de la résurgence d'un vieux fond bestial que l'homme a toujours cherché à enfouir, faute parfois de le maîtriser ? Toujours est-il que le loup-garou fascine par son animalité triomphante et prédatrice.

La grande famille des hommes

La biologie moléculaire nous dit que l'homme, le chimpanzé et le bonobo partagent un ancêtre commun qui vivait probablement en Afrique il y a 5 à 7 millions d'années. Depuis, nos lignées respectives n'ont cessé d'évoluer et de diverger.

Le loup mongol

Les Mongols sont les enfants du Loup céleste et de la Biche mère issue de la Terre. Un jeune garçon survécut au massacre du peuple originel. Recueilli et nourri par une louve, il l'épousa et leurs enfants formèrent le peuple T'ou-Kieue, premiers Turcs historiques constituant l'empire de la Mongolie extérieure en 551 après J.-C. Ils sont anéantis à leur tour quelques 200 ans plus tard, à l'exception de quarante jeunes filles. Ces dernières rencontrèrent un chien rouge dans la steppe qui devint leur époux ; leurs enfants seront les Kirghiz. Gengis Khan est né comme son clan du Loup céleste et de la Biche mère. Le Loup de Mongolie, qui était craint comme un fauve, appelait « loups » ses généraux.

L'évolution de l'homme ne correspond pas au schéma linéaire qui prévalait encore il y a quelques années : redressement progressif du corps, bipédie de plus en plus assurée, libération de la main, développement du cerveau, etc. Pour aboutir à *Homo sapiens*, que certains considèrent (à tort) comme l'espèce parfaite... ! L'histoire de la lignée humaine est pour le moins plus complexe et plus mouvementée : on commence seulement à l'ébaucher à partir des archives fossiles. Et il n'est pas exclu que de nouvelles découvertes, toujours aléatoires en matière de paléontologie, viennent remettre en cause nos certitudes d'aujourd'hui.

Classé haut dans la hiérarchie, l'homme ne peut être que beau : « l'harmonie des proportions du corps humain, la beauté de ses lignes, sa station droite (*situs erectus*)... la tête si bien équilibrée au-dessus du tronc et la dignité du visage (os sublime) qui porte ses regards au ciel (*coelum tueri jussit*), au lieu de les abaisser vers le sol comme le font les animaux [...] font de l'homme une espèce bien différente de celles qui méritent la dénomination de singe. » (Gervais, 1920).

Les premiers hommes, *Homo ergaster* – premier membre de la famille des Hominidés capable de vivre loin des arbres –, sont apparus en Afrique il y a environ 2 millions d'années. Ils aimaient déjà les voyages, et se trouvaient aux portes de l'Europe et de l'Asie il y a 1,7 millions d'années. On sait peu de choses sur ce qui s'est passé entre 1,7 et 1 million d'années si ce n'est que les autres lignées de notre famille se sont apparemment éteintes. Mais paradoxalement, le rameau survivant s'est dispersé en Afrique et en Asie, où il a évolué : homme de Néanderthal en Europe et en Asie centrale, *Homo erectus* et homme de Solo en Asie et à Java, *Homo sapiens* en Afrique. On peut y ajouter les petits hommes de Florès, probablement des descendants d'*Homo erectus*, présents sur une île isolée à l'est de Java.

Les données récentes de la biologie moléculaire incitent à penser que *H. sapiens* et *H. neanderthalis*, qui ont existé simultanément en Europe occidentale et au Moyen-Orient entre 100 000 et 40 000 ans avant nos jours, étaient bien deux espèces différentes qui ne pouvaient se reproduire entre elles. Et il est probable que c'était le cas également pour les représentants asiatiques du genre *Homo*. Autrement dit, pendant des dizaines de milliers d'années, au moins quatre espèces d'« hommes » ont vécu simultanément sur terre. Ils maîtrisaient le feu et disposaient de technologies et de cultures propres. *Homo neanderthalis*, comme *H. sapiens*, enterrait ses morts depuis au moins 100 000 ans. L'homme de Néanderthal est à l'origine de la culture dite « du Moustérien » caractérisée notamment par la diversification des outils en bois ou en pierre. Malgré leur différence biologique, ces deux espèces auraient échangé (de gré ou de force ?) outils et techniques. On a un peu de mal à s'imaginer ces rencontres entre « cousins ». Pourtant les faits sont là : ils ont cohabité longtemps avant que l'homme de Néanderthal ne disparaisse entre 25 et 30 000 ans avant nos jours. Une extinction résultant de la compétition avec *H. sapiens*, ou de toute autre cause ? La question reste ouverte. L'homme de Solo quant à lui a disparu il y a 27 000 ans et l'homme de Florès il y a 18 000 ans...

Comme le rappelle Pascal Picq, l'évolution est contingente. Du point de vue évolutionniste, ou à une glaciation près, plusieurs espèces d'hommes pourraient encore occuper la planète... ou bien aucune. S'il en reste une, ce n'est pas parce que cela devait arriver – le hasard, encore une fois. Cette nouvelle histoire de l'homme tend à nous ancrer encore plus dans la dynamique de l'évolution. L'idée d'un homme unique, fait à l'image de Dieu, prend un coup de vieux ! De quoi nous inciter à une attitude moins arrogante à l'égard de la nature et des autres espèces. Car, seuls survivants de notre lignée, on se sent parfois bien seuls... Et on ne peut manquer de s'interroger sur cette contingence de l'évolution, une forme d'épée de Damoclès quand nous réfléchissons à l'avenir.



L'homme est-il l'ennemi de la biodiversité ?

N'insulte jamais le crocodile avant d'avoir traversé la rivière.

PROVERBE AFRICAIN

Le problème n'est pas de savoir si l'homme modifiera ou non les systèmes naturels, mais bien plutôt comment il le fera.

RENÉ DUBOS, 1973

Cliché un peu facile, mais réalité quotidienne. Car si la question de la protection de la biodiversité se pose actuellement, c'est bien parce que l'homme occupe de plus en plus d'espaces et consomme de plus en plus de ressources. Avec pour conséquence une érosion de la biodiversité. Cela concerne les espèces, leur patrimoine génétique, ou les écosystèmes. Une spirale inexorable ? Peut-être pas. Mais un phénomène difficile à maîtriser. On peut multiplier les grandes déclarations des conférences internationales nous incitant à stopper l'érosion de la biodiversité d'ici 2010. Rien n'a changé, car tout est compliqué.

Il est d'usage de parler des quatre cavaliers de l'Apocalypse pour désigner les principaux facteurs responsables de l'érosion de la biodiversité : modifications de l'usage des terres, surexploitation des ressources, pollutions, introduction d'espèces – thèmes repris de manière récurrente dans tous les ouvrages traitant de biodiversité. Mais cette présentation cache en réalité des situations beaucoup plus complexes. Car les raisons qui poussent les sociétés humaines à surexploiter la diversité biologique sont nombreuses. Elles ne tiennent pas, sauf exception, à la seule volonté de détruire, mais résident de manière beaucoup plus insidieuse dans nos comportements et dans les choix en matière de développement économique. La cupidité et la corruption sont également, sans aucun doute, des éléments déterminants dans ce domaine. On braconne, on exploite outre mesure des ressources naturelles pour un profit immédiat. On donne des permis d'exploitation contre des dessous-de-table. On échange des forêts contre des armes. Mais on parle peu de tout cela dans les médias. Sans oublier le facteur clé de la pauvreté, que d'aucuns considère comme le principal facteur d'érosion de la biodiversité. En bref, la biodiversité s'inscrit dans la dynamique générale du développement durable : la considérer de manière isolée serait une erreur, et pourtant la biodiversité est trop souvent traitée de manière sectorielle.

L'homme, une espèce qui a réussi ?

L'homme est-il un élément de la nature parmi d'autres, selon la thèse défendue par certains philosophes ? Ou doit-on le considérer comme un élément extérieur à la nature qui s'est donné pour but de la maîtriser, comme dans la religion judéo-chrétienne ? Le débat qui a donné lieu à nombre d'exégèses paraît maintenant bien dérisoire quand on fait l'inventaire des modifications causées par l'homme à son environnement. D'une part, l'essor des connaissances scientifiques et technologiques depuis la Seconde Guerre mondiale s'est

Quelques chiffres : en cent ans la population a été multipliée par 4 ; l'utilisation de l'eau par 10 ; l'utilisation d'énergie par 16 ; les captures marines par 35 ; la production industrielle par 40. Les rejets aussi ont augmenté : les émissions de CO₂ ont été multipliées par 17. Des ordres de grandeur édifians.

traduit par un développement industriel sans précédent. Son équivalent fut la Révolution verte dans le domaine agricole. Un nouveau seuil a sans doute été franchi au début des années 1980, avec la confirmation de l'influence des activités anthropiques sur les grands équilibres planétaires. L'emprise de l'homme a atteint une dimension mondiale caractérisée par des transformations massives de la biosphère. Nous avons ainsi ouvert la boîte de Pandore dans la mesure où les effets induits de nos innovations technologiques échappent en partie à nos moyens de contrôle.

Danse avec le feu

Avec la maîtrise du feu, il y a quelques centaines de milliers d'années, les sociétés humaines ont disposé d'un moyen d'action efficace leur permettant d'agir sur leur environnement. Le contrôle et l'usage du feu sont ainsi devenus l'apanage d'une espèce, lui conférant un avantage incomparable sur les autres espèces. La maîtrise du feu, en effet, a modifié les rapports de force. Les hommes ont acquis de nouvelles formes de comportement alors que les autres espèces animales plus fortes ou plus grosses ne se sont pas affranchies de la crainte du feu. La possibilité de s'éclairer, de se chauffer, de tenir les prédateurs à l'écart, a rendu la vie plus confortable. Ce fut l'une des premières étapes de l'affranchissement par rapport aux forces de la nature. La domestication du feu, utilisé pour chasser ou dégager des terres pour l'élevage et l'agriculture, a également eu des conséquences majeures pour l'environnement. On sait par exemple qu'en Australie, une grande partie de la forêt a été éradiquée par le feu au cours des quelques millénaires suivant l'arrivée des Aborigènes.

Une nouvelle ère géologique

De nos jours, l'homme a une emprise sur la planète, la biosphère n'évolue plus en fonction du seul jeu des forces de la nature. Un prix Nobel de chimie, devant ce constat, a proposé tout simplement de changer d'ère... Nous sommes entrés, depuis la révolution industrielle, dans l'Anthropocène, cette nouvelle ère géologique qui fait suite à l'Holocène. C'est la reconnaissance que l'influence de l'homme est l'équivalent d'une force planétaire. Elle se manifeste aussi bien sur l'évolution du vivant que sur le climat, sur le cycle de l'eau comme sur celui des grands cycles biogéochimiques.

Dans cette logique, il paraît évident également que certains écosystèmes n'ont plus rien de naturel mais que leur fonctionnement est contrôlé, en tout ou partie, par l'homme. Des scientifiques ont proposé de parler à ce propos d'« anthroposystèmes ». Les règles de fonctionnement de ces milieux fortement modifiés n'ont plus grand-chose à voir avec celles des écosystèmes. Une autre écologie dans laquelle l'homme est un élément central est en train de naître.

Du local au global : la biosphère comme terrain de jeu

Depuis son berceau africain, l'espèce humaine s'est répandue dans les diverses régions du monde et s'y est installée. Elle présente toutes les caractéristiques d'une espèce envahissante : naturalisation sous différents climats, prolifération conduisant à l'élimination

des autres espèces, etc. Les migrations humaines ont également entamé un processus de transfert d'espèces animales et végétales à l'intérieur des continents et entre les continents. L'homme néolithique, en se déplaçant, n'a pas seulement transporté ses espèces domestiques ; il a également introduit un certain nombre d'espèces sauvages. Volontairement ou non ? La question reste ouverte. Depuis, le phénomène s'est largement accéléré.

Ainsi, le terrain de jeu s'est progressivement élargi. Le commerce international permet maintenant de transporter des espèces d'un bout à l'autre du globe en peu de temps. L'homme agit sur la distribution des espèces et, par voie de conséquences, sur le cours de l'évolution. Certains parlent d'un risque de banalisation de la biodiversité, d'une uniformisation à l'échelle planétaire.

Lors de la conférence de Rio en 1992, un slogan était devenu populaire : « penser globalement, agir localement ». Ce qui voulait dire que la somme des actions menées localement avait maintenant des conséquences au niveau de la biosphère, ce qui revient à dire qu'avant toute action locale il faut penser aux conséquences possibles au niveau global. Le réchauffement climatique est l'illustration par excellence de ce principe. On peut y ajouter les pollutions.

Mesurer notre empreinte écologique

Il n'est pas simple de trouver des indicateurs traduisant en termes simples l'impact des hommes sur la biosphère. La mise au point de tels indicateurs se heurte à la complexité des interactions qui existent entre l'environnement, l'économie et la société. Pourtant, des chercheurs canadiens ont mis au point il y a quelques années une méthode d'évaluation de l'impact de l'homme sur la planète : l'empreinte écologique. Elle mesure la pression de l'homme sur la nature compte tenu de ses modes de vie, de consommation, et de sa production de déchets. Ainsi, l'empreinte écologique mesure les capacités de la planète à fournir des ressources, et à recycler les rejets dus aux activités humaines.

Pour calculer l'empreinte écologique d'un individu, d'une ville ou d'un pays, on détermine la somme des surfaces terrestres productives (surfaces arables, de pâturages et marines) nécessaires pour le nourrir, de la surface de la forêt nécessaire pour produire le bois et le papier qu'il utilise, de la surface bâtie nécessaire à le loger et à recevoir les infrastructures qu'il utilise, de la surface de forêt absorbant les émissions de CO₂ engendrées par sa consommation d'énergie. On mesure ainsi l'empreinte écologique en unités de surfaces bioproductives. Tous les habitants de la planète ne sont pas égaux en la matière : l'empreinte écologique d'un Américain est de 12,5 ha par habitant alors qu'elle est respectivement de 7,2 pour un Français, 2,3 pour un Brésilien et 0,7 pour un Indien. À l'échelle de la planète et du fait de la démographie, la surface bioproductive moyenne disponible par habitant n'a cessé de diminuer durant le xx^e siècle, passant de 5,6 hectares par personne en 1900 à 1,5 en 1995.

Dans le discours des ONG, on entend souvent dire que si tous les hommes devaient vivre selon le standard occidental, il faudrait l'équivalent de 4 à 5 planètes pour subvenir à leurs besoins.

Économie et biodiversité : conflits d'intérêts ?

L'accusation selon laquelle l'homme est responsable de la biodiversité peut s'interpréter largement par le prisme de l'économie. L'activité économique globale a été multipliée par

7 entre 1950 et 2000, avec pour conséquences plus de pression sur les ressources naturelles et plus de déchets. Car le développement économique est considéré comme le moteur du développement tout court. Nos sociétés ont l'œil fixé sur le taux de croissance considéré comme l'indicateur d'une bonne santé économique. On a peine à imaginer qu'il puisse exister une économie saine sans croissance du PIB ! Pour cela, il faut consommer plus, ce qui permet de produire plus. Cercle non pas vertueux, mais catastrophique pour les ressources naturelles. Cette idée reçue commence à être remise en cause par ceux qui privilégient maintenant le développement humain, c'est-à-dire l'accès à l'éducation, à la santé, au bien-être, etc. Et on commence à parler de décroissance soutenable. Mais dans des cercles restreints, rassurez-vous...

Court et long terme, des objectifs difficilement compatibles

Économie de marché et protection de la biodiversité obéissent à des logiques différentes. La protection de la biodiversité s'inscrit sur le long terme. Elle implique de maintenir la diversité et la qualité des écosystèmes afin que les espèces puissent continuer à s'y reproduire et à y prospérer. Elle conduit aussi à limiter l'usage des ressources naturelles pour que ces dernières puissent conserver les capacités de se renouveler.

L'économie de marché, au contraire, privilégie une logique de productivité maximale et de rentabilité à court terme. Le souci de rentabiliser les investissements conduit à une utilisation accrue de ressources naturelles et, rapidement, à une surexploitation : c'est ce que l'on observe actuellement dans le domaine de la pêche ou dans celui de l'exploitation des forêts tropicales. La logique du marché est rarement remise en cause car les sociétés sont de plus en plus soumises aux contraintes d'un système économique auquel il est difficile d'échapper. À moins de remettre profondément en question les modes de fonctionnement de la société industrielle... ce qui n'est peut-être pas mission impossible !

La croissance et ses limites

Pour certains économistes du XIX^e siècle, il y avait une contrainte économique absolue à la croissance. L'accroissement de la population conjugué à la limitation des terres et des ressources disponibles devait conduire inéluctablement, sous l'effet du processus d'accumulation du capital, à un état stationnaire. Une idée reprise par le rapport Meadows (« Halte à la croissance », 1972) publié par le club de Rome. Celui-ci affirmait que seul le ralentissement, voire l'arrêt de la croissance économique, pourrait permettre de maintenir durablement l'activité. Dans cette perspective, il était proposé de créer des institutions puissantes de surveillance de l'état de l'environnement qui, en cas de menace probante, pourraient intervenir sur l'activité économique. Le capital naturel serait ainsi préservé d'une génération à une autre. Cette idée rejoint celle du droit d'ingérence écologique, avec un « gendarme de l'environnement » chargé d'appliquer la réglementation, une idée soutenue par certaines ONG. Elle était sous-jacente dans les négociations préliminaires à la Convention sur la diversité biologique. Cette idée de gendarme international n'a pas été appréciée par de nombreux pays qui ont, en définitive, fait reconnaître leur souveraineté sur leur biodiversité dans la Convention.

La principale critique opposée à cette théorie est de négliger totalement les besoins actuels de l'humanité en imposant des choix peu démocratiques. Le choix de l'état stationnaire serait en effet particulièrement injuste pour les pays en voie de développement, obligés eux aussi de stopper leur croissance alors que leur responsabilité dans la crise environnementale est marginale. À moins que les pays développés n'acceptent de réduire leur train de vie...

Certains économistes optent d'ailleurs pour une décroissance des économies des pays riches. Ce qui reste une hypothèse peu probable en l'absence de contraintes extérieures !

Les mirages de l'économie de marché

Selon les tenants de l'économie libérale, les problèmes environnementaux peuvent être résolus par le progrès technique dans un contexte de marchés concurrentiels. Le marché fixe les prix : la valeur d'un produit s'établit dans le cadre des échanges entre des agents économiques qui vendent et achètent des biens. Ce prix reflète à la fois le coût de production du produit et la préférence du consommateur lorsqu'il a le choix entre divers produits. Ainsi, l'épuisement des ressources naturelles modifie à terme les prix de ces ressources dans le cadre des marchés (ce qui devient plus rare coûte plus cher, par exemple), ce qui incite les acteurs économiques à modifier leurs comportements. Les producteurs adoptent de nouvelles technologies, les consommateurs modifient leurs comportements d'achats.

La principale critique à la régulation des prix par le marché réside dans le fait que le prix des biens et services fournis par les écosystèmes ne reflète pas leur véritable « valeur ». Par de nombreux aspects, ces biens et services ne sont pas appropriables. Ils sont souvent gratuits et apportent un bien-être à la collectivité même si celle-ci ne les consomme pas. D'où les effets pervers possibles du marché. Ainsi la destruction d'une forêt pour le commerce du bois rentre dans le cadre du marché puisque certaines espèces d'arbres font l'objet d'une forte demande et sont payées parfois très chers. Mais en même temps, la destruction de cette forêt prive les hommes d'autres ressources (fruits, champignons, plantes médicinales, bois de chauffe, etc.) et des services que la forêt pouvait rendre sur le plan de la régulation des cycles biogéochimiques (stockage du carbone par exemple) et du cycle hydrologique, de la production d'oxygène, de son rôle d'abri et d'habitat pour d'autres espèces. La perte de tous ces produits ou de ces fonctions, ainsi que le prix à payer pour replanter les arbres, ne sont pas pris en compte par les exploitants forestiers. Ils tirent un bénéfice immédiat de la coupe sans se soucier du futur ni des effets collatéraux. Le marché sous-évalue donc le prix du bois en ignorant les autres biens et services fournis par la forêt. Ce biais est évidemment préjudiciable pour conserver l'environnement et la biodiversité, et plus généralement pour gérer durablement les ressources naturelles. Pour l'économie, la réponse consiste dans la promotion d'instruments conformes aux marchés comme les taxes environnementales, les droits de propriétés, etc. Elle consiste également à réintégrer la valeur des biens et services fournis par les écosystèmes dans le coût du marché.

Subventions et braconnage : le cas des pêches marines

Certaines mesures économiques ont parfois pour objectif de préserver la biodiversité, ou du moins de rechercher un équilibre entre l'exploitation et le renouvellement des ressources vivantes. D'autres, par contre, ont des effets pervers. C'est le cas notamment des subventions affectées de manière sectorielle à certaines professions pour soutenir des activités économiques. Dans certains cas, ces subventions accordées avec une bonne intention sont même utilisées à contre-courant. On en trouve des exemples en particulier dans le cadre des subventions accordées aux agriculteurs et aux pêcheurs.

Durant des décennies, les spécialistes des pêches ont été fascinés par la théorie de la « gestion rationnelle des stocks » – on dirait maintenant « gestion durable ». Le principe est de rechercher le meilleur équilibre entre captures (le maximum possible) et maintien de stocks suffisants pour assurer la pérennité de la ressource à long terme. En résumé, tirer le meilleur profit en préservant le capital...

Dans un schéma théorique, la surexploitation conduit à un déclin significatif des ressources. Lorsque la ressource diminue, la rentabilité diminue également. Logiquement, les flottes de pêche se détournent alors de la ressource devenue trop peu rentable, ou désarment des navires. Une réaction pragmatique à la surexploitation. Mais la rationalité scientifique se heurte à celle des pêcheurs. Au lieu de désarmer les navires pour réduire l'effort de pêche et donc augmenter la rentabilité par navire, on a recours aux aides publiques pour maintenir l'emploi. Un rapport de l'Académie des sciences mentionne qu'à la fin des années 1990, les dépenses publiques en faveur du secteur pêche représentaient chaque année 64 % de la valeur ajoutée, soit 23 500 euros par personne employée. Environ les trois quarts consistaient en subventions de l'État au régime spécial de protection des marins.

Ainsi, dans le monde réel, les subventions publiques contribuent à entretenir des flottes surdimensionnées par rapport aux ressources exploitables. Cela amplifie d'autant le processus de surexploitation. Dans ce contexte, les pays entretenant de grandes flottilles de pêche, ont préféré poursuivre une politique d'expansion. Ils négocient des accords d'accès aux zones de pêches de pays étrangers et développent l'exploitation de ressources encore inexploitées, notamment dans les grands fonds (grenadier, empereur, etc.). L'ensemble des océans, ou presque, est maintenant exploité, voire surexploité. À qui la faute ?

Aujourd'hui, on reconnaît que la politique européenne des pêches n'a pas atteint son objectif. Les experts font état d'une forte dégradation des ressources halieutiques du fait d'une pêche trop intensive. Pourtant, certains professionnels contestent l'expertise sur l'état des stocks et tentent de la disqualifier. Plusieurs pays du sud de l'Europe mettent en avant la menace d'une crise politique grave si l'on devait réduire de manière importante la flottille de pêche pour répondre aux objectifs d'une exploitation durable des ressources halieutiques. Ainsi, malgré la raréfaction des poissons, les pêcheurs des pays développés continuent de pêcher pour payer les traites du navire. Au point que certains d'entre eux nient même la surexploitation. Quant aux pêcheurs des pays en développement, on ne parle même plus de rentabilité : pour eux, la pêche est tout simplement un moyen de survie, compromis par la concurrence avec les navires-usines des pays développés.

Une liste noire de la pêche pirate

À l'initiative de Greenpeace, une base de données est accessible sur le web, qui dresse la liste des bateaux et des armateurs impliqués dans la pêche illégale, non déclarée (<http://oceans.greenpeace.org/blacklist>). Sur une période de deux mois en 2006, le bateau de Greenpeace a constaté que près de la moitié des 92 navires pêchant sur les côtes de Guinée étaient en situation illégale.

Il est donc bien difficile d'appliquer au domaine de la pêche les principes du développement durable. Des pêcheurs trop nombreux pourchassent des poissons devenus trop rares. La pêche est par excellence un domaine où peut s'appliquer la théorie de Harding connue sous le nom de « tragédie du libre accès ». Des ressources communes, en libre accès, suscitent des convoitises. Il y a alors surenchère entre acteurs économiques dont chacun cherche à réaliser le maximum de bénéfices dans le minimum de temps, selon la logique « premier arrivé, premier servi » ! De fait, l'histoire récente des pêches montre que le comportement des pays et des flottilles de pêches peut s'apparenter, derrière des discours policés, à un véritable pillage organisé des richesses marines vivantes. En d'autres termes, dans le monde actuel, la compétition économique induit des comportements allant à l'encontre de la logique scientifique en l'absence de mesures de contrôle efficaces, y compris le

comportement « pas vu, pas pris ». Cette compétition conduit à ne pas respecter les quotas lorsqu'il en existe, ou à braconner là où c'est interdit.

Il est évident que toute la profession n'a pas nécessairement le même type de comportement. Comme dans le domaine agricole, il existe des petits et des gros exploitants, des pêcheurs soucieux de préserver leur ressource, et d'autres qui ne visent que le profit à court terme. Mais les débordements d'une minorité mettent en danger l'ensemble de la ressource.

Le braconnage aura-t-il raison de la légine ?

La légine est un poisson des mers australes à croissance lente qui peut atteindre 215 cm, dépasser 80 kg et qui vit plus de 35 ans ; son taux de renouvellement est donc faible. Le marché japonais a découvert la légine à la fin des années 1980 comme un produit de substitution à la morue du Pacifique. La pêche, d'abord pratiquée au large des côtes chiliennes, a rapidement conduit à surexploiter le stock compte tenu de la valeur commerciale de ce poisson. L'exploitation s'est alors reportée vers la partie plus australe de l'océan, dans des zones dont l'accès est en principe réglementé par la Commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique. Mais ces régions (plateau des Kerguelen, Géorgie du Sud) sont difficiles à contrôler, et une pêche illégale s'est rapidement développée, pratiquée par des navires sous pavillon de complaisance, attirés par un profit rapide. Malgré l'arraisonnement de nombreux palangriers pris en flagrant délit de pêche, ce braconnage de grande envergure se poursuit. Il met sérieusement en danger la pérennité du stock de légines en dépit des mesures qui ont été prises. Cet exemple illustre les limites de la gestion des pêches marines. Que peut-on faire face aux navires qui ne respectent aucune règle et qui recherchent seulement le profit immédiat. Avec l'argument imparable : « Si je ne pêche pas le poisson maintenant, d'autres vont venir le pêcher dès que je serai parti... »

Au mépris de l'humanité : la démographie en accusation

Il est loin le temps des tribus nomades peuplant des terres encore vierges. La population humaine se situait probablement autour des 100 millions d'individus il y a quelques milliers d'années, pour augmenter très lentement pendant tout le Moyen Âge. Les famines, les épidémies, les guerres, le manque d'hygiène, se chargeaient alors de réguler la population. Autant de calamités en partie jugulées au cours de siècles derniers. Nous sommes aujourd'hui quelque 6 milliards d'individus. Et nous serons 9 à 10 milliards d'ici 2050. Une explosion démographique sans précédent qui n'est pas sans conséquences sur l'environnement et la biodiversité. Mais elle prend des allures différentes selon les pays. Certains, parmi les plus peuplés, ont des taux de croissance annuels inquiétant – l'Inde (21%) et la Chine (12 %) par exemple. Au contraire, la population des pays développés est plus ou moins à l'équilibre, et les Nations unies prévoient même une baisse significative : 14 % de moins pour le Japon et l'Allemagne, 25 % de moins pour l'Italie et la Hongrie.

Une lueur d'espoir néanmoins dans ce domaine : les démographes envisagent une stabilisation de l'effectif de la population mondiale, même s'il est encore prématuré de déterminer vers quelle date aura lieu cette stabilisation. Mais il existe de nombreuses indications selon lesquelles le taux de fécondité décroît significativement, notamment dans les pays en développement.

Toujours est-il que l'équation « croissance démographique = dégradation de l'environnement » est bien ancrée dans les esprits. Elle relève d'une approche malthusienne de la question, selon laquelle la croissance du nombre des humains est limitée par la quantité de ressources disponibles.

Ainsi, à la fin des années 1960, on fit le procès de la croissance démographique. Paul Ehrlich lança en 1968 un cri d'alarme, dans son livre *La bombe P*, où il affirmait que l'humanité courait à sa perte puisqu'il y avait trop d'hommes et pas assez de nourriture. Sur un ton catastrophiste, il comparait l'explosion démographique à une véritable bombe à retardement qui allait nous mener en quelques dizaines d'années à l'épuisement des ressources naturelles et à l'incapacité pour l'agriculture de produire suffisamment pour nourrir la population. Selon le rapport Meadows sur les « limites de la croissance », commandité par le club de Rome et paru en 1972, les capacités limites de la terre seront atteintes dans les cent années à venir si les tendances actuelles ne sont pas modifiées. La solution préconisée est tout simplement un arrêt de la croissance économique et démographique. Ce rapport a donné lieu à de réels débordements de la part des écologistes intégristes. Ainsi, le commandant Cousteau, idole de certains « écologistes », ne mâche pas ses mots dans une interview à un hebdomadaire en 1991 : « La surpopulation c'est la pollution primaire, cause profonde de toutes les exactions commises à l'encontre de la nature », ou encore : « Presque tous nos maux sociaux, les famines, les différences choquantes entre groupes riches et pauvres, la désertification, le déclin de la biodiversité, l'augmentation du nombre des tares héréditaires et même le réchauffement de la planète dérivent de l'explosion démographique. » L'écologiste François Ramade va dans le même sens en assurant que la catastrophe majeure affectant l'humanité, et dont découle la plupart des maux... provient de sa reproduction anarchique. L'ennemi de la biodiversité est ainsi clairement désigné.

Un tel discours vise plus ou moins directement les pays en développement qui connaissent une forte croissance démographique. On voit bien que cette question est également de nature politique : les politiques de réduction des naissances concernent essentiellement les pays en développement dans lesquels avoir des enfants constitue pourtant potentiellement une force de travail et une assurance sur l'avenir. Soulever la question de l'impact environnemental de la croissance démographique, c'est donc réveiller les vieux démons du colonialisme, tout en donnant bonne conscience aux pays du Nord chez lesquels la réduction de la population est un fait socialement acquis.

Tout le monde n'accepte pas néanmoins cette vision des choses. En disant par exemple que l'homme a surmonté les risques d'une nature hostile et fluctuante, démontrant sa capacité intrinsèque d'innovation et d'adaptation. Or la question des rapports population-environnement relève plus de l'organisation sociale, du partage des ressources, des inégalités sociales, foncières et politiques, etc., que du nombre des humains. Ainsi l'économiste Ester Boserup soutient une thèse inverse de celle de Malthus, selon laquelle la croissance démographique favorise la croissance économique et constitue un facteur de progrès et d'innovation. Pour elle, l'accroissement de la population nécessite d'adapter les modes d'utilisation des sols. Lorsque la densité de population est faible, agriculteurs et éleveurs pratiquent la culture et l'élevage itinérants, et la jachère permet aux sols de se reconstituer. Mais lorsque la densité de population augmente, la réduction de l'espace disponible pour l'agriculture nécessite des changements techniques afin d'accroître la production. Or, le passage à l'agriculture intensive exige un surcroît de travail qui n'est possible que lorsque la densité de population est suffisante. En bref, la croissance démographique devient alors une condition du progrès. Certains s'interrogent cependant sur la pertinence d'une telle théorie et sur son application possible.

Dans l'état actuel des connaissances, on ne peut plus considérer une simple relation de cause à effet entre pression démographique et environnement. Néanmoins, dans les pays en développement le niveau de pauvreté ne cesse de s'accroître. Or lutter contre la pauvreté, c'est aussi lutter pour préserver l'environnement, car la biodiversité n'est pas répartie équitablement à la surface de la Terre. Les pays en développement sont en général les plus riches en espèces, mais ce sont également ceux où l'action de l'homme est la plus importante. La lutte contre la pauvreté est d'ailleurs l'un des grands objectifs du Pnud (Programme des Nations unies pour le développement) pour le millénaire. Sur le papier tout au moins. Car, en 2006, l'aide publique au développement a reculé de 0,33 % de la richesse nationale des pays donateurs à 0,30 %. Bafouant ainsi les objectifs du millénaire tels que la réduction de la pauvreté à l'horizon 2015. Oubliant aussi les promesses du G8 de Gleneagles en 2005 de doubler l'aide à l'Afrique. Rien que de la diplomatie ordinaire...

Malgré l'augmentation de la production agricole et industrielle, plus d'un milliard de personnes subsistent en 2001 avec un revenu inférieur à 1 dollar par jour. Environ 70 % d'entre elles habitent les régions rurales où elles dépendent de l'agriculture et des produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette pour subvenir à leurs besoins. Les inégalités sont en hausse et de nombreuses personnes n'ont toujours pas un approvisionnement suffisant. Source : Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005).

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire semble découvrir que « les personnes qui n'ont pas accès aux conditions minimales du bien-être humain sont généralement celles qui sont les plus touchées par la détérioration des systèmes naturels ». Sous entendu, les pauvres sont ceux qui détériorent le plus leur environnement. Car si les pauvres vivent directement des ressources de la nature, ils la détruisent aussi le plus souvent par nécessité et par ignorance. Les mots sont lancés : nécessité car il faut bien vivre, voire survivre, et trouver un peu d'argent pour assouvir les besoins créés par le commerce international. Ignorance, ce mot terrifiant du langage des experts internationaux recouvre en réalité une méconnaissance profonde de la pauvreté. Pour ces derniers, la solution est évidente : il faut sensibiliser, faire comprendre à ces pauvres que leur intérêt est finalement d'être encore plus pauvres afin de préserver une biodiversité dont les experts réunis dans de confortables hôtels ont montré toute l'importance pour maintenir les services rendus par les écosystèmes. Deux mondes aux antipodes !

Car si la pauvreté est l'un des principaux facteurs conduisant à la surexploitation des ressources vivantes, il faut lui mettre en contrepoint la cupidité de certains industriels des pays du Nord tirant profit des ressources naturelles des pays du Sud. Les flottes de pêche généreusement subventionnées des pays industrialisés pillent sans vergogne les stocks de poissons qui assuraient jusque-là l'activité de centaines de milliers de pêcheurs artisanaux. Sur les côtes d'Afrique occidentale, la surpêche pourrait être une des causes des migrations accrues vers l'Europe de populations qui n'ont tout simplement plus les moyens de vivre de leur travail. D'autres victimes sont les forêts tropicales. Elles se réduisent chaque fois que l'économie mondiale se trouve de nouveaux hobbies. L'idée de remplacer le pétrole par des biocarburants peut à première vue être un moyen de préserver l'environnement. À ceci près que la production de biocarburants se fera aux dépens de la forêt tropicale pour conquérir de nouvelles terres, et à grands coups d'engrais et de pesticides.

Occupation des terres : le chantier permanent

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire a été réalisée à la demande du secrétaire général des Nations unies pour évaluer l'ampleur et les conséquences de l'action de l'homme sur les écosystèmes. Il s'agit d'un bilan, le plus objectif possible, de l'état de la planète.

Désormais, environ un quart des terres émergées ont été transformées en terres agricoles. Durant la période 1950-1980, soit en 30 ans, plus de terres ont été converties à l'agriculture qu'au cours des XVIII^e et XIX^e siècles réunis. Une petite lueur d'espoir quand même : de manière globale, le taux de transformation des terres s'est ralenti, avec cependant de nombreuses exceptions. Ce serait le résultat de l'intensification de la productivité agricole.

Les forêts sèches tropicales et les prairies inondables sont les écosystèmes qui ont le plus souffert des conversions pour l'agriculture. On estime actuellement que les deux tiers des forêts méditerranéennes et des prairies tempérées, ainsi que la moitié des forêts tropicales sèches, des savanes tropicales et des forêts tempérées de feuillus ont été converties, notamment pour l'agriculture ; les forêts boréales et les toundras sont les moins affectées.

Pour produire, il faut maîtriser l'eau. La construction de barrages a été l'une des réalisations les plus spectaculaires. On en compte actuellement environ 800 000 de par le monde, dont presque la moitié en Chine. Quarante-cinq mille barrages mesurent plus de 15 m de haut. La quantité d'eau stockée dans les barrages a quadruplé depuis 1960. Il en résulte une réduction du débit des fleuves et une fragmentation des habitats aquatiques, avec évidemment toutes les conséquences qui en découlent pour la faune et la flore. Aujourd'hui, certains fleuves ne sont plus qu'une succession de barrages ; c'est le cas du Rio Colorado à la frontière des États-Unis et du Mexique. Et qui n'a pas entendu parler de la mer d'Aral, condamnée à mort par l'État soviétique pour satisfaire les besoins en irrigation du coton ? On estime que dans le monde, environ 70 % de l'eau douce utilisée est destinée à l'irrigation. La quantité d'eau prélevée dans les cours d'eau a doublé depuis 1960.

Les poissons migrateurs vont-ils disparaître ?

Esturgeons, anguilles, saumons, lamproies, aloses... Autant d'espèces bien connues des gastronomes ! Elles ont en commun d'être des espèces migratrices partageant leur vie entre l'eau douce et la mer pour accomplir leurs cycles biologiques. L'édification de barrages sur les cours d'eau a réduit leur accès aux zones de reproduction, les pollutions et la pêche intensive ont fragilisé les stocks. L'esturgeon européen, malgré son statut d'espèce protégée, est sur le point de disparaître ; l'anguille, autrefois classée parmi les nuisibles, est en danger ; les populations d'aloses et de lamproies sont vulnérables. Nos poissons migrateurs auraient bien besoin d'un peu plus d'attention...

L'apparente stabilité de l'océan cache en réalité des modifications profondes résultant de l'industrie de la pêche. Environ 90 % des grands prédateurs marins (thon, espadon, requin) ont disparu. L'aménagement des côtes pour le tourisme et pour des activités d'élevage de crevettes a également modifié sensiblement ces milieux d'interface entre mer et terre. Quelque 35 % des mangroves ont été détruites en deux décennies.

Il y a peu d'évaluations, à l'échelle global, de l'influence de l'homme sur les écosystèmes. Selon diverses estimations, toutes approximatives, nous consommons 40 % de la production primaire de la planète, ou 35 % de la productivité des océans.

La désertification

Le terme « désertification » est un peu piégé : il ne s'agit pas, comme certains le pensent, de l'avancée du désert ! C'est un phénomène complexe associant à la fois des facteurs climatiques et pédologiques – en l'occurrence la sécheresse et la détérioration des sols consécutive à leur surexploitation. L'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais constitue un facteur aggravant. La désertification se traduit par une dégradation de la couverture végétale et des ressources en eau, une perte de fertilité des sols et de leurs potentialités agricoles et pastorales et une augmentation de l'érosion. Les coupables seraient en particulier la diminution de la durée des jachères et le surpâturage. Mais des opérations d'irrigation mal conduites peuvent aussi entraîner la salinisation des sols les rendant impropres à l'usage agricole.

La désertification et les changements de modes d'utilisation des terres en zones sèches constituent le principal facteur de perte de la biodiversité en raison de la surexploitation des milieux et des ressources et de la destruction des habitats.

La signature de la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification a eu lieu en 1994 à Paris. Elle vise à garantir un engagement à long terme pour lutter contre la désertification et atténuer les effets de la sécheresse dans les pays concernés, notamment l'Afrique. Elle prévoit des mesures fondées sur des arrangements internationaux de coopération et de partenariat. Comme beaucoup de conventions internationales, elle est toujours dans l'attente de moyens d'action à la hauteur des enjeux. Or l'aide aux pays en développement est actuellement en décroissance !

La conjonction d'une forte pression démographique et de changements écologiques rapides peut conduire à des situations dramatiques. En l'absence d'autres alternatives, la migration est le seul recours, qui entraîne l'exode de populations entières et l'abandon des terrains traditionnels. Un exemple récent est celui de la sécheresse du Sahel, qui a décimé les troupeaux faute de pâturages. Les populations semi-nomades de pasteurs se sont ainsi retrouvées sans ressources. Obligées de se déplacer, elles ont été confrontées à une forte concurrence sur les terres d'accueil, elles-mêmes souvent saturées. D'où des risques de surexploitation et de désertification des terres. Ce phénomène n'est pas isolé, et les déplacements pour raisons écologiques prennent de plus en plus d'ampleur.

En Asie, l'expansion à grande échelle des terres cultivées au détriment de la forêt a débuté vers les années 1970, au plus fort de la pression démographique. La misère des centres urbains surpeuplés et la saturation des terres déjà cultivées sont à l'origine de mouvements migratoires vers des régions aux écosystèmes fragiles. Les cultures intensives et le déboisement des hautes terres entraînent souvent l'érosion des sols.

La chimie, pour le meilleur et pour le pire

Les pollutions de toutes natures – organique, chimique, nucléaire, etc. – touchent maintenant toute la biosphère. Elles agissent à divers niveaux de la hiérarchie du monde vivant : sur la mortalité des individus tout d'abord, sur la biologie et la physiologie des organismes survivants ensuite, et plus globalement sur le fonctionnement des écosystèmes, en supprimant certaines espèces ou en favorisant d'autres.

Mettons les choses au point : il ne s'agit pas de mettre en cause *a priori* toute innovation technologique. Les engrais ont permis de réduire la famine, les pesticides nous ont rendu de très grands services, tant dans le domaine médical que dans celui de l'agriculture. Ils

L'occupation des sols en France (selon l'Ifen)

Sur le territoire français, qui est de 55 Mha (millions d'hectares), on distingue quatre groupes d'occupation des sols selon le ministère de l'Agriculture :

- le territoire forestier (29 % du territoire), dont la superficie est de 16 Mha. C'est en partie à la suite des inondations catastrophiques des grands fleuves entre 1840 et 1866 que la prise de conscience des méfaits du déboisement a incité une politique de reboisement, menée en particulier entre 1945 et 1980 (de 11 à 15 Mha). Actuellement, la taille des massifs forestiers constitués augmente alors que les boisements épars (haies, bosquets) disparaissent ;
- le territoire agricole (55 % du territoire), avec une superficie d'environ 30 Mha. Les variations de typologie des usages sont fortes du point de vue géographique. Ainsi, au cours des années 1980-1990, les surfaces labourées se développent au profit des prairies, mais la tendance s'inverse à partir de 1990 (Pac, jachère, gel des terres) ;
- le territoire urbain, (8 % du territoire), qui occupe quelque 4 Mha et intègre 1,4 Mha de réseaux divers (routes, voies ferrées, etc.) et où plus de 60 % de la population est concentrée. Son étendue est en croissance rapide, de près de 1,6 % par an (de 38 000 à 43 000 km² entre 1992 et 2000). L'incidence environnementale de ces zones urbaines est de fait très importante par rapport à la superficie occupée. Les sols imperméabilisés au sens strict (sols bâtis ou revêtus) représentent 4 % du territoire national ;
- les territoires sans usages représentent 9 % du territoire. Ils comprennent les roches affleurantes, les zones humides, les landes, les friches, les maquis.

ont effectivement beaucoup contribué à accroître les rendements agricoles en éliminant les ravageurs de cultures et les parasites, et ont permis de lutter avec succès contre les vecteurs de maladies (malaria notamment). Ne crachons pas dans la soupe en pratiquant une certaine démagogie environnementale. Il semble difficile de se passer de ces produits, et aucune personne quelque peu sensée ne revendique une telle extrémité. Ce n'est donc pas l'utilisation des produits en tant que telle que l'on discute, mais la manière dont on les utilise. Comme les épandages excessifs « au cas où » ; comme le surdosage, toujours « au cas où » ; et l'utilisation de produits plus toxiques que d'autres parce que moins chers.

Les pesticides : à consommer avec modération

De manière un peu imprudente, quelque 100 000 molécules artificielles, dont on ne connaissait pas les conséquences à long terme sur la biodiversité et sur l'environnement, ont été dispersées sur la planète. Bien qu'ils soient connus depuis le début du xx^e siècle, les pesticides de synthèse sont apparus en abondance sur le marché après la Seconde Guerre mondiale. Des produits miracles à l'époque, comme le DDT ! Le revers de la médaille ne s'est pas fait attendre. Dès les années 1960, la journaliste américaine Rachel Carson fait paraître *Le printemps silencieux*, un véritable réquisitoire contre les pesticides. Depuis, de nouvelles molécules ont été découvertes et mise sur le marché sans études préalables suffisantes. Le scénario est connu : quand un produit se révèle toxique et que la pression politique est forte, on le retire du marché. Pour en mettre d'autres qui, à leur tour... Une lueur d'espoir ici également : la directive européenne Reach est entrée en vigueur en 2007. Désormais, c'est aux industriels, et non plus aux pouvoirs publics, de prouver que les risques liés aux substances commercialisées sont correctement évalués. On inverse la charge de la preuve.

L'action des pesticides sur la biodiversité peut aller d'une toxicité immédiate à un empoisonnement à long terme. La toxicité immédiate, on connaît : un pesticide est fait pour tuer.

En France, les 31 millions d'hectares cultivés reçoivent chaque année de l'ordre de 95 000 tonnes de matières actives phytosanitaires, soit une moyenne de 3 kg par hectare. Plus de 6 000 préparations commerciales contenant plus de 700 substances actives sont actuellement autorisées à la vente en France pour plus de 2 600 usages différents. La tendance actuelle en agriculture va vers la réduction des doses appliquées par hectare, et donc à celle du volume de pesticides utilisés (85 000 tonnes en 2002 selon l'Union des industries de la protection des plantes). Mais les collectivités et les administrations utilisent aussi de nombreux produits pour l'entretien de la voirie ou des lieux publics, ou encore pour lutter contre les nuisances provoquées par les insectes.

Le seul problème, c'est qu'il ne tue pas seulement les espèces dont on cherche à se débarrasser. Plus pernicieux est l'empoisonnement à long terme. Car on ignore à peu près tout du devenir dans l'environnement des produits de dégradation des pesticides. La bioaccumulation, ou « bioconcentration », est un processus qui a suscité beaucoup de recherches, car il a des conséquences sur la santé humaine. Dit simplement, c'est l'accumulation d'une substance, toxique ou non, dans un organisme vivant. Les organismes peuvent en effet absorber des polluants présents dans le milieu et les accumuler dans certains tissus (tissus gras par exemple) ou certains organes, à des concentrations parfois bien supérieures à celles observées dans le milieu extérieur. Un cas d'école a été la mise en évidence de l'accumulation du DDT dans la chaîne trophique des lacs, aboutissant à des concentrations très élevées chez les oiseaux mangeant des poissons. Mais l'homme se contamine tout aussi bien que l'oiseau. Les individus contaminés présentent des troubles du système nerveux central, dont un effet inhibiteur sur différentes enzymes. Ce processus de bioaccumulation concerne les pesticides non ou peu dégradables, ainsi que certains métaux lourds.

Nitrates, phosphates et asphyxie des lacs

Tous les spécialistes de la gestion des systèmes aquatiques connaissent maintenant ce mot barbare : eutrophisation. L'eutrophisation d'un plan d'eau se résume par une formule simple : il est trop nourri, et devient obèse. C'est en effet un apport excessif en sels nutritifs (azote et phosphore) – éléments indispensables à la production de matière organique par la photosynthèse chez les plantes – qui est à l'origine du phénomène. Ces sels nutritifs sont en général en quantité limitée dans les eaux. Alors d'où viennent-ils ? Du lessivage des sols agricoles sur lesquels des engrais ont été répandus. Mais aussi des eaux usées domestiques ou industrielles riches en phosphates. Nous produisons actuellement plus d'azote biologiquement assimilable que tous les processus naturels combinés.

L'utilisation d'engrais synthétiques a eu des effets positifs sur la production agricole. La consommation d'azote synthétique a été multipliée par 8 entre 1960 et 2003, passant de 11 à 85 millions de tonnes ; l'utilisation d'engrais phosphorés a triplé entre 1960 et 1990. Mais ces engrais ne sont pas entièrement assimilés par les plantes cultivées : une partie est lessivée par les eaux et vient s'accumuler dans les fleuves, les lacs, les océans. On estime que la moitié environ des engrais azotés répandus sur les sols agricoles ne sont pas utilisés par les plantes. Ils se retrouvent dans l'environnement, et notamment dans les eaux. Les fleuves français transportent chaque année en moyenne 646 000 tonnes d'azote (71% sous forme de nitrate) et 43 800 tonnes de phosphore.

Cette forme singulière de pollution des écosystèmes aquatiques se traduit par une prolifération intense d'algues et de végétaux dont le développement n'est plus limité par le manque d'éléments nutritifs. La matière organique produite en abondance va s'accumuler et se décomposer en consommant de l'oxygène. Dans certaines conditions, cela conduit à

Le cauchemar de Darwin... ?

Le film a connu une certaine célébrité. Non pas tant par sa qualité que par le débat qu'il a engendré sur la disparition des espèces de poissons endémiques du lac Victoria. Résumons brièvement les faits : dans les années 1960, le capitaine (de son nom scientifique *Lates niloticus*, aussi appelé « perche du Nil ») a été introduit dans le lac Victoria pour améliorer la pêche qui avait épuisé les stocks de poissons consommables. Cette espèce prédatrice, répandue dans tous les fleuves de la zone sahélienne, s'est mis soudain à proliférer dans le lac, entraînant la raréfaction de toutes les autres espèces de poissons, dont les très nombreux petits Cichlidés endémiques du lac qui lui servaient de proies. Un nouveau réseau trophique s'est instauré, avec les jeunes capitaines mangeant notamment des crevettes et des petits poissons pélagiques très abondants, et les grands capitaines pratiquant le cannibalisme. Un phénomène assez fréquent chez les poissons prédateurs. Toute la communauté scientifique a crié au désastre devant la disparition prévisible des Cichlidés endémiques. Et le capitaine, cet intrus, a été accusé de tous les maux. Sus à l'envahisseur accusé de détruire la faune autochtone.

La réalité est cependant un peu moins simpliste. Le lac Victoria est entouré de nombreuses terres agricoles et la population est en pleine croissance. En l'absence de réseau de collecte des eaux domestiques ou industrielles, les eaux usées chargées de nitrate et de phosphate se déversent dans le lac Victoria, suscitant un phénomène bien connu chez les spécialistes des lacs : l'eutrophisation. En réalité, nitrates et phosphates sont les sels minéraux utilisés par les algues pour se développer. Plus il y en a et plus les algues se mettent à proliférer. Mais la matière organique ainsi produite en plus grande abondance par les algues a du mal à se décomposer, créant localement des phénomènes d'anoxie plus particulièrement défavorables aux petits Cichlidés qui se reproduisent sur les fonds. Sans oublier que la pêche intensive avait également fragilisé les populations de ces petits poissons. En fin de compte, l'introduction du capitaine, prédateur féroce, est venue de superposer au phénomène d'eutrophisation, fragilisant encore davantage la survie des petits Cichlidés endémiques.

Qui est donc le responsable ? L'introduction du capitaine a sans aucun doute coïncidé avec une période de modification écologique du lac, due à l'eutrophisation, qui a fragilisé les populations de petits Cichlidés endémiques par ailleurs déjà décimées par la pêche intensive. On peut certes accuser le capitaine d'être à l'origine d'une catastrophe écologique et de la disparition des espèces endémiques du lac Victoria, mais les vraies causes résident dans la transformation de l'écologie du lac Victoria, pollué par les engrais et les rejets domestiques.

une véritable asphyxie des organismes aquatiques. C'est un phénomène qui est connu dans les lagunes méditerranéennes sous le nom de « malaigues ». Durant les périodes calmes et chaudes, l'oxygène de l'eau diminue. Le milieu devient alors toxique pour les animaux et les végétaux qui s'y trouvent. Ce phénomène bien connu dans l'étang de Thau, dans le Languedoc, entraîne régulièrement une mortalité élevée de coquillages.

Le phénomène de fleur d'eau est également une des manifestations de l'eutrophisation. Il se traduit par la prolifération d'espèces planctoniques toxiques pour l'homme ou d'autres organismes vivants. Le « sang des Bourguignons » est un phénomène de fleur d'eau rencontré dans certains lacs, dû à la cyanobactérie *Oscillatoria rubens* qui donne à l'eau la couleur du sang. Mais les manifestations les plus connues sont les « marées vertes », ces proliférations d'algues macroscopiques, comme les ulves (laitues de mer), dans les zones côtières. La Bretagne a malheureusement une longue expérience de ces nuisances. Sans compter que sur nos côtes, une quarantaine d'espèces d'algues microscopiques dont le développement est favorisé par l'eutrophisation sont susceptibles de provoquer des intoxications pour l'homme ou la faune marine. Les ostréiculteurs les redoutent car ces proliférations d'algues toxiques entraînent l'interdiction de vente des coquillages.

En bref, l'eutrophisation des eaux modifie complètement le fonctionnement des systèmes aquatiques. L'accroissement de la production primaire se répercute sur les autres niveaux de la chaîne alimentaire, avec une modification des peuplements de crustacés planctoniques et des poissons. En particulier, dans les lacs européens, l'eutrophisation entraîne la disparition d'espèces de poissons nobles telles que certains Salmonidés (omble chevalier, truite) au profit d'espèces de poissons blancs (Cyprinidés par exemple) moins exigeantes en oxygène.

L'eutrophisation, longtemps limitée aux pays développés, est maintenant un phénomène mondial. C'est l'une des causes majeures de la transformation des systèmes aquatiques côtiers et continentaux.

Menace du troisième type : les mimétiques hormonaux

Saviez-vous qu'une partie des médicaments que vous consommez est évacuée par vos urines et se retrouve dans l'eau de nos rivières ? Non ? Alors sachez que ce n'est plus de la science fiction. Des analyses d'eau ont montré qu'un grand nombre de composés chimiques fabriqués et utilisés en grande quantité par l'industrie des produits cosmétiques et l'industrie pharmaceutique sont présents dans l'environnement, souvent à faible dose. Mais on l'ignorait...

Les systèmes régulateurs de la biologie des êtres vivants sont complexes, aux réglages délicats, contrôlés par des hormones. Or des produits chimiques de synthèse, médicaments ou résidus de pesticides, sont susceptibles d'avoir la même action que des hormones naturelles. C'est pourquoi on parle de « produits mimétiques ». Un perturbateur endocrinien est un produit chimique dont la structure moléculaire ressemble à celle des hormones fabriquées et utilisées par les êtres vivants. Ces produits peuvent déclencher, par mimétisme, des signaux identiques dans les tissus. Ils peuvent causer une surproduction ou une sous-production d'hormones, ou bloquer l'action d'une hormone, ce qui perturbe le développement normal ou les fonctions biologiques.

Aujourd'hui, sur cette question des perturbateurs endocriniens, il y a beaucoup de doutes, beaucoup de questions, mais peu de certitudes. Ces substances peuvent avoir des effets nocifs sur les fonctions reproductives humaines, animales et végétales, mais elles sont très rarement recensées et nous ne connaissons pas les niveaux d'exposition. Néanmoins, on a signalé à diverses reprises des cas de troubles de la reproduction imputables à une exposition à des substances chimiques perturbant le système endocrinien : masculinisation des mollusques marins femelles due au tributylétain présent dans les peintures antisalissures des navires ; amincissement des coquilles d'oiseaux par un pesticide (le DDE) à l'origine d'une diminution importante de la population de plusieurs espèces de rapaces en Europe et en Amérique du Nord ; perturbation de la physiologie de la reproduction chez certaines espèces de poissons (féminisation des mâles chez les gardons par exemple).

État des écosystèmes : ou en sommes-nous ?

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, parrainée par les Nations unies, avait comme objectif d'évaluer les conséquences de la transformation des écosystèmes sur les services écologiques qu'ils assurent. Elle a ainsi fourni un état des écosystèmes à l'orée du III^e millénaire. Elle a également donné des indications sur les principaux facteurs responsables des changements, ainsi que leurs tendances actuelles et pour les années à venir. Quels sont les principaux résultats ?

D'après le PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement), les terres arides occupent 40 % de la surface de la terre. Elles sont peuplées par plus de deux milliards d'individus dont 90 % habitent un pays en développement. Entre 10 et 20 % de ces terres sont dégradées, et près d'un tiers de terres cultivables ont été abandonnées au cours des 40 dernières années à cause de l'érosion. La désertification touche 30 % des terres irriguées, 47 % des terres agricoles non irriguées et 73 % des zones de parcours pour l'élevage.

Cette évaluation a pointé quelques principaux problèmes : l'état désastreux de nombreux stocks de poissons marins dans le monde, l'extrême vulnérabilité des deux milliards d'habitants des régions arides devant la perte des services fournis par les écosystèmes, notamment l'approvisionnement en eau, les conséquences possibles du changement climatique sur les écosystèmes, la pollution des eaux due aux excès de substances nutritives dans les écosystèmes aquatiques. Le constat est simple, sinon prévisible. Les deux tiers des services

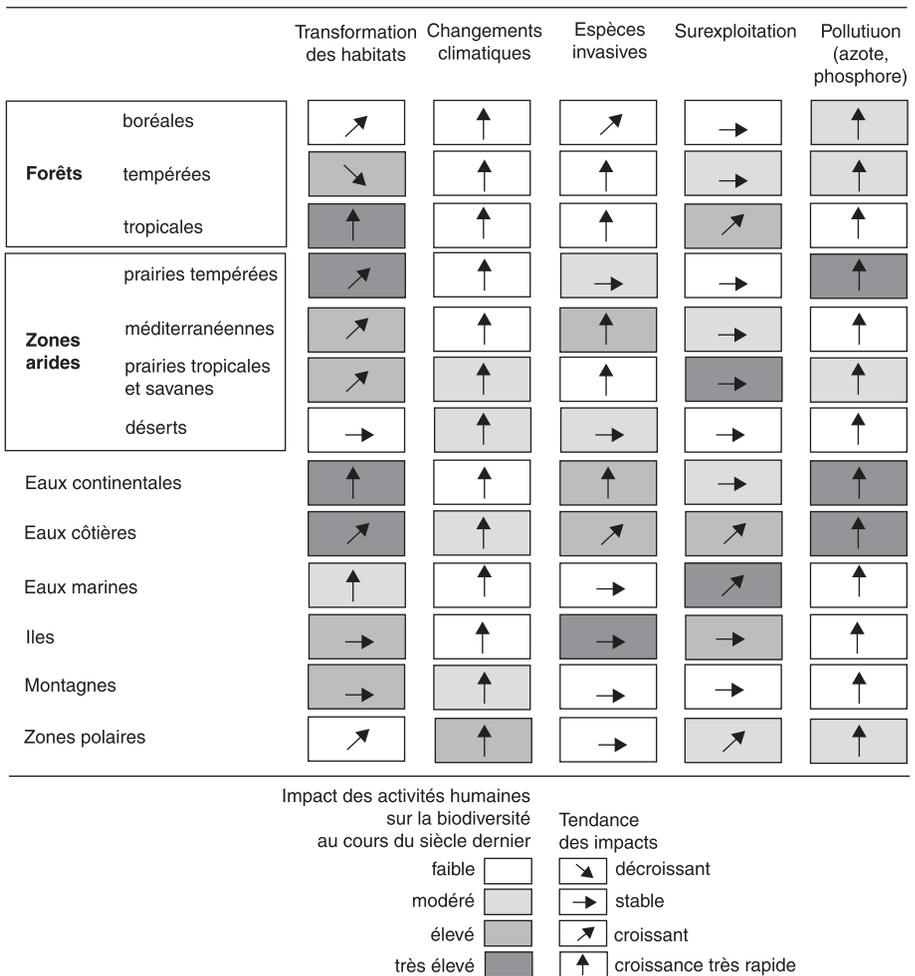


Figure 3. Récapitulatif de l'impact des activités humaines sur divers types d'écosystèmes au cours des 100 dernières années. D'après Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005).

dispensés par les écosystèmes sont en déclin dans le monde entier. Les écosystèmes les plus affectés par les activités humaines sont les systèmes marins et d'eau douce, les forêts feuillues tempérées, les prairies tempérées, les forêts méditerranéennes et les forêts sèches tropicales. Les bénéfices tirés de notre réaménagement de la planète sont payés cash par la diminution de notre capital naturel. Nous vivons au-dessus de nos moyens ! Sans réactions, nous mettons en péril nos espoirs d'en finir avec la faim dans le monde, la pauvreté, et les maladies liées au sous-développement.

Si les changements les plus rapides surviennent actuellement dans les zones tropicales, l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire fait remarquer qu'en Europe et en Amérique du Nord, une part importante de ces changements est intervenue au cours du XIX^e siècle. On estime que 70 % des forêts et des prairies tempérées ont été converties en terres agricoles. Nous, pays développés, nous avons aussi modifié profondément notre environnement, mais à une époque où personne ne s'en inquiétait. Certes nous pouvons prodiguer des conseils aux pays en développement, mais soyons modestes !

Si l'on examine l'état des lieux réalisé par l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire concernant les écosystèmes (figure 3), la tendance observée au cours des dernières décennies est globalement à une augmentation de l'impact des activités humaines pour les différents facteurs étudiés. Quelques-uns sont plus ou moins stabilisés, et un seul montre une tendance à l'amélioration – l'étendue des forêts tempérées s'accroît de manière significative, même s'il s'agit pour l'essentiel de plantations.

Ce sont dans les milieux tropicaux et les milieux aquatiques que les impacts les plus forts ont été observés. Par ordre d'importance, les modifications de l'habitat (en d'autres termes, les aménagements et l'occupation des sols) puis les pollutions et la surexploitation sont responsables des principaux changements observés.

Les signaux d'alarme sont là pour qui veut les voir, conclut en substance l'Évaluation des écosystèmes. Le futur est entre nos mains. Les sociétés humaines ont le pouvoir de desserrer les contraintes qu'elles exercent sur les écosystèmes, tout en continuant à les utiliser. Mais il faut des changements radicaux dans notre manière de traiter la nature.

Accusés, levez-vous ! Sommes-nous entrés dans une nouvelle période d'extinction de masse ?

On parle souvent dans la presse d'une sixième extinction. Une crise dont l'homme serait, cette fois, responsable ? On connaît la propension de certains scientifiques à dramatiser les situations pour se faire entendre des médias et des bailleurs de fonds. On assimile l'homme aux forces planétaires qui ont fortement marqué dans le passé le cours de l'évolution. L'accusation ne laisse pas indifférent. Mais quelles sont les bases scientifiques d'une telle affirmation ?

Sur la longue route de l'évolution entamée il y a près de 3,8 milliards d'années, l'homme, cet avatar de la nature, est apparu il y a très peu de temps, quelques millions d'années seulement. De manière conjoncturelle, il s'est révélé intelligent, ou du moins se définit-il ainsi pour se différencier des autres êtres vivants. Et il a inventé des outils pour se défendre, se protéger des éléments, mieux exploiter les ressources naturelles dont il dépend. Il a même prospéré au-delà de toute espérance. Et l'on se pose maintenant la question : quelle place

reste-t-il aux autres êtres vivants, face à cette espèce envahissante ? Qui détruit ou modifie les espaces naturels, et dont les moyens technologiques sont devenus exorbitants. Peut-on trouver un compromis acceptable par tous ?

Examinons les faits : l'homme prolifère de plus en plus, exploite et transforme à son profit de nombreux écosystèmes, détruit des espèces mais également leurs habitats. Les pollutions, la transformation des écosystèmes, la surexploitation des ressources vivantes sont autant de facteurs d'érosion de la biodiversité qui ont été largement mentionnés par les scientifiques et les ONG. La situation est sérieuse, sans aucun doute, mais justifie-t-elle pour autant cette surenchère catastrophiste dont nous sommes les témoins ? Ainsi, Paul Erlich, un des gourous de la biodiversité connu également pour avoir dénoncé la bombe P (la bombe démographique), annonçait au début des années 1980 la disparition de 250 000 espèces par an, soit la moitié de la biodiversité en l'an 2000 ! Nous sommes loin du compte... Bien d'autres Cassandres ont, eux aussi, avancé des évaluations chiffrées de l'érosion de la biodiversité. Autant d'effets d'annonce et de chiffres fantaisistes dont on peut affirmer qu'ils ne sont étayés par aucune analyse sérieuse. D'autant, rappelons-le, que nous sommes bien loin d'avoir fait l'inventaire du monde vivant.

Des chiffres très divers ont été publiés concernant la disparition des espèces du fait des activités humaines. Il s'agit presque toujours d'informations très approximatives et non validées scientifiquement, provenant parfois d'extrapolations hasardeuses, auxquelles aucun scientifique digne de ce nom ne devrait accorder un début de crédibilité. Pourtant ces chiffres sont repris régulièrement par des scientifiques, des ONG, des politiques, dans des discours de nature le plus souvent répétitive, à l'occasion par exemple des grandes conférences internationales dont ne sortent que des recommandations sans lendemain.

L'Évaluation des écosystèmes l'indique d'ailleurs : « Nous ne pouvons pas être précis quant à l'étendue globale du changement car on estime que la science n'a identifié que 10 % des espèces vivant sur Terre. Toutefois nous pouvons affirmer que la majorité des espèces issues de catégories diverses comme les amphibiens, les oiseaux nicheurs dans les terres cultivées ou les coraux des Caraïbes, sont de moins en moins abondantes et occupent des zones de plus en plus réduites. » Des propos plus raisonnables ! Avec des chiffres incontestables sur des groupes bien connus tels que les oiseaux (12 % des espèces connues menacées d'extinction), les mammifères (25 %) et les amphibiens (au moins 32 %). Mais combien d'inconnues sur les autres ? Parmi les poissons des eaux continentales, des centaines d'espèces ont probablement disparu sans laisser de traces car eux, on ne les voit pas ! Et ils n'ont pas autant de « fans » que les oiseaux !

Il faut dénoncer également l'amalgame fait entre les espèces. Pour les groupes les plus charismatiques et les mieux étudiés, qui sont aussi les plus visibles, la situation est effectivement inquiétante. Pour beaucoup d'autres, nous devons le plus souvent reconnaître notre ignorance. Et pour ce qui est des micro-organismes, constituant la plus grande biomasse à la surface de la terre, c'est carrément l'inconnu. En outre, tous les groupes ne réagissent pas de la même manière. Pour les spécialistes de la microbiologie, les micro-organismes semblent très bien s'accommoder de la présence de l'homme. Étant donné leurs incroyables capacités à modifier leur patrimoine génétique, il est même probable que l'homme crée de la biodiversité parmi ces espèces !

La disparition d'espèces et l'apparition de nouvelles espèces ne s'inscrivent pas dans les mêmes échelles de temps. L'extinction est un phénomène naturel, qui peut s'accélérer sous l'effet de facteurs externes de nature climatique, géologique ou anthropique. C'est ce que nous apprennent les grandes extinctions de masse par exemple : en un laps de temps assez court à l'échelle géologique, des quantités d'espèces ont disparu. Il faut au contraire

La faune de vertébrés des îles méditerranéennes : un impact différencié

La faune des îles méditerranéennes a subi d'importantes modifications durant l'Holocène. Entourées de fosses profondes, les grandes îles sont restées isolées des continents durant au moins 700 000 ans. Sur chacune d'elles, une faune endémique a pu se développer, comprenant notamment des mammifères (éléphants nains, cervidés, hippopotames, mulots, souris ou campagnols géants, etc.). L'implantation permanente de groupes humains date d'environ 11 000 ans, à la fin des temps glaciaires. Actuellement, aucun des taxons de mammifères endémiques du début de l'Holocène ne subsiste, à quelques exceptions près. Tous les mammifères terrestres actuels sont d'introduction plus récente, à partir du continent. La question reste latente de savoir si les grands mammifères ont disparu du fait de la chasse ou du changement climatique. Les indices disponibles plaident en faveur d'une extinction due au climat. Quoiqu'il en soit, la faune mammalienne des îles est aujourd'hui plus riche : 22 à 29 espèces sur chaque île contre 3 à 6 espèces au début de l'Holocène. Elle est composée majoritairement d'espèces marronnes¹ (mouflons, sangliers, chèvres sauvages), de gibier (cerfs, lapins), d'espèces anthropophiles (mulots) ou commensales² (souris, rats).

La situation est cependant différente pour les autres vertébrés. Aucune des 14 espèces autochtones de batraciens et de reptiles n'a disparu, et seules 4 espèces ont été introduites. Pour les oiseaux, certains taxons endémiques ont également disparu et quelques espèces ont été introduites. Mais 60 % des espèces probablement nicheuses en Corse au début de l'Holocène sont encore présentes aujourd'hui.

¹ Espèces domestiques retournées à l'état sauvage.

² Espèces vivant dans le voisinage de l'homme et partageant sa nourriture.

beaucoup de temps pour que les espèces évoluent et se diversifient. Jusqu'ici, la vie est toujours sortie confortée de situations de ce type. Peut-on penser qu'il en serait autrement ?

Ce qui est certain, c'est que des espèces apparaissent aussi en permanence. Cet aspect est rarement abordé. Oubli ou omission volontaire ? Il n'est guère plus facile d'ailleurs d'évaluer le taux d'apparition des espèces que leur taux de disparition. C'est une question sur laquelle les scientifiques possèdent encore peu de renseignements. Intuitivement, on peut penser que le taux d'évolution est plus ou moins lié au cycle biologique des espèces, et donc infiniment plus élevé chez les bactéries que chez les mammifères. Mais il paraît tout aussi évident que certains groupes zoologiques ont plus de potentialités que d'autres pour évoluer rapidement. Ainsi, chez les poissons de la famille des Cichlidés, connus pour les très nombreuses espèces endémiques des grands lacs d'Afrique de l'Est, il est probable que des espèces s'individualisent en quelques milliers d'années, alors que d'autres groupes de poissons paraissent relativement stables sur des millions d'années.

L'inflation des discours catastrophistes n'est pas neutre. Il s'agit pour certains d'avoir accès aux médias afin, dans le meilleur des cas, de faire passer un message et de sensibiliser l'opinion publique. Ce qui est légitime. Mais parfois, il s'agit d'assurer simplement une promotion personnelle. Ce qui relève du spectacle. Avec le danger de tenir des discours racoleurs mais sans fondements scientifiques.



Apprivoiser et manipuler le vivant

*Un épagneul tendrement adoré
Mourut dans les bras de sa dame
Au même instant, le mari rendit l'âme
Fort à propos pour être pleuré.*

QUATRAIN ANONYME, XVIII^e siècle

*Dieu a créé le chien.
L'homme a créé le bouledogue, le chihuahua et le lévrier afghan.
Dieu a créé la vache.
L'homme a créé Prunelle, 1235 kilos, médaille d'or du Salon de l'agriculture.
Qui est le plus doué, c'est ce qu'on voudrait savoir ?*

LÆTITIA BIANCHI... sur le web

L'homme a toujours été dépendant de son environnement, ne serait-ce que pour sa nourriture. On peut penser qu'il a essayé très tôt de diversifier et de mieux contrôler l'utilisation de cette biodiversité. C'était l'époque où l'homme chasseur-cueilleur, apprenait à reconnaître et sélectionner des espèces animales et végétales en fonction de ses besoins et de leur disponibilité. L'apprentissage, à base d'essais et d'erreurs, a probablement été long. Et la transmission de l'expérience n'a pu se faire, dans un premier temps, que par la tradition orale. C'était à l'aube de l'humanité, quand l'homme ne savait pas encore qu'il était intelligent ! La chasse ou la pêche l'ont amené à exercer sa sagacité dans la fabrication d'outils et l'élaboration des pratiques adaptées.

Et puis commença la longue aventure de la domestication, toujours d'actualité. Elle allait de pair avec une véritable révolution : la sédentarisation des sociétés humaines. Simultanément, la connaissance empirique puis scientifique des plantes et des animaux s'est améliorée. On découvre de nouvelles espèces utiles pour l'agriculture et la médecine mais aussi, empiriquement, les fermentations à l'origine de la fabrication du pain, des fromages, des alcools. Et le film s'accélère avec la découverte du Nouveau Monde et les progrès de la science : découverte de nouvelles espèces qui vont transformer l'agriculture mondiale, découverte des biotechnologies avec Pasteur, découverte de la génétique avec Mendel. Le film s'emballe carrément au cours des dernières décennies avec l'avènement de la biologie moléculaire et la transgénèse : l'homme est maintenant capable de créer de nouvelles espèces, et d'utiliser à son profit de nombreux processus biologiques pour ses besoins alimentaires ou industriels. Et nous sommes probablement loin d'avoir exploré toutes les possibilités de la manipulation du vivant. Le rêve de l'homme bionique n'est plus complètement inaccessible. Avec tous les risques possibles de dérapage...

En résumé, nous vivons une époque où s'empilent les différentes strates de nos tentatives d'apprivoiser le monde vivant. La cueillette et la chasse perdurent dans les activités de pêche, d'exploitation des forêts, de collecte des fruits, des champignons, des produits de la nature en général. La domestication se poursuit avec de nouvelles espèces de plantes ou d'animaux venant enrichir notre patrimoine ; la manipulation du vivant, enfin, ouvre des nouvelles perspectives tout en provoquant des craintes. Notre attitude est néanmoins bien

ambiguë. Certains dénoncent avec vigueur les excès possibles des fabricants de chimères. Mais qui remet réellement en cause les recherches en biotechnologies quand on nous tient en haleine avec toutes les applications susceptibles d'améliorer notre espérance de vie ?

La domestication à petits pas...

Un moment crucial dans l'histoire de l'humanité a été le passage de la civilisation de chasseurs-cueilleurs à celle d'agriculteurs, que certains ont appelé la « révolution agricole ». Il y a environ 10 000 ans, l'homme a domestiqué des plantes et des animaux au Proche-Orient et, de manière indépendante semble-t-il, en Chine, en Amérique centrale puis dans les Andes quelques millénaires plus tard. La transition entre les modes de vie nomades et sédentaires n'a pas été brutale car les premiers cultivateurs ont continué à pratiquer la chasse. La domestication a été progressive, débutant par une agriculture « prédomestique » où perduraient des pratiques de cueillette. Cette évolution s'est manifestée cependant par le passage d'un mode de vie très mobile, et nécessairement ascétique, à un mode de vie sédentaire caractérisé par une accumulation de biens, le stockage de la nourriture et la concentration urbaine. Le rapport à l'environnement s'en est trouvé modifié. Il s'est alors agit d'exploiter plus intensément l'environnement de proximité – avec les risques inhérents de surexploitation –, mais aussi de s'affranchir des contraintes de l'environnement naturel et de ses aléas. Pour cela, il fallait mieux contrôler d'autres ressources naturelles comme les sols ou l'eau, ce qui a été à l'origine notamment de grandes civilisations de l'eau.

Les débuts de l'agriculture

Dans un site préhistorique daté d'il y a 22 000 ans sur les bords du lac de Tibériade, de nombreux grains d'orge et de blé sauvage ont été découverts, ainsi que des restes de four. Il s'agit d'un des plus vieux témoignages de l'utilisation de céréales dans l'alimentation humaine – il n'est d'ailleurs pas déraisonnable de penser que ces hommes faisaient cuire une sorte de pain. Ces découvertes viennent conforter l'idée que les hommes utilisent depuis longtemps les produits de la cueillette.

En Occident, l'agriculture a commencé simplement avec quelques plantes. En Asie ce fut le riz, en Afrique le mil et le sorgho. Pour l'orge et le blé, la domestication a débuté il y a 11 à 12 000 ans, dans le croissant fertile au Proche-Orient.

Pourquoi nos ancêtres ont-ils changé de mode de vie ? Comment s'est fait le passage de la cueillette à la domestication et à la culture ? Des activités qui demandent des connaissances élaborées : sélection des graines, semailles à une date précise, préparation du sol, etc. D'autant que l'agriculture nécessite un accroissement des investissements en temps et en énergie.

En réalité, le passage de la vie de chasseurs-cueilleurs à celle d'agriculteurs n'apportait pas une amélioration immédiate du mode de vie. Le passage d'un mode de subsistance à un autre n'a donc probablement pas été soudain, d'autant que les principales plantes cultivées n'existaient pas en tant que telles : elles sont issues d'ancêtres sauvages transformés sur le long terme par la domestication. Selon certaines hypothèses, l'agriculture serait née un peu par hasard, à une époque où le climat était particulièrement favorable à la cueillette et à la chasse de telle sorte que l'abondance de nourriture aurait permis une relative sédentarisation. Ces conditions de vie sédentaires auraient alors laissé la possibilité d'« expérimenter » en semant des graines. Avec le temps, ces techniques agricoles se seraient améliorées, formant progressivement une part de plus en plus importante de l'alimentation.

Le succès des immigrants

Une famille prend son petit déjeuner. La mère boit du thé (produit originaire d'Asie), le père du café (originaire d'Afrique), et les enfants du chocolat (qui vient d'Amérique du Sud). Un peu de corn flakes (maïs, domestiqué en Amérique du Nord), de pain (fait avec du blé venu d'Asie mineure), et éventuellement un kiwi (nouvellement venu de Chine). La mondialisation n'est pas un phénomène récent, et qui s'en plaindrait !

Les migrations humaines, les conquêtes d'empires, ont joué un rôle majeur dans l'évolution des plantes cultivées. Dans la Rome antique, les vainqueurs défilaient avec les captifs, mais aussi avec les plantes et les animaux des territoires conquis. C'est ainsi que les plantes et animaux de l'Asie mineure et du Proche-Orient se sont propagés dans tout le bassin méditerranéen. La quête de produits végétaux (épices, drogues, soieries, plantes tinctoriales, etc.) a été l'un des mobiles de la conquête du monde par les Européens depuis la fin du xv^e siècle. Elle a poussé Christophe Colomb à rechercher la route de l'Atlantique pour parvenir en Chine, ce qui lui permit de découvrir Cuba, ses épices, le coton, la rhubarbe et la cannelle ! Très vite, on a fait appel à l'expertise des naturalistes pour dresser l'inventaire des ressources et on envoya des observateurs spécialisés dans les régions conquises. Ce fut l'occasion de découvrir une agriculture très ancienne et relativement développée, basée sur trois plantes principales : le maïs, le manioc et la pomme de terre. L'agriculture amérindienne était néanmoins diversifiée, et les Européens en tirèrent parti pour disséminer dans le monde une vingtaine de plantes sud-américaines : maïs, manioc, pomme de terre, tomate, citrouille, tabac, fraise, piment, haricot, etc. L'Europe bénéficia plus tard également de plantes venues d'Amérique du Nord telles que le topinambour et le tournesol. La dinde et le canard de Barbarie profitèrent également à l'élevage européen. Ces transferts auront été à la base de la plus grande révolution alimentaire de l'histoire. De fait, le maïs et la pomme de terre ont joué un rôle important dans la dynamique agricole de l'Europe et la mise en œuvre de la « nouvelle agriculture » au début du xix^e siècle. Les transferts intercontinentaux de coton et de caoutchouc tiendront également une part non négligeable dans la révolution industrielle et enrichiront le stock de produits médicinaux (quinine).

En réalité, cette activité s'inscrit dans un contexte de compétition économique dont l'objectif est simple. Il s'agit pour les Européens d'enrichir leur potentiel de production agricole – mais aussi médicinal – en introduisant sur leur territoire des plantes exotiques utiles. Le grand jeu est également de dérober des plantes cultivées sous les tropiques, dont certains pays coloniaux ont le monopole, pour les transférer dans des territoires sous leur contrôle. Ainsi Pierre Poivre dérobe-t-il des plants de cannellier et de giroflier dans les Indes néerlandaises pour les introduire et les cultiver à l'île Maurice.

Il est d'usage de penser que l'Europe a été le principal bénéficiaire de la découverte de l'Amérique du Sud et de ses espèces domestiques. Mais le transfert d'espèces sud-américaines a également concerné l'Afrique et l'Asie : hévéa, cotonnier, sisal, cacaoyer, ainsi que les cultures vivrières contribuant à réduire les risques de famine et de disette : maïs, manioc, patate douce, arachide, etc. D'autre part, l'élevage américain a largement bénéficié en retour du transfert du cheval, du bœuf, du porc et des volailles venus d'Europe, ainsi que du blé. D'Afrique ont été importés le café et l'igname, et d'Asie le riz, la canne à sucre, le soja, le bananier, les agrumes, le cocotier, etc. Le Nouveau Monde n'est donc pas le parent pauvre de ces échanges. Peut-on dire qu'il y a eu pillage en matière de plantes alimentaires comme on l'a affirmé dans d'autres domaines ? On peut affirmer que, pour le moins, il y a eu partage d'un patrimoine commun, au bénéfice de tous !

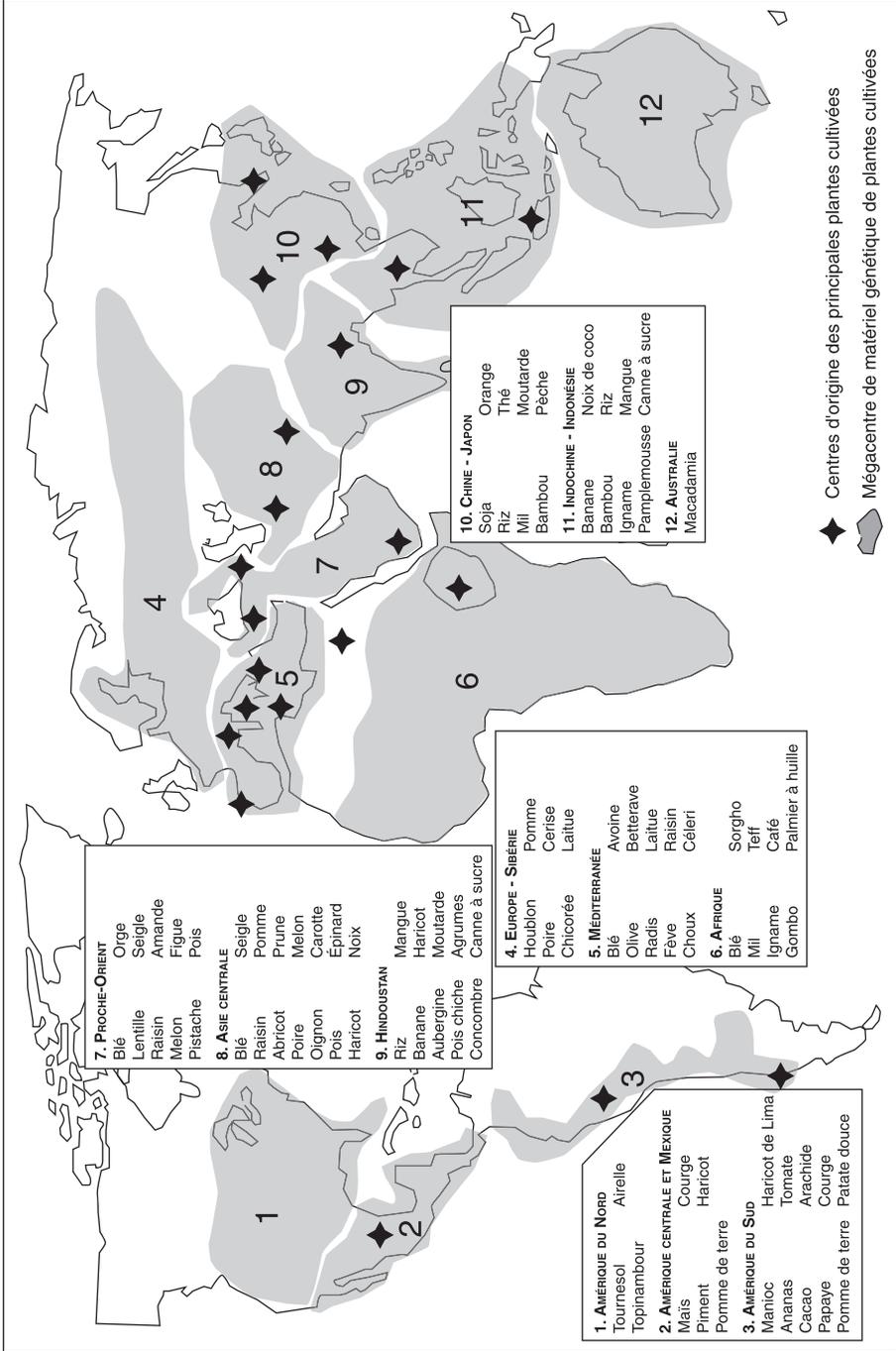


Figure 4. Origine des principales plantes cultivées.

Des animaux au service des hommes

La domestication des animaux a été une étape importante dans l'histoire des sociétés humaines. Où, pourquoi, comment la domestication a-t-elle eu lieu ? Et quelles en ont été les conséquences sur nos sociétés ? Autant de questions pour lesquelles nous sommes loin d'avoir des réponses définitives, mais qui ont suscité de nombreuses réflexions.

Apprivoiser, dresser, domestiquer ?

Première difficulté, définir la frontière entre un animal sauvage et un animal domestique (au sens littéral : « de la maison »). Que mettons-nous derrière l'idée de domestication ? On sent intuitivement qu'il existe de nombreuses nuances entre animal élevé, apprivoisé, dressé, domestiqué, familier, etc. Qu'y a-t-il en effet de commun – au-delà du fait qu'ils sont utilisés et manipulés par l'homme – entre le bœuf, l'abeille domestique, le chat et le poisson rouge ? Sans difficulté, on reconnaît que le terme domestication se prête à de nombreuses interprétations.

Comme le soulignent les historiens Delort et Walter (2001), l'élevage commence avec le contrôle de la nourriture et de la procréation. Mais ils ajoutent aussitôt que la domestication implique la sélection, un processus de microévolution engendré par l'isolement d'une population restreinte d'individus d'une espèce sauvage, obligée à vivre et à se reproduire dans un environnement contrôlé par l'homme. Pour faire bref, la sélection aboutit à constituer des espèces et des races nouvelles. Elles sont souvent proches des espèces sauvages dont elles sont issues, et elles peuvent toujours se reproduire avec elles. Ces races ont fait l'objet d'une sélection dirigée par l'homme pour répondre à des exigences en matière économique ou esthétique : production de viande, de fourrure, etc.

Il s'agit là de la définition zoologique de la domestication. Mais avec Jean-Pierre Digard, on pourrait retenir une définition plus élargie, selon laquelle il y a des animaux qui subissent ou ont subi, d'une manière ou d'une autre, une action de domestication par l'homme. Les domestications récentes (élan du Cap, autruche, buffle, kangourou, etc.) montrent qu'aucun animal sauvage n'est entièrement à l'abri de toute domestication. Inversement, il y a de nombreux cas de domestications abandonnées (crocodile, hyène, singes, cerf) et d'animaux « marrons », c'est-à-dire domestiqués depuis des millénaires mais qui peuvent reprendre une existence sauvage, tels que le dingo australien, le mouflon de Corse, etc. Sans oublier tous ces cas limites d'animaux qui ne se laissent pas facilement domestiquer (l'abeille ou l'éléphant) ou que l'homme entretient dans un état proche de l'état sauvage (oiseaux de proies, taureaux de combat, etc.).

On voit ainsi que selon les critères retenus, une trentaine d'espèces seulement seront qualifiées de « domestiques », ou quelques centaines. Sans faire d'analogie trop étroite, on peut retenir également que la domestication, comme l'évolution, peut être un processus au long cours, jamais achevé, et susceptible d'être remis en cause à tout moment.

Aux origines de la domestication

Il paraît évident à tout un chacun que l'homme a domestiqué des animaux pour leurs productions de viande, de laine, de lait, etc. Cette explication finaliste ne serait en réalité qu'une idée simpliste et fautive. Jean-Pierre Digard nous rappelle en effet que les motivations économiques et utilitaires n'auraient joué qu'un rôle secondaire dans les débuts de la domestication. Et pour cause, le mouflon n'a pas de laine et le cheval sauvage ne travaille

pas spontanément ! Ces avantages ne seraient apparus que progressivement. Parmi les motivations profondes de nos ancêtres, il y aurait le besoin intellectuel purement gratuit de connaître et de comprendre le monde qui les entoure. Mais aussi le désir mégalomane de s'approprier et de dominer la nature et les êtres vivants.

La naissance de l'agriculture et de l'élevage résulte-t-elle d'une époque dans l'histoire de l'humanité où l'homme a été en mesure de mieux maîtriser les techniques ? Peut-être, mais on peut penser également que ce lent processus tire également sa source de la proximité, voire de la familiarité entre les hommes et les animaux, et de la pratique maintes fois observée dans toutes les civilisations, de ramener et d'élever des jeunes animaux orphelins, pour en faire des compagnons pour les enfants ou pour les manger plus tard. . . Au point que certains de ces animaux étaient remarquablement apprivoisés et suivaient partout leur mère d'adoption.

Ce processus de « maternage » est assez fréquent et fait écho à la théorie de « l'empreinte » de l'éthologue Konrad Lorenz. Celui-ci a montré que des liens étroits s'instauraient entre les poussins venant au monde et le premier objet mobile qu'ils voient à leur naissance. Un phénomène bien connu des pêcheurs chinois pratiquant la pêche au cormoran. Ils s'attachent les oiseaux au moment de l'éclosion des œufs, après incubation artificielle. Un phénomène que l'on rencontrait également dans la France rurale d'autrefois où il n'était pas rare d'observer des canards familiers.

Un tel phénomène a probablement joué un rôle dans la domestication, même si cette dernière met en œuvre des populations d'une espèce, et pas simplement quelques individus mourant généralement sans descendance.

Jean-Pierre Digard, toujours lui, avance l'idée que le maternage des animaux orphelins dans les sociétés de chasseurs était une contrepartie, une forme de rachat des méfaits dont les hommes se rendaient coupables envers le gibier chassé. On pense ici aux rites de purification des chasseurs dans de nombreuses sociétés traditionnelles ayant une représentation horizontale du monde, c'est-à-dire de sociétés où l'être humain se situe au même niveau que les autres éléments de la nature. Quelque peu provocateur, J.-P. Digard pose ensuite la question de savoir si le phénomène des animaux de compagnie, si développé de nos jours, peut se rattacher à ces pratiques ancestrales, à savoir que l'attachement porté à nos chiens et nos chats nous dédouane de pouvoir consommer tranquillement les bœufs, les moutons, les poules, etc. À chacun de faire son introspection. . .

La domestication et l'élevage ont créé un autre type de relations de l'homme à la nature. D'une part, il a fallu conquérir des terres et utiliser des ressources variées pour nourrir les animaux domestiques ; cela a entraîné, notamment, des conflits dans l'appropriation des terres. Mais il a fallu aussi, d'autre part, que l'homme protège ces animaux dont il avait pris le destin en main et dont il dépendait pour sa vie quotidienne. La protection contre les prédateurs et contre les maladies exige un effort permanent et soutenu de la part des hommes pour l'hygiène, la garde, la reproduction, l'alimentation, etc. L'anthropisation de la nature s'est faite en partie pour et par l'animal domestique.

La domestication des animaux a été inventée indépendamment dans différentes régions du monde. Dans l'état actuel des connaissances, le chien – animal des peuples chasseurs par excellence – aurait été le premier animal domestiqué à partir du loup il y a peut-être 20 000 ans au Proche et au Moyen-Orient ainsi qu'en Europe occidentale. C'est bien plus tard, il y a 10 000 ans, au moment de la sédentarisation, que la chèvre, le mouton, le porc et le bœuf ont simultanément été domestiqués au Proche-Orient. Mais on sait que le bœuf a été également domestiqué ailleurs, notamment dans le bassin de l'Indus à partir de l'aurochs local (zébu). Et le porc l'aurait été en Chine il y a 8 000 ans, ainsi que dans plusieurs régions d'Europe et d'Afrique du Nord. Il y a environ 5 000 ans c'est au tour de l'âne dans

le sud de l'Égypte, puis du chameau et du dromadaire il y a 3 000 ans. Simultanément, il y a 4 000 ans, le lama et l'alpaca sont domestiqués dans les plateaux andins sans que cet événement s'accompagne d'agriculture et de sédentarisation. Au total, l'Europe n'a fourni qu'un seul animal domestique, le lapin. Et encore s'agit-il d'une domestication toute récente qui ne date que du ^{xvi}^e siècle !

La domestication des poissons s'est faite beaucoup plus tardivement que celle des autres animaux et des plantes. La carpe commune a été domestiquée par les Romains en Europe centrale il y a environ 2 000 ans à partir d'individus sauvages provenant du Danube. Le poisson rouge, ou carassin doré, aurait été quant à lui élevé par les Chinois il y a plus de 4 000 ans.

Animaux de compagnie

Hier, ils gardaient les troupeaux, chassaient les nuisibles, tiraient les chariots, activaient le soufflet de forge, ou garnissaient les tables. Divers animaux n'ayant d'intérêt autrefois que par leur fonction productive sont devenus aujourd'hui des animaux de compagnie.

L'histoire de l'animal de compagnie n'est pas récente. Celui-ci était déjà prisé dès l'antiquité gréco-romaine. On prête à César cette remarque : « Les femmes romaines n'ont-elles donc plus comme autrefois des enfants à nourrir et à porter dans leurs bras ? Je ne vois partout que des chiens et des singes. » Au cours de l'époque médiévale, les classes aisées possédaient des chiens (de bonne race bien entendu, comme les lévriers ou les épagneuls) ainsi que des animaux exotiques (singes, perroquets). Au ^{xviii}^e siècle, l'engouement pour les chats et les chiens se développe en Europe. L'impôt sur les chiens voit le jour en 1855.

L'animal de compagnie envahit le quotidien des villes. En France, on compte actuellement 8 à 9 millions de chiens et probablement autant de chats, dont un tiers dans les grandes villes. Mais aussi de l'ordre de 7 millions d'oiseaux, et au moins 30 millions de poissons d'aquarium... Aux espèces animales traditionnelles (chiens, chats, oiseaux) sont venues s'ajouter d'autres animaux que les vétérinaires regroupent sous le vocable de « nouveaux animaux de compagnie » (NAC) tels que souris, hamsters, lapins, rat, perruches, mais aussi pythons et autres serpents, crocodiles, mygales, lézards, furets, scorpions, crapauds, singes, guépards, iguanes, etc. Des animaux que des propriétaires snobs ou inconscients maintiennent en captivité. Intéressant cet attrait pour les animaux nains : le cheval nain d'Argentine (cheval Falabella), le porc nain si attachant, le lapin nain qui plaît aux enfants. Mais aussi la chèvre naine, la vache naine, l'âne nain, etc.

La France est championne d'Europe en matière d'animaux de compagnie : plus de la moitié des foyers possèdent au moins un animal. Un marché considérable évalué aux alentours de 3 à 4 milliards d'euros par an, sans compter l'industrie de la croquette et du gadget ! Même les grandes marques de luxe ont investi ce marché.

Les origines de cet engouement, parfois fusionnel, ont fait l'objet d'analyses sociologiques. Urbanisation explosive, dissociation de la famille, exclusion sociale, insécurité, isolement, mais aussi effet de mode et médiatisation sont régulièrement invoqués. Ils sont souvent des substituts d'affection, considérés et choyés comme des enfants. Ils ont même leur cimetière. Ils sont aussi appréciés pour leur dépendance, leur soumission, et l'image d'être supérieurs qu'ils nous renvoient de nous-mêmes. L'animal familier nous ramène à la question de l'animalité : il y a du plaisir à le dominer. Avec tous les dérapages possibles : trop d'affection occasionne des troubles comportementaux ; trop de banalisation ravale l'animal au rang d'objet que l'on peut abandonner quand il devient encombrant ; trop de snobisme pousse à rechercher des races ou des espèces inattendues.

La proximité de plus en plus grande avec l'animal de compagnie s'oppose par ailleurs avec la distance de plus en plus grande qui s'est établie avec les animaux d'élevage destinés à l'alimentation. Cette attitude s'apparente pour certains à une forme de culpabilité envers ceux que l'on mange, notamment les produits de l'élevage industriel. Mais à vrai dire, bien peu de citoyens ont été bouleversés par les abattages massifs de troupeaux suspects de la contamination par l'ESB ou la fièvre aphteuse. Pas plus d'ailleurs que par ceux concernant les volailles quand la grippe aviaire menace.

Beaucoup de nos concitoyens peuvent s'émouvoir que des chiens soient élevés à des fins alimentaires en Corée : ces Asiatiques sont révoltants ! Les mêmes sans doute vont recevoir des télévisions indiennes venant filmer nos abattoirs où finissent des millions de vaches... Et les Indiens de s'émouvoir des vaches sacrées qui finissent dans nos assiettes : ces Européens, des sauvages ! Car d'un point de vue symbolique, manger des animaux familiers ou sacrés s'apparente à du cannibalisme. Toute culture a des interdits alimentaires.

Un capital agronomique : les ressources génétiques

Jean-Claude Mounolou nous rappelle que les ressources génétiques sont la fraction de la diversité génétique du vivant dont les hommes font usage par la domestication et la sélection. En effet, pour répondre à nos besoins agricoles, médicaux ou industriels, nous avons été amenés à sélectionner et à multiplier diverses races d'animaux, variétés végétales et souches microbiennes. C'est ainsi qu'on a créé des maïs arrivant à mûrir sous le climat du bassin parisien ou des colzas dont l'huile ne contient plus d'acide érucique ; et ceci, bien avant l'entrée en scène des OGM. Ces races et variétés, anciennes ou modernes, tout comme les micro-organismes utilisés dans les procédés industriels et agroalimentaires, constituent le grand ensemble des « ressources génétiques ». Y compris cette véritable « réserve » génétique encore en partie inexplorée, présente dans les formes sauvages dont sont issues les races domestiquées. Cette réserve constitue pour certains une assurance sur l'avenir qu'il est important de protéger.

La notion de ressources génétiques s'est affirmée progressivement au cours des dernières décennies. Elle s'appuie sur les avancées de la connaissance biologique et génétique des espèces, le développement des techniques de la biologie moléculaire et de stockage de l'information. Un effort considérable a aussi été fait en vue de collecter et de préserver

Ressources génétiques

De manière générale, les composantes de la biodiversité utilisées par l'homme à des fins agricoles, industrielles, ou médicinales, possèdent une valeur économique. Dans la Convention sur la diversité biologique, les ressources génétiques sont définies comme « le matériel génétique ayant une valeur effective ou potentielle » (sous-entendu pour l'humanité) ; une définition bien ésotérique ! Concrètement, dans le domaine agricole, ce sont les variétés anciennes ou modernes de plantes cultivées, ainsi que les formes sauvages ou apparentées. Ce sont aussi les races d'animaux domestiqués et leurs populations sauvages. Enfin, ce sont les souches et les populations de micro-organismes tels que les levures utilisées pour les fermentations.

Les ressources biologiques quant à elles comprennent les ressources génétiques, les organismes ou éléments de ceux-ci, les populations ou tout autre élément biotique des écosystèmes ayant une utilisation ou une valeur effective ou potentielle pour l'humanité.

Conserver les variétés anciennes

Kokopelli et Les Croqueurs de Pommes sont deux associations qui essaient de promouvoir en France et à l'étranger la diversité des semences. Les Croqueurs de Pommes insistent particulièrement sur l'importance de la production locale et se donnent pour but depuis 1978 la recherche et la sauvegarde du patrimoine génétique fruitier, la promotion des variétés fruitières méritantes, l'information et l'éducation du public. Kokopelli existe depuis 1999 et développe la production et la distribution de semences issues de l'agriculture biologique et biodynamique.

des « patrimoines » biologiques issus d'une longue tradition de sélection de la part des agriculteurs, en assurer la protection commerciale, leur donner un statut juridique pour sauvegarder les droits des créateurs. Un travail de Romain qui a nécessité la coopération des scientifiques, des professionnels, des politiques, mais aussi des bénévoles dans le cadre de mouvements associatifs.

L'histoire des ressources génétiques a suivi un chemin parallèle à l'évolution de l'agriculture et de l'élevage. À la suite des premières domestications, l'homme a soumis un nombre limité d'espèces animales et végétales à une sélection d'abord empirique, pour aboutir progressivement à une hyperspécialisation en faveur des espèces les plus adaptées aux demandes exprimées par des agriculteurs ou des industriels. Un modèle que Darwin connaissait bien : il s'en est inspiré pour sa théorie de la sélection naturelle. Il y a en effet une similitude certaine entre l'amélioration génétique des plantes cultivées et des animaux domestiques et la sélection naturelle, toutes deux s'appuyant sur les processus de mutation génétique. Mais pour l'agroalimentaire, il s'agit de tirer profit des mutations spontanées ou provoquées survenues dans l'espèce domestique ou ses parents sauvages, pour améliorer la production. Autrement dit, il s'agit aussi d'adaptation, mais aux besoins d'un système de production agricole. Dans ce cas, c'est l'homme et non le hasard qui pilote le processus. On crée ainsi des populations possédant des caractéristiques génétiques différentes de la population initiale. De la sélection sont nés le basset et le dogue allemand, le cheval de trait et le cheval nain. Mais on peut également créer des variétés plus résistantes à la sécheresse ou aux températures extrêmes, aux maladies, etc. Ou bien répondre à la demande des consommateurs. Bien entendu, ces populations vivent et se multiplient sous le contrôle des hommes.

Ce travail fut d'abord artisanal, voire empirique, avec des pratiques utilisant les mécanismes biologiques naturels de la reproduction sexuée. Il fut surtout le fruit du travail de nombreuses générations d'agriculteurs qui ont localement apporté leur contribution à la naturalisation puis à la sélection des espèces ; ce qui explique que l'on parle souvent de « patrimoine » à propos des ressources génétiques. Un patrimoine issu d'un long travail collectif qui s'est enrichi progressivement, ce qui soulève immédiatement la question, dans un monde où tout se monnaie, de la propriété intellectuelle de ces ressources !

Le baudet du Poitou est issu d'une très ancienne sélection par des générations d'éleveurs. La race est décrite avec précision en 1717, où elle est déjà très renommée, mais elle pourrait remonter à l'époque gauloise. Ce patrimoine vivant a bien failli disparaître : victime des transformations du monde rural et de l'oubli, il n'y avait plus qu'une soixantaine de baudets du Poitou en 1980. Un plan de sauvegarde est alors mis en œuvre par le parc naturel régional du Marais poitevin aidé par les Haras nationaux, le Syndicat des éleveurs et l'Association pour la sauvegarde du baudet du Poitou (Sabaud).

Santé publique ou produits du terroir : les fromages en débat

Dans une France réputée pour avoir autant de fromages que de jours de l'année, a-t-on bien réalisé ce que l'on doit au monde vivant ? Car la richesse gustative des fromages de fabrication artisanale est liée à la diversité des micro-organismes participant à leur fabrication. De nombreux groupes microbiens sont présents dans chaque fromage. Chaque souche produit des arômes particuliers. Plus on a de micro-organismes, plus on a d'arômes... Pourtant, au nom de la santé publique, on voudrait nous priver de ce plaisir sans cesse renouvelé de déguster ces produits du terroir. C'est vrai que les *Listeria* sont à l'origine de quelques morts de temps à autre. Les consommateurs redoutant les OGM, doivent alors trembler devant les risques majeurs de contamination par ces bactéries. Doit-on, au nom de la santé publique, interdire aussi ces produits traditionnels pour les remplacer par des produits industriels aseptisés et insipides ? Il n'est pas certain qu'une majorité de Français soit prête à accepter cette perte de patrimoine.

À la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, la sélection changea de nature. Des entreprises agroalimentaires spécialisées dans la production de semences et de races améliorées prirent les choses en main. La sélection devint ainsi l'objet d'une activité industrielle : des conflits économiques apparurent, et la compétition entre firmes conduisit à favoriser seulement quelques variétés à haut rendement au détriment des races et variétés locales. Une tendance qui culmina avec la Révolution verte des années 1960-1970. Or, ces variétés à hauts rendements, fournies par l'industrie agroalimentaire, nécessitent un apport considérable d'intrants sous formes de pesticides et de fertilisants. Elles ont permis sans aucun doute d'éloigner le spectre de la famine dans de nombreux pays. Mais le prix à payer est lourd en matière d'environnement. Résultat : ces ressources génétiques, partie intégrante de notre patrimoine technologique et culturel, sont maintenant en voie d'érosion comme la diversité des espèces.

La FAO a rassemblé des données concernant la plupart des 6 500 races de mammifères et d'oiseaux « strictement » domestiqués : bovins, chèvres, moutons, buffles, yaks, porcs, chevaux, lapins, poulets, dindes, canards, oies, pigeons, etc. Pour les races dont les données sont fiables, au moins un tiers – soit un total de 1 350 – risque de disparaître, 119 ont été déclarées officiellement éteintes et 620 autres sont considérées comme éteintes. Il existait, rien qu'en France, 155 races de poules, 52 races de bovins, 59 de moutons et 36 de porcs ; beaucoup ne sont plus que des souvenirs...

La diversité génétique des plantes cultivées est également en train de se perdre, ainsi que les espèces sauvages apparentées. Seules neuf plantes cultivées contribuent à plus de 75 % à notre alimentation : blé, riz, maïs, orge, sorgho/millet, pomme de terre, patate douce/igname, canne à sucre et soja.

Si nous avons parlé principalement des espèces domestiques, végétales et animales, il ne faudrait pas oublier que les microbes représentent un gisement potentiel extraordinairement important de ressources génétiques. Les bactéries et les levures sont des acteurs clés du secteur agroalimentaire. Les premières sont également de plus en plus utilisées dans le secteur industriel pour les bioconversions³, ainsi que dans le domaine de l'environnement où elles interviennent dans la bioremédiation⁴. Sans compter l'industrie pharmaceutique où elles sont à la base de la production de 70 % des antibiotiques commercialisés, et de nombreux anti-fongiques.

³ Transformation d'une substance organique en une autre.

⁴ Transformation et dégradation de composés toxiques.

Les micro-organismes constituent une masse de ressources génétiques encore mal explorée. On peut s'attendre à des développements importants dans le futur, que ce soit dans l'utilisation de ces organismes ou des processus biologiques qu'ils engendrent. C'est pourquoi ils font à l'heure actuelle l'objet de nombreuses convoitises en matière de brevets.

Biotechnologies : la manipulation du vivant

De nos jours, les biotechnologies sont présentées comme des technologies de pointe exploitant des processus cellulaires ou moléculaires pour créer des produits et des services. Cependant, les biotechnologies, comme procédé de modification du vivant, recouvrent des techniques très diverses. Certaines sont utilisées depuis longtemps, notamment pour la fermentation (pains, fromages, boissons alcoolisées, rouissage du lin, etc.) ou la fabrication de colorants. Les travaux de Pasteur, à la fin du XIX^e ont permis l'essor des biotechnologies traditionnelles en améliorant beaucoup leur efficacité. Ces innovations ont été essentielles pour la santé (vaccins, antibiotiques) et l'agroalimentaire (fermentations).

Mais, depuis les années 1970, le génie génétique a bouleversé les biotechnologies en rendant possible la manipulation des gènes. Alors qu'il a fallu des siècles pour que l'homme crée des races d'animaux et des variétés de plantes en utilisant des méthodes traditionnelles de croisement, d'hybridation et de sélection, les techniques nouvelles permettent d'aller beaucoup plus vite. Ce qui est nouveau, c'est que l'on est capable maintenant franchir de manière délibérée la barrière de l'espèce : c'est la transgénèse, qui consiste à transférer une partie du patrimoine génétique d'un organisme (le donneur) à un organisme d'une espèce différente (l'hôte) – le caractère universel du code génétique facilitant de tels transferts. En d'autres termes, l'homme peut maintenant envisager de « diriger » l'évolution en créant de nouveaux organismes vivants. Une avancée scientifique inestimable pour certains. Une boîte de Pandore pour d'autres. Car nous jouons les apprentis sorciers : mal maîtrisée, la technique pourrait avoir des conséquences inattendues et indésirables.

Plus près de nous, l'utilisation des OGM (organismes génétiquement modifiés) suscite de grandes inquiétudes et de vives réactions du public quant aux conséquences éventuelles de la consommation de ces produits sur la santé humaine. Ce risque doit être mieux défini et évalué en face des avantages apportés à l'agriculture et à la médecine par les OGM.

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. Mais il faut être prudent là aussi. Ce n'est pas parce que les techniciens nous assurent qu'il s'agit de produits biodégradables qu'ils sont obligatoirement bons pour l'environnement et la biodiversité !

Des espoirs pour la médecine

Le vivant est en passe de devenir la matière première privilégiée de la médecine pour la mise au point de nouveaux traitements. Aujourd'hui, il existe encore peu de produits disponibles issus des biotechnologies. Pourtant, les récentes découvertes concernant les cellules-souches embryonnaires humaines laissent entrevoir des perspectives prometteuses. L'objectif avoué est d'utiliser ces cellules capables de fabriquer toutes les autres cellules du corps humain dans le cadre de la future médecine dite « régénérative ». Ces cellules pourraient être soit greffées telles quelles pour réparer un organe ou un tissu malade, soit être transformées en un organe ou un tissu à greffer (peau, rein, cœur...).

On envisage également la production d'organes humanisés par des animaux génétiquement modifiés (surtout le porc) afin de pouvoir les transplanter chez l'homme sans risque de rejet. C'est un moyen de pallier le manque de plus en plus aigu d'organes humains susceptibles d'être greffés. On comprend que ce domaine fasse l'objet de débats très difficiles, avec en première ligne les questions d'éthique.

En Europe, les approches et les législations diffèrent selon les pays. Certains comme la Belgique et la Grande-Bretagne admettent les recherches sur l'embryon à objectif thérapeutique, et la loi autorise la création des embryons humains spécifiquement destinés à la production de cellules embryonnaires. En France, la loi de 2004 rappelle que « la recherche sur l'embryon humain est interdite », mais l'autorise « à titre exceptionnel » pour une durée de 5 ans sur des embryons surnuméraires sans projet parental, et pour des recherches permettant des projets thérapeutiques majeurs. Le clonage thérapeutique, autorisé en Grande-Bretagne, reste interdit en France. Quant à la Pologne et à l'Autriche, elles interdisent toute recherche sur les cellules embryonnaires. Ces disparités ne vont pas manquer de créer quelques tensions : au-delà de la perspective humanitaire mise en avant, nul ne peut ignorer les implications économiques majeures. Et beaucoup d'argent est en jeu.

Dans le domaine de la santé, des OGM sont utilisés à grande échelle depuis la fin des années 1970. La majeure partie de l'insuline utilisée actuellement provient de bactéries OGM et non plus du pancréas de porc. En 1986, la production d'hormones de croissance par des bactéries a permis de traiter sans danger des enfants atteints de certaines formes de nanisme, alors que les traitements antérieurs étaient réalisés à base d'hormones extraites d'hypophyses de cadavres humains. Le vaccin contre l'hépatite B est également un vaccin produit par des levures ou par des cellules génétiquement modifiées mises en culture. La transgénèse végétale offre également des perspectives : le tabac peut être génétiquement modifié pour produire de l'hémoglobine par exemple. Personne ne s'est insurgé contre ces utilisations d'OGM qui, pourtant, posent déjà un véritable problème éthique : le transfert de gènes humains dans d'autres organismes pour produire des substances assimilables par l'organisme humain.

Des champignons et des levures au service de l'homme

Les antibiotiques sont des substances chimiques produites naturellement par certains micro-organismes (champignons, bactéries du sol). Ces substances ont la propriété, à faible concentration, de détruire ou d'inhiber la croissance d'autres micro-organismes. Le premier antibiotique (la célèbre pénicilline) a été découvert en 1928 par Alexander Fleming dans des champignons microscopiques du genre *Penicillium* ; mais il a fallu attendre 1941 pour les applications médicales. Les antibiotiques ont permis de contrôler pendant plusieurs dizaines d'années les bactéries pathogènes responsables des grandes épidémies. La cyclosporine permettant d'éviter les rejets lors des greffes d'organe a également été découverte dans un champignon du sol.

L'utilisation des virus à des fins thérapeutiques est un autre domaine qui paraît, lui aussi, fort prometteur. Alors que les bactéries développent de plus en plus de résistances aux antibiotiques, on commence à percevoir les potentialités des virus bactériophages, s'attaquant spécifiquement aux bactéries, pour lutter contre les infections les plus dangereuses. Mais les recherches n'en sont qu'aux prémices. On envisage également l'utilisation de virus tueurs pour lutter contre les tumeurs cancéreuses... On peut ainsi envisager de modifier génétiquement certains virus infectant l'homme de manière à ce qu'ils soient capables d'entrer et de se répliquer de manière sélective dans les tumeurs. L'évaluation clinique de

ces virus dits « oncolytiques » en est encore à ses débuts, mais des essais préliminaires ont été réalisés avec un certain succès.

Enfin, on peut aussi utiliser les virus comme des vecteurs de molécules thérapeutiques dans le cadre de la thérapie génique. On convertit alors les virus en vecteurs d'instructions génétiques capables de livrer, dans les cellules du patient, l'information contenue dans leur génome modifié. À ce jour, plusieurs milliers de patients ont reçu des préparations de virus recombinants ou de cellules génétiquement modifiées à l'aide de vecteurs viraux.

L'industrie est aux aguets

Les ressources d'énergie fossiles s'amenuisent, il devient donc urgent de rechercher des solutions alternatives. C'est la perspective qu'offrent les produits issus de matières premières végétales dont l'utilisation est envisagée dans les industries de l'énergie, de la chimie et des matériaux. Ces bioproduits, en théorie, ont des potentialités au moins équivalentes à celles des produits à base de pétrole et présenteraient aussi l'avantage de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

L'industrie s'intéresse également de près à certains éléments de la biodiversité, et notamment aux micro-organismes. Les souches de micro-organismes utilisées sont sélectionnées initialement à partir du milieu naturel, et peuvent faire l'objet d'améliorations génétiques basées sur la recherche de mutations spontanées ou provoquées par des agents mutagènes.

Qui n'a pas entendu parler des fameux enzyme gloutons ? En effet, il y a réellement des enzymes dans les lessives : les protéases éliminent les taches d'œuf, les lipases les taches de graisse, etc. La microbiologie industrielle utilise également les capacités enzymatiques et métaboliques des micro-organismes pour la fermentation de matières premières agricoles et la fabrication d'aliments (œnologie, brasserie, fromagerie, etc.). On peut y ajouter la production de molécules très diverses (enzymes, antibiotiques, hormones, arômes, etc.).

L'industrie utilise actuellement des enzymes issus de bactéries, de champignons ou de levures. Ces enzymes perdent facilement leur propriété lorsque soumis à des conditions extrêmes ; c'est pourquoi on s'intéresse beaucoup aux bactéries extrêmophiles capables de supporter des conditions de température ou de pression très importantes. Leurs enzymes sont beaucoup plus résistants que ceux des bactéries classiques. Et peuvent se substituer à des produits chimiques parfois dangereux.

L'ingénierie de l'environnement fonde beaucoup d'espoir dans la bioremédiation. Ce procédé permet de dépolluer et de réhabiliter les sols *in situ* en utilisant des organismes vivants. C'est simple, on considère que les polluants sont des sources de nourriture potentielle pour les bactéries ! Celles-ci en tirent l'énergie dont elles ont besoin pour se nourrir et se reproduire tout en dégradant la substance toxique. On a ainsi découvert des bactéries capables de dégrader le mercure, l'arsenic, le plomb, la dioxine. La biodégradation est une

Phytoremédiation : dépolluer par les plantes

Des jardins luxuriants sur les bords de la Seine. Roseaux et iris s'épanouissent dans des bassins filtrants destinés à dépolluer l'eau et les sols. Ils accueillent les oiseaux et les grenouilles, ainsi que les promeneurs. Véritables jardins paysagers, ils associent l'esthétique à la fonction : accumuler et fixer les métaux lourds et dégrader les polluants organiques ou phosphatés. Ceux qui travaillent si efficacement sont des travailleurs de l'ombre : les micro-organismes entourant les racines (la rhizosphère). Ils absorbent, dégradent ou fixent les polluants.

technique particulièrement adaptée pour le traitement des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA), une famille de contaminants parmi les plus toxiques. De nombreux organismes (algues, bactéries, champignons, plantes), possèdent la capacité de dégrader les HPA.

La fausse bonne idée des biocarburants

Utiliser du carbone vert renouvelable au lieu du carbone fossile polluant serait l'occasion d'une nouvelle croisade pour l'agriculture, après la Révolution verte ? À l'origine, l'idée était d'utiliser les terres mises en jachère dans le cadre de la Pac pour produire des biocarburants. En privilégiant l'esther de colza afin d'utiliser le maximum de surface mise en jachère. Une idée intéressante *a priori*, mais qu'en est-il en réalité ?

Le biocarburant est un combustible liquide obtenu à partir de végétaux cultivés ou non. On distingue le diester (ou « biodiesel ») de l'éthanol (ou « alcool éthylique »). Le premier, issu de cultures oléagineuses telles que le colza et le tournesol, désigne des esters méthyliques produits à partir d'huiles végétales et s'emploie en mélange avec le gazole ; le second est produit quant à lui par la fermentation des sucres contenus dans les plantes riches en sucre (betteraves, topinambours, canne à sucre...), ou en amidon (pomme de terre, céréales) ou encore en lignocelluloses (arbres, pailles de blé, etc.).

En 2006, les cultures agricoles à vocation industrielle représentaient en France 800 000 ha, soit 4 % des terres arables estimées à 17 millions d'ha. En 2005, environ 500 000 tonnes de biocarburants ont été incorporés aux 40 millions de tonnes de carburants utilisés pour les transports, soit environ 1%. En Europe, on vise pour 2010 5,75 % de biocarburants, mais la France affiche un objectif de 7 %. C'est-à-dire qu'il faudra multiplier par 6 ou 7 les surfaces cultivées... Et d'ici 2020, selon une projection de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), cette surface devrait atteindre 3,5 millions d'ha, soit 18 % des terres arables... Tout cela pour faire des économies de pétrole bien modestes par rapport à la consommation de la France. On atteindrait une production d'agrocultures de 1,5 à 2 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) en 2010, à comparer aux 92,8 Mtep consommées en 2004 selon une étude de l'Inra. Ce qui fait dire à Jean-Marc Jancovici, sur le web, que « les biocarburants sont donc un intéressant problème de politique agricole, mais un élément négligeable d'une politique énergétique » !

Sur le papier, les carburants d'origine agricole sont parés de toutes les vertus : énergie de substitution au pétrole qui va se raréfier, supposée propre en matière d'émission de gaz à effets de serre, produite localement donc participant à l'indépendance énergétique. Dans le détail, le tableau est bien moins idyllique.

L'Inra estime que 1,8 millions d'ha seront nécessaires pour le seul colza afin de répondre à la directive européenne (à comparer aux 1,3 millions d'ha de jachères actuels). Les risques de concurrence avec les cultures alimentaires sont évidents dans la mesure où le colza ne peut être cultivé partout. À moins d'utiliser des prairies et des forêts... Sans compter que produire des biocarburants coûte cher : ceux-ci ne deviennent rentables, en France, que pour un baril de pétrole à 100 dollars.

Toujours selon l'Inra, les retombées économiques concernent surtout les grandes régions céréalières et très peu les régions de polyculture-élevage. Mais peut-être faut-il voir dans cette démarche le poids de certains lobbies agricoles visant à reconvertir des cultures de rentes devenues obsolètes (betteraves par exemple). On fait miroiter les avantages des biocarburants tout en feignant d'ignorer les conséquences pour l'environnement et la société en général. Conséquences qui, comme souvent, seront assumées par la société, pas par les pollueurs.

Comme le souligne Jean-Marc Jancovici, il faut des engrais pour cultiver les plantes, et l'agrochimie produit des gaz à effet de serre. Il faut de l'énergie pour faire tourner les tracteurs et assurer la distillation. Il faudrait surtout de très grandes surfaces cultivées pour assurer une part significative de notre consommation en carburant. Cela entraînerait la disparition de systèmes écologiques stockant le CO₂ comme les forêts et les prairies. Sans compter la pollution des eaux prévisible par les engrais et les pesticides si l'on traite de grandes surfaces. Enfin, la combustion du carburant vert dégage, elle aussi, des gaz à effets de serre.

Bref, un bilan plus que nuancé, qui contraste avec les discours euphoriques des approches sectorielles ! Surtout lorsqu'on examine les divers aspects du problème dans une perspective de développement durable. On ne peut à cet égard manquer de s'interroger sur la disproportion entre la mobilisation contre les OGM et l'engouement apparent du public pour une technologie qui promet de bouleverser encore plus notre environnement. Que penseront les touristes qui viennent en masse visiter notre pays pour la diversité de ses paysages, lorsqu'on leur montrera les grandes marées vertes de l'agriculture industrielle au lieu des paysages ruraux attrayants... ?

Dans une optique de diversification des sources d'énergie, les biocarburants représentent probablement une réponse possible, parmi d'autres, à l'épuisement annoncé des énergies fossiles et à la réduction des GES (gaz à effet de serre). Mais ce n'est qu'une alternative limitée, et certainement pas la solution miracle trop souvent présentée. On fonde quelques espoirs sur les biocarburants dits « de seconde génération » utilisant notamment des co-produits agricoles ou de la filière bois. Mais des efforts de recherche importants sont encore nécessaires. D'ici là, il est indispensable qu'un débat public contradictoire puisse avoir lieu, prenant en compte toutes les implications sociales et environnementales du développement des biocarburants dans une perspective de développement durable. Sinon, nous risquons de couvrir une bombe à retardement en matière de gestion de l'environnement.

Les charmes cachés de la chimie verte

La production d'ester méthylique engendre celle de glycérol. Ces deux molécules permettent d'obtenir des dérivés pouvant se substituer aux produits d'origine pétrochimique : des résines, des crèmes cosmétiques, des plastifiants, des peintures, des détergents... On dit que Mercedes et Volkswagen remplacent les pièces en plastique par des produits composites moitié végétal, moitié plastique, et espèrent aller vers des produits 100 % végétaux ! On pense aussi au marché des sacs en plastique. En France, 8 milliards de sacs circulent chaque année. Des sacs en plastique biodégradable, fabriqués à partir d'amidon, sont déjà utilisés par des chaînes de supermarchés.

Quoiqu'il en soit, des huiles de colza ou de tournesol ou leurs dérivés alimentent des machines agricoles ou industrielles. L'intérêt de ces biolubrifiants est d'éviter les pollutions par les hydrocarbures. Les prix jusqu'ici plus élevés deviennent compétitifs quand le baril dépasse les 50 dollars.

Dans le secteur du bâtiment, des dérivés de l'huile de tournesol sont utilisés pour les traitements du bois, le rendant insensible à l'eau, aux UV et aux variations de température. De quoi concurrencer les boiseries en PVC !

On cite également les émulsifiants utilisés pour fluidifier les bitumes lors de leur application sur les routes : non biodégradables et toxiques pour la faune, ils se dispersent généralement dans les sols. Une équipe du CNRS a réussi à mettre au point un émulsifiant à partir de la

glycine bêtaïne, un coproduit de l'industrie sucrière de la betterave, de la fabrication de l'alcools et de l'élaboration des huiles de tournesol et se colza. Ce produit biodégradable et non toxique arrive à l'étape du développement industriel.

Agriculture et chimie verte

Beaucoup d'objets quotidiens proviennent de la chimie du pétrole : plastiques, textiles, colles, vernis, produits d'entretien, etc. Anticipant l'épuisement des sources de pétrole, l'agriculture se pose en alternative pour l'énergie, la chimie et les matériaux. Des plantes à la place du pétrole, l'idée est séduisante. Les végétaux contiennent effectivement tous les ingrédients pour fabriquer de nouveaux matériaux tout aussi performants, issus de matières premières renouvelables et biodégradables, et donc non polluants nous dit la publicité officielle ! Graines, tiges, pailles, et tout ce qui est habituellement considéré comme déchets peuvent être utilisés en théorie. À voir... Car tout dépend de la manière dont on comptabilise les effets sur l'environnement. L'agriculture extensive, telle qu'elle est encore pratiquée, demande des intrants (engrais, pesticides) dont le coût environnemental est loin d'être négligeable. Toujours est-il que les usages non alimentaires des productions agricoles (les VANA) ont le vent en poupe !

Clonage : le rêve d'immortalité

Un clone est un être vivant possédant la même information génétique que l'individu dont il est issu. Les vrais jumeaux sont ainsi des clones issus d'un embryon qui s'est scindé en deux dans les premiers jours de son développement. Mais on peut aussi bien cloner des cellules que des êtres vivants.

Les premiers essais de clonage reproductif chez les animaux remontent à la fin des années 1930, et les premiers succès ont été obtenus chez la grenouille dans les années 1950. Mais la mise au point du clonage chez les mammifères s'est avérée plus laborieuse. Le premier mammifère cloné fut la brebis Dolly, en 1997 « seulement ». Aujourd'hui, quelques milliers de mammifères clonés ont été produits dans le monde – surtout des bovins, fertiles et apparemment en bonne santé.

Le clonage reproductif est une technique très lourde. Outre l'intérêt pour les recherches fondamentales, les scientifiques ont vu dans le clonage reproductif un moyen de multiplier des animaux ayant des caractéristiques exceptionnelles ou de sauvegarder des espèces en voie de disparition ne pouvant plus se reproduire par reproduction sexuée. Surtout, le clonage simplifie beaucoup la fabrication d'individus génétiquement modifiés. Mais pas de science-fiction : il n'est pas possible de cloner n'importe quoi comme le mammoth congelé.

Débat de société autour des OGM

Selon la réglementation européenne, un OGM est « un organisme dont le matériel génétique a été modifié d'une manière qui ne s'effectue pas naturellement par multiplication et/ou par recombinaison naturelle ». L'avantage pour les techniciens et les scientifiques, c'est qu'on peut aller beaucoup plus vite en matière de sélection. Et surtout, qu'il est possible de puiser dans l'immense « librairie génétique » de la nature pour modifier des organismes, afin de leur faire acquérir des caractéristiques particulières comme la production de substances intéressantes. Les techniques du génie génétique permettent de

transférer dans le patrimoine génétique de cet organisme un ou plusieurs gènes provenant de n'importe quel autre organisme : plante, animal, bactérie, champignon. De quoi donner le vertige à tous les apprentis sorciers... !

OGM et agriculture

« L'idée qu'une technologie puisse se diffuser parce qu'elle est sans danger appartient à une autre époque. Et le cas des OGM est plus intéressant que celui du nucléaire ou du changement climatique, justement parce qu'il n'implique pas une perspective de catastrophe, mais un problème majeur de souveraineté : des consommateurs sur ce qu'ils mangent, des paysans sur ce qu'ils sèment, les États sur ce qu'ils contrôlent – et des citoyens par rapport à l'expérience scientifique. Il faut trouver l'accord de tous ces acteurs pour diffuser les OGM. » Bruno Latour, *Le Monde*, 25 juin 2003.

Depuis plus de 10 000 ans, les hommes manipulent génétiquement les espèces pour sélectionner celles qui les intéressent. Le blé, le maïs ou la tomate n'ont que peu de ressemblance avec leurs ancêtres sauvages. Le caniche ou le teckel non plus. Et nous n'y trouvons rien à redire dans la vie quotidienne. Alors pourquoi tout ce tapage autour des OGM ?

Les applications agronomiques sont la cible principale des OGM. Comme souvent, lorsqu'il s'agit de vulgariser de nouvelles techniques ou de nouveaux produits, on commence par en présenter tous les avantages. En premier lieu, ils permettront de nourrir la planète en respectant l'environnement, comme le déclarait Axel Kahn en 1997 ; une affirmation toutefois non confirmée par les faits. On fait valoir également que l'agriculture utilise actuellement de nombreux produits chimiques (insecticides, pesticides, fongicides) pour protéger les plantes des maladies. La transgénèse permettrait de produire des plantes résistantes à certaines maladies virales, aux insectes et aux champignons. Un moyen de réduire l'utilisation des composés chimiques. On cherche aussi à mettre au point des variétés de plantes (riz, coton, café, etc.) susceptibles d'être cultivées dans des conditions climatiques variables ou extrêmes (sécheresses, hautes ou basses températures, sols salés par exemple). Enfin, on évoque l'amélioration des qualités nutritionnelles des produits alimentaires : composition des acides gras des graines oléagineuses modifiée pour une meilleure digestibilité par les animaux ; réduction des allergies alimentaires en inhibant les protéines responsables ; amélioration de la conservation des fruits en retardant leur flétrissement, etc.

En Europe, les premiers essais de plantes transgéniques datent de 1987. C'est en 1994 que le premier fruit génétiquement modifié, une tomate se conservant mieux, a été commercialisée aux É-U. Cet événement est passé presque inaperçu mais, en 1996, la

Les arbres transgéniques en sont encore au stade expérimental. Ils visent le marché du papier et celui des biocarburants. Il s'agit de produire des arbres avec moins de lignine mais riches en cellulose. Ils sont en outre plus intéressants pour la production de papier et d'éthanol. Pour l'instant, l'industrie forestière hésite à s'engager dans cette voie. Les promoteurs font miroiter aussi la perspective d'utiliser ces arbres pour stocker du carbone dans le cadre de la Convention sur les changements climatiques. Mais les États membres de la Convention sur la biodiversité ont adopté en 2006 une déclaration reconnaissant les incertitudes et l'adoption d'une attitude de précaution.

En 2006, dix ans après leur mise sur le marché, les plantes transgéniques couvraient 100 millions d'hectares soit 7 % des terres arables. Un chiffre en progression de 13 % par rapport à 2005. Quatre plantes représentent l'essentiel des OGM cultivés : le soja (57 %), le maïs (25 %), le coton et le colza. C'est surtout aux États-Unis (53 %), et en Argentine (18 %) que l'on cultive des plantes OGM. Selon certaines projections, les OGM pourraient couvrir 200 millions d'hectares d'ici 2015 du fait de l'adoption des plantes – notamment du riz transgénique – destinées aux biocarburants.

première vague de produits alimentaires issus d'OGM a envahi les marchés internationaux. En 1998, les graines de soja génétiquement modifiées pour résister à l'insecticide Roundup étaient déjà cultivées sur 10 millions d'hectares aux États-Unis.

Les OGM présentent un attrait pour certains agriculteurs ; l'opinion des consommateurs européens est assez différente. Les bénéfices des OGM sont-ils avérés et leurs risques bien évalués ? Les variétés disponibles aujourd'hui permettent-elles de meilleurs rendements et une moindre consommation de pesticides ? Les paysans en tirent-ils un certain profit sur le plan financier et trouvent-ils des variétés mieux adaptées à des conditions limites ? Un dialogue de sourds s'est installé entre ceux qui veulent convaincre de l'utilité des OGM et ceux qui refusent de prendre le moindre risque. Dans cette controverse divisant les citoyens aussi bien que les chercheurs, les avis d'experts ne permettent pas de trancher définitivement.

Bruxelles autorise aujourd'hui la commercialisation de près de 30 variétés de plantes transgéniques. En France, 4 500 ha de « maïs insecticide » ont été cultivés en 2006 et vendus légalement. On a cherché quelques temps à endiguer l'avancée des OGM, mais la contrebande de semences transgéniques s'est développée au point de dépasser les ventes légales. Ajoutons que depuis l'interdiction des farines animales, les éleveurs européens ont besoin de soja pour nourrir leurs bêtes. Or l'accord de Blair House (Washington) en 1992 n'autorise que la production d'un faible tonnage de soja en Europe. Les deux principaux exportateurs sont les États-Unis et l'Argentine, qui ne font pratiquement plus que du soja OGM. Autrement dit, l'essentiel des cargaisons débarquant en France contiennent avant tout du soja génétiquement modifié, consommé par le bétail.

Le débat engagé sur la question des OGM est sans précédent : il concerne l'alimentation et l'environnement, la santé et la nature, il mobilise aussi bien des paysans que des citoyens, il interpelle le monde industriel, les scientifiques, les administrations et le monde politique. Il est le lieu d'affrontement de grandes idéologies dans une atmosphère, il faut le dire, en partie « polluée » par les passions et les intérêts. Selon les uns, c'est une bombe à retardement, porteuse d'un cataclysme écologique et sanitaire. Ils accusent les industries agroalimentaires qui mettent les OGM sur le marché, de vouloir faire du profit à court terme au mépris de la santé et de l'environnement. Selon les autres, c'est un moyen incontournable d'assurer la production alimentaire pour une population en pleine croissance, ou d'apporter des réponses à des maladies nous menaçant. Quoiqu'il en soit, ce débat suscite des échanges d'arguments souvent passionnels et plus ou moins bien fondés, dans un climat général de méfiance développé ces dernières années face à la gestion de certains autres risques : sang contaminé par le virus du sida en France, maladie de la vache folle (encéphalopathie spongiforme bovine, ESB) en Grande-Bretagne, empoisonnements alimentaires par les bactéries *Listeria*, etc.

Les OGM fabriquent des médicaments

Quoique très faible, le risque de mourir d'un empoisonnement alimentaire ne peut être exclu, et l'ingestion de produits contenant des OGM suscite une inquiétude entretenue

par certains médias, certaines associations et même certains scientifiques. Il faut comparer les risques. Les dangers attribués aux plantes transgéniques le sont également pour les plantes « classiques », qui peuvent elles aussi se révéler toxiques : l'allergie à l'arachide est responsable d'accidents graves, le tubercule frais de manioc contient de l'acide cyanhydrique, des réactions au kiwi – maintenant cultivé en France – ont été signalées. Et l'on peut multiplier les exemples qui n'ont pas soulevé pour autant des réactions de rejet. Bien entendu il faut être vigilant, et on ne peut totalement exclure l'apparition d'une toxicité imprévue dans les aliments OGM, ou l'apparition possible de réactions allergiques. Comme pour les autres denrées alimentaires, c'est au cas par cas qu'il faudra vérifier la toxicité éventuelle des produits. Toutes les recherches ont montré jusqu'ici que les plantes transgéniques ne sont en principe ni plus ni moins toxiques que les variétés obtenues par croisement. On peut bien entendu imaginer le pire : produire une espèce par croisement d'amandes bourrées d'acide prussique et de pommes de terre pleines d'alcaloïdes très toxiques, ou faire produire à une plante transgénique du venin de serpent. . . Qui prendrait le risque, dans un cas comme dans l'autre, de commercialiser ces produits ?

Selon un rapport parlementaire publié par l'Assemblée nationale en avril 2005, « aucun risque sanitaire n'a pu être prouvé à ce jour ». De fait, des millions de repas à base d'OGM sont servis aux États-Unis sans faire l'objet de plaintes, dans un pays où les individus sont pourtant prompts à intenter des procès. La Commission européenne elle-même répète qu'il n'y a pas de danger, tout en ayant une attitude ambiguë lors des négociations avec l'Organisation mondiale du commerce pour justifier des entraves aux importations d'OGM américaines. Pour maintenir le suspens, on parle de « larges zones d'incertitudes » justifiant que l'on maintienne un seuil de tolérance de 0,9 % sur la contamination des produits et des semences non OGM. Car il est pratiquement impossible d'éviter des disséminations fortuites, tels que le transport de pollens par le vent, dans les régions où plantes OGM et plantes non OGM sont cultivées.

Pour être honnête, il faut dire que des citoyens refusent de croire la science officielle. Ils dénoncent l'absence de recherches sérieuses sur la toxicité éventuelle des ces produits, le fait que l'on passe sous silence certaines expériences défavorables aux OGM, bref que l'on cache la vérité. Qui croire ?

Curieusement, le débat focalisé sur les risques alimentaires des OGM ignore d'autres démarches, potentiellement plus dangereuses. Ainsi, le Téléthon nous incite à tenter

Le point de vue des Académies

L'Académie des sciences et les Académies de médecine et de pharmacie se sont prononcées dans deux rapports distincts remis au gouvernement, en faveur d'une « introduction raisonnée et prudente » des plantes transgéniques dans l'agriculture. Elles estiment qu'utiliser des OGM à des fins alimentaires ou thérapeutiques ne présente aucun risque particulier. Dans le domaine médical, elles rappellent que depuis plus de quinze ans, de nombreux médicaments provenant d'OGM sont largement utilisés, et qu'aucun effet nocif n'a été observé. Dans le domaine alimentaire, c'est au cas par cas, selon des protocoles précis, qu'il faudra vérifier l'absence de toxicité ou de réactions allergiques, comme cela doit être le cas pour tous les nouveaux aliments.

L'Académie d'agriculture recommande elle aussi une « introduction raisonnée et prudente, au cas par cas, des plantes transgéniques pour l'agriculture » sous contrôle. Cette position raisonnable conduit à demander la levée du moratoire de 1998 et à la mise en place d'une nouvelle politique vis-à-vis des OGM.

l'aventure de la thérapie génique. Mais quels sont les risques de telles manipulations sur les individus ? Les techniques génétiques vont-elles conduire à modifier l'homme lui-même ? Quelles sont les précautions à prendre ? Un tel débat mériterait au moins autant d'attention que celui des dangers des plantes OGM. Peut-être l'espoir de guérir un jour certaines maladies incite-t-il à accepter plus facilement les risques ?

Des risques pour l'environnement ?

Les risques liés à l'utilisation des OGM concernent surtout des risques de diffusion, par le pollen, des gènes modifiés aux plantes sauvages ou cultivées. Les plantes transgéniques risquent-elles de modifier la diversité biologique ? Évitions ici encore la généralisation : la question doit être abordée au cas par cas.

Un maïs transgénique ne peut pas devenir envahissant en France, car ses graines sont détruites par le froid, et il n'existe pas de plante sauvage indigène interféconde susceptible de recevoir le gène modifié. En revanche, au Mexique, où se trouve l'ancêtre sauvage du maïs, il existe un risque réel de dissémination du gène modifié dans les variétés locales par pollinisation. De même, en Europe, le colza ou la betterave OGM peuvent en théorie transférer leurs gènes par pollinisation à leurs parents sauvages.

Plus embêtant, une plante modifiée pour tolérer des herbicides pourrait en théorie propager le gène de résistance à d'autres espèces qu'il sera difficile ensuite d'éliminer. Au Canada, où des millions d'hectares de colza génétiquement résistants aux herbicides sont cultivés, des lignées de colza tolérantes à deux ou trois herbicides à la fois sont apparues par le jeu des pollinisations croisées. La multiplication des plantes résistantes aux insecticides pourrait conduire paradoxalement à une utilisation accrue de produits chimiques. Sans compter les risques réels (et mis en évidence) de voir apparaître une résistance aux insecticides chez les insectes.

Bref, beaucoup de questions et d'incertitudes ne peuvent être abordés que de deux manières : arrêter la production d'organismes OGM, comme le demandent certaines associations, ou mettre en place un système de biovigilance, c'est-à-dire un réseau chargé de surveiller l'apparition éventuelle d'impacts des plantes transgéniques sur les écosystèmes naturels et agricoles grâce à la collecte de données en continu. Un tel système a été mis en place en 1999 en France (voir encadré page suivante).

La vigilance s'impose

Actuellement, la régulation des risques potentiels posés par les OGM s'est engagée dans deux directions : la politique de l'étiquetage et le protocole de biosécurité.

En septembre 2003, la communauté européenne a adopté deux règlements sur la traçabilité et l'étiquetage des OGM visant à prévenir les risques biotechnologiques. La traçabilité permet de suivre chaque ingrédient depuis sa source jusqu'au produit fini. Un tel système permet de surveiller les éventuels effets indésirables des OGM sur l'environnement et la santé humaine ou animale, et donc de retirer les produits du marché si un risque est établi. La traçabilité vise à assurer une plus grande transparence, que ce soit dans la production, la commercialisation et la consommation des OGM. Un souci de transparence séduisant *a priori*. Mais les méthodes d'extraction et d'identification de l'ADN des produits alimentaires posent encore de nombreux problèmes techniques. Il s'agit d'un véritable défi que doit relever la recherche scientifique sous peine de voir les opérateurs de l'agroalimentaire prendre des libertés avec les mesures proposées.

La biovigilance

En vertu du principe de précaution, le gouvernement français a mis en place un système de biovigilance, c'est-à-dire un réseau chargé de suivre l'apparition éventuelle d'effets non intentionnels des plantes transgéniques sur les écosystèmes naturels et agricoles, grâce à la collecte de données en continu. Le principe de biovigilance a été rendu obligatoire par la loi d'orientation agricole adoptée en 1999. Il s'agit en particulier d'observer les effets sur les populations de ravageurs, sur la flore et la faune sauvage, sur les milieux aquatiques ainsi que sur les populations microbiennes, y compris les virus. Le champ d'application inclut les végétaux, les semences, les insecticides, les matières fertilisantes et les supports de cultures composés en tout ou partie d'OGM disséminés dans l'environnement ou mis sur le marché.

Pour l'instant, cette surveillance n'a pas pu mettre en évidence d'effet significatif sur la faune d'insectes (coccinelles, chrysopes, etc.) entre les parcelles non transgéniques et les parcelles transgéniques de maïs OGM tolérant à la pyrale.

L'objectif central du protocole « biosécurité » adopté en janvier 2000 à Carthagène et entré en vigueur en 2003 est de protéger la diversité biologique des risques potentiels posés par les organismes vivants modifiés (OVM). Il définit les conditions d'échanges transfrontaliers des entités biologiques capables de transférer ou de répliquer du matériel génétique. Cela s'applique aux semences, plantes et animaux transgéniques possédant une combinaison génétique inédite obtenue par biotechnologie.

Mais le protocole fait également la distinction entre les OVM destinés à être introduits dans l'environnement, et les OVM destinés à l'alimentation ou à être transformé en produits alimentaires. Pour les premiers, le protocole établit une procédure d'accord préalable pour chaque importation d'OVM. Cela suppose que les pays disposent de l'information nécessaire pour décider en connaissance de cause, et ils peuvent refuser l'importation du fait de l'incertitude scientifique. Pour les seconds, tels que les huiles et les produits issus des OVM (sauce tomate, œufs produits par des poules nourries au maïs transgénique), que le grand public considère comme des OGM, les règles alimentaires et sanitaires nationales et internationales (*Codex alimentarius*) s'appliquent. La mise sur le marché doit faire l'objet d'une notification auprès du Centre d'échange pour la prévention des risques biotechnologiques (Biosafety Clearing-House, BCH). Ainsi les produits mis sur le marché dans l'Union européenne et contenant plus de 0,9 % d'OGM doivent-ils faire l'objet d'un étiquetage indiquant leur composition. Les risques liés à l'ingestion d'OGM ou de produits dérivés d'OGM sont la présence d'une substance indésirable dans l'aliment (toxique ou allergène) et/ou le transfert éventuel du transgène à la microflore du tube digestif.

Le gène « Terminator » sème la panique

L'une des raisons profondes de la poussée de fièvre contre les OGM est d'ordre sociologique. Il s'agit pour les agriculteurs de refuser une technologie les plaçant sous la coupe de grandes firmes agronomiques et financières comme c'est le cas en Amérique du Nord. La stratégie de ces entreprises est de vendre chaque année aux agriculteurs leurs semences sans que ceux-ci puissent utiliser les graines de l'année précédente. La notoriété de la firme Monsanto en a fait une cible de choix pour les organisations anti-OMG. L'une d'entre elles a baptisé du nom de « Terminator », sobriquet qui a connu une rapide popularité, le brevet visant à stériliser les graines de seconde génération. De l'aveu même de Monsanto, il s'agit de protéger l'investissement nécessaire au développement des semences transgéniques, afin d'encourager l'investissement dans la recherche. Cette technologie a suscité une

véritable levée de bouclier et a probablement joué un rôle important dans la prévention du public vis-à-vis des OGM végétaux.

De fait, les intérêts des entreprises multinationales investissant dans le domaine pèsent lourds. Le choix de disséminer des OGM s'est fait sur une base purement technique sans discuter le modèle d'agriculture intensive qu'il implique. À tort ou à raison, le public pense que les entreprises tentent d'imposer à toute une société un mode de production leur laissant de grandes marges de profit sans se soucier des éventuels effets pervers. Le risque lié aux OGM est ainsi perçu comme un risque « imposé » par la recherche de profits à court terme, et donc difficilement acceptable.

La question s'éclaire d'un jour nouveau quand on s'interroge sur l'intérêt et la rentabilité des cultures transgéniques pour les agriculteurs. D'après certaines études économiques, les OGM n'offrent pas un avantage incontestable sur le long terme, pour toutes les plantes, et sur la totalité d'un territoire. Autrement dit, les OGM avantageux ici sont sans intérêt ailleurs.

On a fait également miroiter l'intérêt des OGM pour régler le problème de la malnutrition des pays en développement. Mais la FAO fait remarquer que cette technologie se concentre sur des espèces lucratives d'exportation – maïs, soja, coton et colza représentant 99 % des OGM cultivés – et ignore le plus souvent les plantes locales.

Expertise scientifique et opinion publique : le conflit

La question des OGM nous conduit à réfléchir sur les limites que la société impose à l'utilisation de techniques innovantes. L'intérêt pour les professionnels et les citoyens n'a pas été clairement démontré dans la durée ; c'est le cœur du débat sur le développement durable. D'autant que le système d'évaluation des risques liés à l'introduction des OGM sur le marché, basé sur l'expertise scientifique, a été remis brutalement en cause par la controverse publique sur les OGM. Les pouvoirs publics, les scientifiques eux-mêmes et les entreprises commerciales ont tendance à souligner l'écart existant entre les risques « réels » évalués de manière « objective » par les experts, et les risques « subjectifs » perçus par le public. Les médias et les associations sont soupçonnés, voire accusés, de propager des informations imprécises et non fondées, alors qu'il faudrait éduquer ce public « ignorant ».

Le manque de transparence, la précipitation des industriels à imposer une nouvelle technologie, la suspicion face à des stratégies industrielles remettant en cause des valeurs fondamentales du monde rural ont également contribué à crispier les positions. Comment démêler le vrai du faux ? En réalité, la question des OGM soulève le problème plus général des rapports entre la science et la société. Les industriels et les experts sentent que le pouvoir est en partie en train de leur échapper : on ne peut plus, de nos jours, transférer sur le terrain les découvertes de laboratoire au nom de la rationalité scientifique, sans en référer aux citoyens.

Les décideurs, sous la contrainte, ont compris qu'il était nécessaire d'ouvrir le système d'évaluation et de gestion des risques à un public plus large. Des expériences de plus en plus nombreuses sont menées en France dans ce domaine : commission nationale du débat public, conférence des citoyens, etc. L'idée généreuse d'ouvrir le jeu démocratique en matière d'évaluation du risque fait son chemin dans la mouvance de la fameuse gouvernance. Cependant, on manque d'expérience : un système inédit de gestion participative est difficile à mettre en place, et on ne peut pas ignorer non plus le poids des intérêts en jeu. Nous sommes dans un domaine nouveau, encore mal exploré où tout, ou presque, reste à construire.

Europe-États-Unis : des regards différents

Des enquêtes d'Eurobaromètre sur les sciences du vivant et la biotechnologie mettent en évidence des attitudes contrastées par rapport aux biotechnologies. De manière générale, les Européens considèrent que le développement des nanotechnologies, de la pharmacogénétique et de la thérapie génique est « utile pour la société et moralement acceptable ». En revanche, ils sont généralement opposés aux biotechnologies agricoles. Ils considèrent que les aliments génétiquement modifiés « ne sont pas utiles, sont inacceptables d'un point de vue moral et constituent un risque pour la société ». La comparaison des opinions publiques entre l'Europe et l'Amérique est édifiante : les Européens sont fermement opposés aux OGM et très favorables aux avancées dans le domaine des nanotechnologies, et c'est l'inverse aux États-Unis. On comprendra les difficultés rencontrées dans les négociations internationales sur le commerce.

En Europe, parce qu'on se méfie aujourd'hui du progrès technique, la gestion du risque est de nature politique. La mise sur le marché d'un nouveau produit tient compte de la perception par l'opinion publique du risque induit par ce produit. Même s'il est totalement inconnu et imprévisible. Il serait dommage cependant de continuer à discuter globalement des OGM dans la seule perspective des risques, alors que certains d'entre eux offrent probablement de réels avantages.

Préserver le bien-être animal

L'histoire des rapports homme-animal s'inscrit dans des relations de domination. L'homme des origines n'était qu'une proie pour les grands prédateurs. Grâce au feu et à la technique il a pu d'abord s'en protéger. Puis il s'est mis en tête de dominer la nature par la technologie, mais aussi par son intelligence. Il a domestiqué des animaux pour en faire des auxiliaires de la chasse (le chien) ou pour l'élevage (bovins, ovins, porcs, etc.). Il a ensuite franchi un nouveau cap en utilisant la force du cheval pour la traction. Puis la technologie a, pour partie, affranchi l'homme de sa relation à l'animal. Elle a même, par certains aspects, établi des distances entre l'homme et certains animaux. L'animal élevé ou capturé pour notre alimentation est devenu un simple objet de consommation que l'on ne connaît plus, avec lequel notre seule relation se résume à la présence de viande dans notre assiette ; inversement, les animaux de compagnie ont fait l'objet de toutes les attentions.

De nouveau, les temps changent. Maintenant que l'autosuffisance alimentaire est atteinte en Europe, les citoyens veulent donner leur avis sur la manière dont les produits animaux sont obtenus. Si la finalité première est toujours de nourrir les hommes, le respect des animaux devient une composante importante pour les élevages. Sans compter qu'une viande d'animal stressé est moins bonne et se vend moins bien (viande dite « pisseuse »), et que l'épisode de la vache folle a suscité quelques interrogations sur les pratiques d'élevage. On pourrait dire cyniquement que quitte à mourir, il vaut mieux mourir heureux : c'est meilleur pour l'économie. Toujours est-il que cette question du bien-être animal est un sujet très controversé. D'un côté ceux qui défendent l'idée que les animaux sont des êtres sensibles et qu'il faut leur accorder toute l'attention voulue. De l'autre les éleveurs se trouvant confrontés à des demandes et des règlements allant à l'encontre de leurs intérêts mais parfois aussi de leur expérience.

Droit des animaux

Pour la législation, l'homme est un sujet de droit. Pas l'animal. Mais la loi de 1999 relative aux animaux dangereux et à la protection des animaux domestiques introduit une distinction entre les animaux et les objets. L'animal est considéré comme un être sensible, ce qui lui donne un statut juridique alors qu'il appartenait jusque-là à la même catégorie qu'un produit ou un bien immobilier transmissible par héritage au même titre que les murs.

Des sociétés protectrices des animaux réclament des droits pour les animaux. Une demande qui est fortement contestée sur le plan philosophique et juridique. Nous devons accorder aux animaux le droit de vivre sans être torturé, c'est une question de dignité de l'être humain. Mais ce n'est pas pour autant leur reconnaître des droits humains : même si les animaux sont reconnus comme des êtres vivants sensibles, il est difficile de les considérer, en droit, comme des personnes.

Les questions éthiques à propos du traitement des animaux ont toujours été présentes. Les organisations de protection des animaux nées en Europe au milieu du XIX^e siècle luttèrent contre la cruauté envers les animaux : violences gratuites, jeux réputés cruels (corridas, combats de coqs, etc.). La défense des animaux d'élevage est apparue plus tardivement, avec l'émergence de systèmes d'élevage industriel dans les années 1960. Il s'agissait de produire plus, à moindre coût. Les structures de type hors-sol se sont alors développées, augmentant les contraintes imposées aux animaux. Des systèmes jugés cruels et générateurs de souffrance pour les animaux.

La notion de bien-être animal part d'un principe simple : toute souffrance animale inutile doit être évitée. Les défenseurs de ce principe mettent l'accent sur la moralité de la relation entre l'homme et l'animal, plutôt que sur le statut juridique ou philosophique (droits des animaux). À cet égard, l'Union européenne a mis en place des réglementations concernant la protection des animaux dans les élevages, dans les transports, et lors de l'abattage.

En France, jusque dans les années 1980, la loi se limitait à la protection des animaux d'élevage contre les mauvais traitements. Mais dans les années 1980, la Convention pour la protection des animaux dans les élevages adoptée par l'Union européenne prend en compte les besoins comportementaux des animaux. Des besoins dont on suppose qu'ils sont les mêmes que ceux de l'espèce sauvage apparentée. D'où l'obligation, dont l'entrée en vigueur est prévue en 2012, d'aménager les cages des poules pondeuses avec un perchoir, un nid et des espaces permettant des bains de poussière. La Convention insiste sur quelques principes : ne pas souffrir de stress climatique ou physique ; ne pas souffrir de faim, de soif ou de malnutrition ; être protégé de la peur et de la détresse ; ne pas subir de douleur, de lésions ou de maladies.

Il existe néanmoins, au sein de l'Union européenne, un grand nombre de spécificités nationales, plus ou moins prises en compte par la réglementation. Le « caractère culturel continu » ou la notion de rite religieux permettent de tolérer des pratiques telles que la tauromachie ou l'égorgeage rituel. Sans oublier le marchandage : les pays nordiques défendent l'élevage et l'abattage des carnivores à fourrure, la France le gavage des oies et des canards, etc.

Dans le rapport à l'animal, la mise à mort est l'acte le plus brutal. Certains citoyens, considérant la mise à mort d'animaux comme immorale, ont fait pression sur la Commission européenne pour que les méthodes d'abattage épargnent aux animaux les souffrances et douleurs inutiles en utilisant des méthodes de mise à mort établies sur des bases

Peut-on imaginer un avenir sans foie gras ?

La pratique du gavage des oies et des canards est une tradition que l'on fait remonter à l'Égypte antique, comme en témoignent des fresques retrouvées dans des sépultures. Les animaux étaient alors gavés avec des figues, tradition que les Grecs et les Romains ont perpétué, ainsi que l'aristocratie française au Moyen Âge. Actuellement, la production de foie gras est tout à la fois une tradition bien ancrée et une activité florissante en France (80 % de la production mondiale). L'essentiel de la production vient du canard mulard, un hybride entre un canard de Barbarie mâle et une cane commune. Ces palmipèdes ont une tendance naturelle à la boulimie qui a été utilisée pour pratiquer le gavage.

Mais voilà, en Europe la production de foie gras fait l'objet de vives critiques. On estime qu'elle porte atteinte au bien-être animal ! Des règlements plus sévères et plus contraignants ont été adoptés, sans toutefois interdire la production, ce qui aurait sans doute définitivement disqualifié l'Europe aux yeux de nombreux concitoyens. Les recherches menées par l'Inra sur la physiologie et le comportement montrent que les canards ne semblent pas affectés par la procédure du gavage, ou très modérément. Mais des pays comme la Pologne ou l'Italie ont décidé d'interdire la production de foie gras sur leur territoire. Le législateur français, quant à lui, a décidé en 2006 que le foie gras faisait partie de notre patrimoine culturel et gastronomique et devait donc être protégé. Non sans rencontrer l'hostilité de certaines associations. Les Gaulois tiendront-ils encore longtemps ?

scientifiques et sur l'expérience, et notamment l'étourdissement lors de l'abattage. Ce qui pose la question des méthodes dites « rituelles », juives ou musulmanes, exigeant que l'animal soit vivant au moment d'être égorgé. Des pays acceptent des dérogations. D'autres, comme la Suisse, s'y refusent.



Main basse sur la biodiversité

*Les primevères et les paysages ont un défaut grave : ils sont gratuits.
L'amour de la nature ne fournit de travail à nulle usine.*

ALDOUS HUXLEY, *Le meilleur des mondes*

Pendant longtemps, on a cru que mère nature était une source inépuisable de produits indispensables à nos économies. Seuls quelques esprits chagrins affirmaient que ces ressources pourraient, un jour, venir à manquer. Qui pouvait imaginer en effet que nous n'aurions plus de poissons dans des océans aussi vastes ? Qui pouvait croire que les forêts tropicales allaient disparaître ? Pourtant, le rapport *Halte à la croissance*, commandité par le club de Rome en 1972, envisageait l'effondrement du système économique mondial par l'épuisement des ressources naturelles dans le courant du XXI^e siècle. Arrêt sur image : les ressources naturelles vivantes, celles produites gratuitement et qu'il suffit de récolter, sont maintenant mises en coupe réglée. Ainsi, les pêcheries marines sont en déclin en raison de la surexploitation. Environ 40 % des terres agricoles ont été dégradées au cours des cinquante dernières années tout à la fois par l'érosion, la salinisation, la perte de fertilité, la pollution et l'urbanisation. Quant aux forêts tropicales, leur superficie ne cesse de diminuer.

La situation n'est peut-être pas irréversible. Mais elle est pour le moins préoccupante. Au-delà des poissons capturés ou des arbres coupés, des écosystèmes entiers sont modifiés, transformés, voire détruits. Ces changements subis par les écosystèmes n'affectent pas uniquement les hommes mais également l'ensemble des autres espèces. Nous sommes loin, en l'occurrence, d'une démarche de développement durable. La réalité n'a pas grand-chose à voir avec les concepts théoriques développés par les scientifiques, ou les vibrantes déclarations qui font suite aux conférences internationales.

La question de l'exploitation des ressources vivantes est très vaste. Des livres entiers ont été et seront écrits sur ce sujet. J'ai choisi ici de présenter la perception utilitariste de la biodiversité, développée notamment, par l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Puis, de traiter quelques aspects qui m'ont paru particulièrement représentatifs des comportements de notre société par rapport à ces ressources. Il s'agit de montrer qu'il existe un décalage abyssal entre le discours théorique et le terrain.

Les écosystèmes à l'aune de l'économie

Quels arguments utiliser pour mobiliser le public et pour convaincre les gestionnaires et les politiques de la nécessité de prendre des mesures pour protéger la biodiversité ? Les arguments éthiques ou esthétiques brandis par les protecteurs de la nature se sont vite avérés insuffisants, voire naïfs, dans un monde où la recherche du profit est érigée en valeur suprême. D'où l'idée « géniale » d'utiliser des arguments économiques pour se placer sur le terrain familier des politiques. En bref, les écologistes ont réalisé qu'ils pouvaient trouver chez les économistes des alliés objectifs. Cela leur permet de déplacer le débat sur la conservation de la nature. En espérant que le discours économique serait mieux compris des gestionnaires que le discours écologique, en offrant une apparente garantie de

neutralité, et en utilisant une unité monétaire familière à tout un chacun... C'est sur cette base qu'a travaillé le programme international « Évaluation des écosystèmes pour le millénaire » commandité par les Nations unies.

Dans ce contexte, la biodiversité n'est plus seulement un don de la nature mais une ressource valorisable, que l'on a donc tout intérêt à la préserver. En réalité, on fait le pari que la promesse de gains peut rendre raisonnable. Si la biodiversité est un bien marchand, les pays ont la perspective de tirer bénéfice de leur diversité biologique. On peut imaginer qu'ils vont faire des efforts afin de la protéger et d'éviter les gaspillages.

Les biens et les services fournis par les écosystèmes

Les économistes ont développé un intérêt – bien compris – pour les ressources naturelles à partir des années 1970, lorsque l'environnement est devenu un sujet de préoccupation internationale. Ils considèrent les écosystèmes comme un capital naturel qui nous fournit des biens et des services. Les « biens » sont les produits que nous achetons ou vendons, et qui ont donc une valeur monétaire sur le marché : c'est le cas du bois, des poissons ou des champignons. Les « services » rendus par les écosystèmes sont un ensemble de fonctions remplies par les écosystèmes et qui sont utiles aux hommes ou au bon fonctionnement de la biosphère. Ils peuvent avoir une fonction de loisir (promenade, baignade, pêche, chasse, cueillette), une fonction écologique (épuration des eaux, régulation du climat), ou économique (production d'énergie, de ressources en eau, de ressources biologiques, etc.). En théorie, à chaque fonction peut être associée une valeur.

Tableau 2. Comparaison des fonctions et valeurs de zones humides, des effets de leur destruction ou dégradation, et des moyens nécessaires à la réparation-compensation de certains des dommages occasionnés (d'après Barnaud, 1998).

Fonction et valeur	Effets écologiques des dégradations	Mesures de substitution
• Action tampon vis-à-vis des crues	• Inondations	• Construction de barrages excréteurs de crues
• Stockage des eaux et recharge des nappes phréatiques	• Sécheresse	• Construction de barrages-réservoirs Creusement de puits profonds
• Régulation des cycles hydrologiques et chimiques	• Perturbations de la disponibilité et de la qualité de la ressource en eau	• Installation et gestion d'équipements hydrauliques
• Épuration des eaux polluées, stockage, transformation des nutriments	• Augmentation des phénomènes d'eutrophisation • Risque écotoxicologique	• Installation de stations d'épuration des eaux usées • Contrôle sanitaire
• Stabilisation des sédiments, protection des berges	• Érosion des berges • Comblement des lacs • Augmentation des bouchons vaseux	• Enrochements, construction d'épis • Bassins de décantation, renforcement des piles de ponts • Désenvasement des plans d'eau
• Habitats et refuges pour les organismes aquatiques	• Diminution de la diversité biologique	• Programmes de sauvegarde et de restauration des habitats
• Zone de protection et de reproduction pour de nombreuses espèces	• Réduction des stocks et disparition de certaines espèces	• Alevinage et réintroduction d'espèces de gibier • Réglementation renforcée
• Loisirs	• Perte de zones de détente	• Aménagement d'aires de loisirs
• Valeurs paysagère patrimoniale et esthétique	• Destructions de biens communs	• Programmes de restauration

Les services fournis par les écosystèmes n'ont pas de caractère marchand car on ne dispose pas, sur le plan économique, des repères habituels que sont le coût de production ou la demande du marché. Cependant on peut faire certaines analogies. Ainsi, la notion d'« infrastructure naturelle » résume une hypothèse selon laquelle les écosystèmes remplissent des fonctions similaires à celle des équipements construits. Les zones humides, par exemple, remplissent des fonctions de « nettoyage » et de stockage des eaux comparables à celles fournies par des stations d'épuration ou des barrages mis en place pour écrêter des crues. On peut en conclure que préserver les fonctions que ces zones humides remplissent naturellement et gratuitement mérite autant d'attention que l'entretien d'infrastructures artificielles qui ont un coût pour la société. Et on peut même considérer que la valeur de cette zone humide est équivalente à celle qu'aurait une infrastructure remplissant les mêmes fonctions.

On cite souvent l'exemple de la ville de New York qui a investi en 1996 de l'ordre de 1 à 1,5 milliard de dollars en capital naturel en espérant faire, par ailleurs, une économie de 6 à 8 milliards de dollars en 10 ans. L'eau qui sert à alimenter la ville vient des Catskill Mountains. Pendant longtemps, l'autoépuration par filtration dans les sols a été suffisante pour répondre aux standards de qualité de l'EPA (Environmental Protection Agency). Mais compte tenu de l'abondance des rejets, des engrais et des pesticides, l'épuration naturelle n'était plus suffisante, et la ville s'est trouvée confrontée à un choix : ou bien construire une station d'épuration de 6 à 8 milliards de dollars auxquels ajouter 300 millions d'entretien annuel, ou bien restaurer l'intégrité des écosystèmes des Catskill mountains. L'investissement en capital naturel a donc consisté dans ce cas à acheter les terres autour et dans le bassin versant pour en limiter l'usage.

Comment évaluer les biens et les services ?

Une première approche est de considérer que la biodiversité a une valeur utilitaire et sert à satisfaire des besoins de la société. Une autre est de reconnaître qu'elle a une valeur intrinsèque, en dehors de toute utilité. En d'autres termes, on peut parler de valeurs pour des usages mais aussi pour des non-usages.

La *valeur d'usage* correspond à la valeur marchande des biens ou services directement fournis par la nature (produits forestiers, espèces animales et végétales, qualité de l'eau, etc.) et les valeurs des services indirects, essentiellement dérivées des fonctions écologiques (épuration des eaux, régulation des cycles biogéochimiques, etc.), ou l'activité touristique liée à l'esthétique d'un site naturel.

Les *valeurs de non-usage* sont plus difficiles à évaluer ; elles ne s'échangent pas sur le marché, contrairement aux valeurs d'usage. Pourtant, même si elles n'ont pas de prix au sens monétaire, elles n'en ont pas moins une valeur religieuse, philosophique, morale, culturelle, ou même économique. Il y a néanmoins de sérieux problèmes méthodologiques pour savoir quelle valeur attribuer au plaisir de visiter un parc naturel, à la préservation d'un paysage ou à la conservation d'une espèce menacée ! On parle également de *valeur d'option* quand on cherche à évaluer le prix que les citoyens sont prêts à payer pour préserver un élément naturel en vue d'un possible usage futur. La valeur d'option est une forme de spéculation sur l'avenir : on paie pour conserver, en espérant éventuellement tirer un profit plus tard.

Quelle valeur attribuer à l'ensemble des écosystèmes ?

Une équipe d'écologistes, d'économistes et de géographes a tenté d'évaluer en termes monétaires les services rendus chaque année à l'humanité par l'ensemble des écosystèmes

Tableau 3. Valeur globale moyenne des biens et services fournis par les écosystèmes selon le travail de Constanza *et al.*, 1997. Certains écosystèmes comme les déserts, les toundras, les zones glaciaires et les zones urbaines ne sont pas pris en compte dans cette estimation.

Écosystème	Superficie (10 ⁶ ha)	Valeur relative (US\$ · ha ⁻¹ · an ⁻¹)	Valeur totale (10 ⁹ \$ · an ⁻¹)
Océans	33 200	252	8 381
Milieux côtiers	3 102	4 052	12 568
Forêts	4 855	969	4 706
Prairies	3 898	232	906
Zones humides	330	14 785	4 879
Lacs et rivières	200	8 498	1 700
Terres arables	1 400	92	128
Valeur totale de la biosphère			33 268

du globe. Ils ont à cet égard identifié dix-sept catégories de services rendus par les écosystèmes terrestres et aquatiques, en s'appuyant sur une compilation d'études économiques disponibles en matière d'évaluation de l'environnement. Le résultat est une fourchette de 16 000 à 54 000 milliards de dollars par an. Cela correspond à près de deux fois le produit national brut annuel de l'ensemble des pays.

Lorsque l'on compare ces évaluations pour différents types d'écosystèmes, les valeurs moyennes en dollars par hectare et par an sont de 577 pour les systèmes marins, 969 pour les forêts, 8 500 pour les lacs et rivières, 14 785 pour les zones humides. Au niveau global cependant, en tenant compte des surfaces occupées par chaque type de milieu, les océans contribuent pour 63 % à la valeur totale, les zones humides pour 14,5 % et les forêts pour 14 %. En matière de biens et services, les cycles des éléments nutritifs (azote, phosphore, etc.) contribuent pour plus de 50 % au total. La production de nourriture et l'approvisionnement en eau ne représentent respectivement que 4 et 5 % du total.

Ce travail a suscité de nombreuses réactions mettant en doute la pertinence des méthodes et des évaluations. Dans la plupart des cas, on a recours à la méthode du consentement à payer ou à recevoir. Elle ne donne qu'une valeur intrinsèque approximative de la ressource. Les auteurs reconnaissent volontiers que les marges d'erreur sont très grandes. En réalité, il s'agissait plutôt de frapper les imaginations par les ordres de grandeur avancés, qui ne peuvent pas laisser complètement indifférents. Cela permet en outre de démontrer que la conservation des écosystèmes « ordinaires » mérite autant de considération que celle des zones dites « de grande valeur écologique ».

Des forêts et des hommes

La destruction accélérée des forêts tropicales, considérées comme l'un des derniers espaces vierges par l'opinion publique occidentale, a beaucoup contribué à l'émergence du concept de biodiversité. L'Amazonie reste le lieu privilégié et emblématique du combat des ONG et des écologistes pour la préservation de l'environnement. Les catastrophes naturelles (tempêtes, incendies) qui ont ravagé les forêts européennes depuis quelques années, ainsi que les feux qui ont détruit les forêts indonésiennes en 1997-1998, ont marqué l'opinion publique. Ces événements ont également fourni des images télévisuelles de catastrophes écologiques à grande échelle. Pour beaucoup d'occidentaux, la forêt symbolise le dernier bastion de la nature « naturelle »... Mais c'est oublier que beaucoup de forêts sont des écosystèmes aménagés souvent créés et gérés par l'homme.

Dans quel état sont les forêts ?

Qu'est-ce qu'une forêt ? La réponse n'est pas aussi évidente qu'il y paraît. Sur le plan technique, disons simplement que c'est une formation végétale dans laquelle les arbres occupent une place prédominante. Mais il peut s'agir de forêts naturelles composées d'arbres autochtones, ou de plantations de reboisement effectuées à partir d'espèces locales ou d'espèces introduites. La nuance entre milieux naturels et plantations n'est pas mince. Pourtant les statistiques ont souvent tendance à amalgamer ces différents types de forêts.

Pour les écologistes, la forêt est un véritable écosystème : il héberge de nombreuses composantes végétales et animales, y compris des populations de champignons et de micro-organismes. Selon certaines estimations, les forêts tropicales humides abritent plus de la moitié des espèces connues. Bien évidemment, les plantations monospécifiques d'eucalyptus ou de pins n'hébergent pas la même diversité biologique que les forêts naturelles.

La biomasse forestière représenterait environ 80 % de la biomasse terrestre. Mais ces chiffres ne prennent pas en compte la biomasse des micro-organismes. Les forêts renferment aussi plus de la moitié du stock de carbone organique. Ces chiffres sont à considérer seulement comme des ordres de grandeur indiquant, s'il en était besoin, l'importance des forêts dans le fonctionnement de la biosphère.

De manière globale, on estime que les forêts occupent environ 4 milliards d'hectares, soit près d'un tiers des terres émergées. Les forêts tropicales représentent plus de la moitié de cette surface, et les forêts boréales environ un quart. Les forêts dites « primaires », c'est-à-dire vierges de traces visibles de l'activité humaine, représentent environ un tiers de la superficie forestière. Ces chiffres recouvrent néanmoins d'assez grandes disparités. Ainsi, le taux de boisement est de 50 % pour la Russie et la république démocratique du Congo, et de plus de 60 % pour le Brésil, alors qu'il est seulement de l'ordre de 20 % pour l'Asie et l'Afrique.

En contraste avec les surfaces énormes couvertes par les forêts, les populations indigènes vivant dans la forêt sont peu nombreuses – environ 60 millions d'individus. Quelques 300 millions de personnes cependant dépendent principalement des systèmes forestiers pour leur subsistance.

Au cours des trente dernières années, la surface des forêts a pourtant diminué de l'ordre de 40 %. Elles ont presque complètement disparu dans 25 pays, et 30 autres ont perdu près de 90 % de leur couvert forestier. Environ 13 millions d'hectares de forêt (la superficie de la Grèce) sont détruits chaque année. En Europe, la situation des forêts est en revanche plutôt bonne globalement. La couverture forestière de la France métropolitaine augmente régulièrement depuis le milieu du XIX^e siècle. Elle occupait 17 % du territoire en 1850 contre 27 % actuellement, soit 15 millions d'hectares. Elle a quasiment doublé en 150 ans, à un taux moyen de 0,5 % par an. Trois raisons principales sont à l'origine de cette situation : l'abandon par l'agriculture de terres qui se sont reboisées spontanément (notamment dans le sud de la France), la substitution graduelle des combustibles fossiles au bois et l'action des services forestiers publics ou privés.

Mais les chiffres globaux cachent en réalité des transformations profondes. D'une part, l'extension des surfaces boisées profite de la déprise agricole, qui est un lent mouvement d'abandon du territoire. D'autre part, la forêt dite « linéaire », constituée par les arbres épars formant les haies (acacias, frênes), les bosquets, les vergers (pommiers, poiriers, mûriers, oliviers), les ripisylves⁵ (peupliers, aulnes), connaît un recul spectaculaire dû au

⁵ Forêts galeries le long des cours d'eau.

remembrement, à l'urbanisation et à la déprise agricole. On estime qu'environ 100 millions d'arbres et 500 000 km linéaires de haies ont ainsi disparu au cours des trois dernières décennies. Enfin, il faut parler des résineux. Ne constituant que le quart de la surface boisée au début du siècle, ils ont aujourd'hui gagné du terrain et représentent maintenant plus du tiers. La plus grande partie de la forêt française a pour vocation de produire du bois d'œuvre. Pins, sapins, épicéas poussant plus rapidement que les feuillus, ils sont d'un profit plus intéressant à court terme pour les gestionnaires. Mais les résineux accroissent l'acidité des sols ; en outre, leur sensibilité plus grande aux maladies et aux pollutions fragilise l'ensemble de la forêt.

Les fonctions écologiques et productives de la forêt

Quand on réfléchit aux usages de la forêt, on pense en premier lieu à la production de bois. Car le bois et le charbon de bois restent la principale source d'énergie économiquement accessible pour au moins deux milliards d'habitants des pays en développement. Mais la forêt rempli bien d'autres fonctions que l'on a parfois tendance à ignorer, probablement parce qu'elles ne sont pas immédiatement valorisables en dollars ou en euros. Les services écologiques rendus par la forêt sont nombreux. Mais certains mythes doivent être d'abord évacués. Affirmer, comme on a pu le faire, que les forêts tropicales sont les poumons de la Terre relève à cet égard soit de l'erreur scientifique, soit de l'abus de langage : la production d'oxygène dans les forêts naturelles par la photosynthèse est compensée par une consommation équivalente du matériel végétal en décomposition.

La forêt, écosystème de production

Le stock mondial de bois – celui de la forêt sur pied – est estimé à environ 400 milliards de mètres cubes. On en a extrait officiellement 3,1 milliards en 2005, soit moins de 0,7 %, dont près de la moitié a servi à la consommation domestique. Mais la consommation de bois de feu est sans doute beaucoup plus élevée, quand on sait qu'il est souvent récolté de manière informelle ou illégale ; cette quantité pourrait avoisiner les 2 milliards de tonnes, et les forêts tropicales sont ici encore soumises à forte contribution.

Les plantations représentaient seulement 5 % de la surface forestière en 2000, pour produire environ 35 % du bois d'œuvre. Cette proportion devrait atteindre 44 % en 2020 selon l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Environ 60 % du bois d'œuvre provient des résineux plantés dans l'hémisphère Nord.

La forêt fournit aussi de nombreux produits non ligneux comprenant des fruits, des gommes, des résines, des écorces, des essences, des fibres, des substances médicinales, du gibier... L'usage de ces ressources est antérieur à l'exploitation industrielle du bois et constitue souvent l'activité principale des peuples des forêts. Des espèces de plantes

Extractivisme

Le terme « extractivisme » (du brésilien *extrativismo*) désigne au Brésil l'ensemble des activités d'extraction de produits naturels d'origines animale, végétale ou minérale. À la différence de la cueillette destinée à la consommation familiale, l'extractivisme cherche à commercialiser les produits. L'un des exemples les plus célèbres est le caoutchouc, qui a beaucoup contribué à l'histoire économique de l'Amazonie et du monde. Pour les populations de l'Amazonie, les revenus issus de l'extractivisme sont souvent plus importants que ceux provenant de l'agriculture ou de l'élevage de petits animaux.

domestiquées trouvent dans l'ambiance forestière des conditions favorables à leur développement : cacaoyer, caféier, poivrier, vanillier, bananier, différents palmiers...

Les services écologiques fournis par la forêt

Que le climat (pluviométrie et température) influence la nature et la distribution géographique des forêts est une évidence. Les forêts boréales sont composées pour l'essentiel de résineux (pins, sapins, épicéas...) et ont une faible diversité en espèces. Les forêts tempérées aux latitudes intermédiaires sont des forêts de feuillus le plus souvent caduques (chêne, érable, tilleuls, etc.) et de résineux, les climats méditerranéens favorisent des forêts composées d'espèces à feuilles persistantes. Quant aux forêts tropicales ou subtropicales, elles sont composées essentiellement de feuillus à feuilles le plus souvent persistantes. Ces dernières sont, de loin, les plus riches en espèces.

Mais les changements dans la structure des écosystèmes forestiers peuvent affecter en retour le climat lui-même et la pluviométrie. On raconte que Christophe Colomb avait déjà émis de telles hypothèses après avoir constaté la désertification des Açores et des îles Canaries, où la déforestation avait été particulièrement spectaculaire durant la période de colonisation portugaise. Il faut dire néanmoins qu'à l'échelle régionale, les effets de la couverture forestière sur la pluviométrie restent controversés avec des résultats contrastés. La forêt évapore plus d'eau et absorbe plus de rayonnement solaire que les autres formations végétales ; en milieu tropical, la forêt peut avoir localement un effet rafraîchissant dû à la forte évaporation et à la nébulosité qu'elle entretient au-dessus d'elle ; en milieu boréal, le contraste est fort entre les forêts sombres qui absorbent les rayons solaires et contribuent à réchauffer le climat, et les étendues neigeuses qui, au contraire, les réfléchissent. La déforestation conduit alors au refroidissement.

Le rôle le plus important de la forêt concerne l'effet de serre – le bois est constitué de 50 % de carbone. Si les forêts primaires sont des réservoirs stables de carbone, les jeunes plantations et les forêts en reconstruction sont des « puits » à carbone car elles capturent plus de carbone qu'elles n'en émettent en fixant encore plus de dioxyde de carbone de l'air sous forme de carbone organique. On estime que les forêts tropicales renferment 45 % des quelques 958 milliards de tonnes de carbone présents dans les écosystèmes forestiers. Mais à cause de la déforestation particulièrement rapide et des incendies, les forêts tropicales sont plutôt émettrices de CO₂.

Outre que les trois quarts des eaux douces accessibles à l'homme proviennent de massifs forestiers, ces derniers ont toujours été considérés comme des éléments protecteurs des eaux et des sols. En ralentissant le ruissellement, en favorisant l'infiltration de l'eau par leur réseau de racines, la forêt joue un rôle prépondérant dans le cycle de l'eau, en plus de limiter les inondations et les glissements de terrain. Autrement dit, la forêt joue un rôle tampon en modérant les écoulements et en réduisant les pointes de crues pour les événements pluvieux les plus fréquents.

En France, on a réalisé des grands travaux de reboisement pour restaurer les terrains de montagne dans les Alpes, les Pyrénées et le Massif central, suite aux inondations extrêmement violentes du milieu du XIX^e siècle qui dévastèrent la moitié sud du pays. Ainsi fut reconstitué le massif de l'Aigoual entre 1880 et 1907 où plus de 10 000 ha de pins à crochets, épicéas, mélèzes, sapins, hêtres et frênes, ont été plantés.

Les ripisylves jouent un rôle considérable dans le fonctionnement des milieux aquatiques : fixation des berges, filtration des matières polluantes entraînées par les eaux de ruissellement, apport de matière organique aux rivières, etc. En outre, elles constituent des habitats pour de nombreuses espèces qui peuvent ainsi se déplacer le long du

fleuve. D'où cette notion de corridor fluvial qui n'est pas sans rappeler celle de corridor écologique !

En région tropicale humide, la forêt assure la conservation et le renouvellement de la seule partie nutritive des sols, la mince couche d'humus. Elle apporte une litière abondante, en maintenant une humidité et une température favorisant la décomposition. Elle opère en permanence un recyclage des produits de cette dégradation, au travers des processus de croissance, de mortalité et de régénération de l'écosystème. Lorsque la forêt disparaît, le sol est soumis à l'action directe de l'ensoleillement et des pluies et peut alors être rapidement érodé.

La saga des forêts tempérées européennes

Si les hommes du paléolithique ont vécu au sein des écosystèmes forestiers sans en modifier significativement la composition ou les caractéristiques, ceux du néolithiques avaient déjà des moyens techniques de modifier le milieu naturel : ils ont commencé par défricher les landes et les broussailles puis se sont attaqués aux forêts, par le fer et par le feu.

Une belle page de lyrisme...

« Quand les glaciers de la dernière ère glaciaire firent retraite il y a quelque dix mille ans, retirant le manteau d'hiver qui recouvrait largement l'hémisphère Nord, débuta une nouvelle ère climatique. Le réchauffement provoqua d'abondantes pluies. Les forêts décimées par l'ère glaciaire revinrent couvrir la terre... Plusieurs milliers d'années plus tard on a peine à imaginer le cataclysme que représenta la réapparition des forêts pour nos ancêtres de l'âge de pierre, devenus au cours de l'ère glaciaire précédente une espèce biologique et culturelle remarquable de prédateurs, se nourrissant des grands troupeaux errants dans les toundras d'Europe. Avec l'arrivée du nouveau climat, leur habitat et leur mode de vie changèrent. Les troupeaux fuyant l'inhospitalière densité des forêts, de nombreuses tribus moururent de faim ou suivirent les troupeaux migrants vers le Nord ; d'autres enfin réussirent à s'adapter à ce nouvel environnement, grâce au génie de l'évolution qui dans le passé avait permis à l'espèce de survivre à d'autres cataclysmes. »
(Harrison, 1992, *Essai sur l'imaginaire occidental*, Champs, Flammarion.)

En Europe occidentale, les forêts semblent avoir atteint leur maximum d'extension à l'époque gauloise. Les principales vagues de défrichement se sont développées durant le haut Moyen Âge (ix^e et x^e siècles), puis surtout du xi^e à la fin du xiii^e siècle, sous l'effet de la pression démographique.

Les forêts ont joué un grand rôle dans la vie des Français. Les historiens distinguent de manière un peu schématique quelques grandes périodes dans l'utilisation de l'espace forestier :

- la forêt « nourricière », jusqu'au xv^e siècle. Les ressources paraissent inépuisables. Les hommes utilisent de nombreux produits grâce au droit d'usage (bois mort, glands, écorces, essaims, etc.). Les bêtes peuvent y être menées en pâture ;
- la forêt « énergétique », du xv^e au début du xix^e siècle. Il faut alimenter les foyers de forge, de verriers, de bouilleurs de cru... Les besoins en bois de feu ainsi qu'en bois d'œuvre (maisons, navires) sont alors très importants. Comme Colbert, on favorise les feuillus. On découvre également que la forêt peut constituer un capital ;
- la forêt « industrielle », à partir du xix^e siècle, quand les besoins en poteaux conduisent à planter des résineux. Le charbon remplace le bois comme combustible vers la fin du

xix^e siècle, et une partie de la forêt est alors utilisée pour la fabrication de pâte à papier et de meubles ;

– la forêt « apprivoisée », depuis la fin du xix^e siècle. Elle est aménagée en partie pour les loisirs (voir encadré p. 95). Elle n'est plus l'espace des paysans mais dépend des citadins. Ces derniers l'adaptent à leurs besoins.

Certes, nous avons hérité du pays le plus boisé d'Europe occidentale. Mais ces forêts n'ont plus grand-chose à voir avec les formations primitives. Elles ont été créées par l'homme, souvent en formations monospécifiques ou limitées à quelques espèces, comme les chênaies-charmaies ou les chênaies-hêtraies du Bassin parisien. De nouvelles espèces y ont été introduites, notamment des conifères. Autrement dit, la forêt européenne est autant, voire davantage, l'œuvre des hommes que celle de la nature, même si elle présente globalement une assez grande diversité d'essences. Une « nature » dans laquelle on se promène, où l'on se repère facilement. Pas une forêt laissée à l'abandon qui devient vite un fouillis impénétrable.

Forêt des tropiques, forêts anthropiques

Dans l'imaginaire occidental, la forêt équatoriale dense et humide est la jungle (de l'hindi *jungle*, « le monde qui n'est pas habité »), un univers hostile et impénétrable, plein de dangers potentiels. Pour ces raisons, elle a été qualifiée de « vierge » et symbolise le monde sauvage par excellence.

Pourtant, la présence de l'homme en forêt tropicale est attestée depuis plusieurs milliers d'années. Loin d'être des espaces vierges, les forêts tropicales humides ont été sillonnées et habitées depuis des millénaires par des peuples pratiquant la cueillette et la chasse, ainsi que l'agriculture. Ceux-ci ont utilisé les ressources forestières tout en développant des pratiques et des cultures sociales adaptées à leurs conditions de vie. Certains scientifiques comme William Balée ont émis l'hypothèse que l'homme a contribué à façonner ces paysages forestiers. Ce dernier pratique des jachères, transporte des plantes, et favorise la création d'habitats par le biais de chablis ou de trouées, qui sont autant de facteurs favorables à la diversification des espèces. En d'autres termes, la biodiversité amazonienne serait pour partie le produit des activités agricoles des hommes y ayant vécu durant des milliers d'années. Il n'y a pas de forêt vierge selon les ethnologues, et toutes les forêts du monde ont été parcourues par les hommes. Comme le dit l'anthropologue Serge Bahuchet, « les sociétés forestières [...] font partie intégrante de l'écosystème forestier, qu'elles ont contribué à façonner au cours des millénaires. »

L'exploitation forestière pratiquée par des compagnies internationales ne profite guère, le plus souvent, aux populations locales. Elle augmente les revenus des États, mais les peuples des forêts sont menacés dans leur existence par la disparition de leur habitat ou par la réduction de leurs droits à y accéder. Ainsi, la grande forêt tropicale a pratiquement disparu d'Asie, d'Amérique centrale et d'Afrique de l'Ouest. Il reste actuellement deux grands massifs forestiers, quoique menacés : les bassins de l'Amazonie et du Congo.

La majorité des habitants des forêts tropicales denses humides sont des agriculteurs. Ils pratiquent pour la plupart une agriculture itinérante, le plus souvent sur brûlis, mais ils vivent aussi grâce aux ressources sauvages de la forêt (pêche, chasse, cueillette). Une fois la récolte effectuée, pendant un an ou deux, la parcelle est abandonnée et la forêt se réinstalle. Il s'ensuit une jachère longue – de l'ordre de 20 ans – qui permet de reconstituer la fertilité des sols. Lorsqu'elle est gérée sans contraintes externes au système, l'agriculture sur brûlis n'est pas une agriculture destructrice comme certains propos le laissent parfois entendre.

Sous la pression des pouvoirs coloniaux puis nationaux, les populations forestières se sont fixées. De nouveaux types de production agricole ont été imposés, des besoins ont été créés. Pourtant, les habitants des forêts dépendent encore de nos jours des connaissances, des techniques et des gestes hérités du passé.

La déforestation : cherchez les coupables ?

À l'échelle de la planète, les forêts cèdent du terrain. D'après les informations publiées en 2005 par la FAO, les forêts perdaient environ 8,9 millions d'hectares par an au cours de la période 1990-2000, et « seulement » 7,3 millions d'hectares par an pour la période 2000-2005. C'est en Afrique et en Amérique du Sud que la perte est la plus importante. Les forêts primaires sont les plus concernées.

Disons tout de suite que les chiffres avancés par la FAO sur son site Internet sont en partie contestés en raison de la définition très large du terme « forêt ». D'une part en mélangeant forêts naturelles et plantations, on masque le fait que les forêts tropicales régressent plus vite que les moyennes globales. D'autre part, si l'on peut quantifier l'évolution des surfaces forestières, on ne prend pas en considération l'état de ces forêts. Or celles-ci peuvent être dégradées par l'exploitation forestière ou par des pratiques agricoles. Ainsi l'exploitation des essences commerciales fragilise-t-elle la forêt, et les braconniers s'engouffrent sur les routes ouvertes. Beaucoup d'ONG estiment que les forêts tropicales sont bien plus menacées que ne le laissent penser les chiffres officiels.

« En tant que spécialistes du monde tropical et des questions environnementales, il nous apparaît aujourd'hui de notre devoir de dire clairement : il est devenu impossible d'empêcher la destruction généralisée des forêts primaires tropicales. Prétendre le contraire serait laisser l'opinion publique dans l'illusion qu'il existerait au sein des instances mondiales une volonté réelle et sérieuse de préserver ces écosystèmes. Quant aux décideurs, ils savent que la recherche de véritables moyens conceptuels et financiers pour mettre en œuvre de telles politiques fait défaut. »
Frédéric Durand, Francis Hallé, et Nicolas Hulot, 2003, Forêt tropicales : c'est fichu, *Le Monde* du 11 novembre 2003.

Alors pourquoi une telle déforestation ? Il est difficile d'identifier ce qui incombe à l'exploitation commerciale du bois, ce qui est dû à la pression démographique et au besoin de terres agricoles, ou ce qui résulte de l'absence de politique de gestion. En réalité, tout est lié : quand on ouvre des routes dans la forêt pour évacuer le bois, on ouvre en même temps des voies de pénétration dans des zones jusque-là peu accessibles. En outre, les causes peuvent également changer dans le temps. Ainsi, en Amérique du Nord, avant 1860, 90 % de la déforestation avait pour objectif de conquérir des terres agricoles. Depuis, l'exploitation industrielle du bois est devenu le principal responsable de la déforestation.

Toujours est-il que la déforestation est dénoncée depuis quelques décennies comme l'une des causes majeures d'érosion de la biodiversité. Mais malgré les progrès des connaissances techniques, malgré les négociations internationales sur les forêts et la biodiversité, malgré la mise en œuvre de politiques nationales en faveur de l'environnement et de mesures de conservation, le phénomène se poursuit.

Tableau 4. Principaux facteurs contribuant à la régression des forêts.

Facteurs directs	Facteurs indirects
Exploitation du bois à usage industriel	Pauvreté
Exploitation du charbon de bois et du bois de feu	Croissance démographique
Agriculture itinérante	Migrations
Extension de l'agriculture péri-urbaine	Marché et commerce des produits forestiers
Agriculture de rente, familiale ou industrielle (plantations)	Politiques macroéconomiques
Élevage extensif	Guerres et troubles sociaux
Barrages hydro-électriques	
Activités industrielles (mines) ou touristiques	
Établissements humains (fronts pionniers ¹)	
Pollutions de l'air	
Phénomènes climatiques	
Maladies	

¹ Espaces réputés inhabités, souvent forestiers, colonisés progressivement par les hommes. Il s'agit tout simplement d'une « colonisation agricole » de territoires vierges que l'on entend mettre en valeur. Ces espaces sont souvent le lieu de conflits entre personnes pour la terre et pour l'exploitation des ressources.

Aujourd'hui, la question de la déforestation est avant tout celle du déboisement des pays tropicaux et subtropicaux. Il est d'usage, dans le discours altermondialiste, de dénoncer les exactions des compagnies forestières occidentales, qui détruisent les forêts tropicales sans se soucier de la protection de la biodiversité ni du devenir des peuples utilisant ces écosystèmes. Il est facile de montrer des photos d'engins détruisant la forêt et de stigmatiser les coupables – il est vrai que ce type de situation se rencontre assez fréquemment dans le monde et doit de toute évidence être dénoncé. Sans compter que les revenus tirés de ces exploitations industrielles ne profitent guère aux populations concernées qui voient disparaître une partie de leurs ressources. La question de la déforestation est en réalité beaucoup plus complexe. Et ce discours, aussi légitime soit-il, a tendance à occulter d'autres raisons profondes de la déforestation. J'en retiendrai plus particulièrement deux.

En premier lieu, il convient de dénoncer l'exploitation illégale des ressources forestières. Qu'il soit réalisé par des autochtones en quête de profit immédiat ou par des compagnies internationales avec la complicité de responsables locaux, ce braconnage participe activement à la déforestation. Il n'est d'ailleurs pas indépendant de la corruption qui touche tous les pays du monde dès lors qu'un profit quelconque est réalisable. Il faut y ajouter les trafics nés de la guerre quand l'argent de la vente du bois sert à financer des armes et des combattants, comme ce fut le cas au Cambodge dans les années 1980, en république démocratique du Congo, ou au Liberia. Mais ces questions sont rarement abordées et les feux médiatiques ne se braquent généralement pas sur les cas avérés. Pourquoi cette pudeur ?

Et puis il y a le fait que des êtres humains, de plus en plus nombreux, ont besoin de terres, qu'ils trouvent en conquérant des espaces jusque-là inoccupés. Les forêts en font souvent les frais. La déforestation en milieu tropical, c'est d'abord la conversion des forêts en terres agricoles ou pour d'autres usages. Selon la FAO toujours, l'agriculture serait responsable de 86 % des pertes de forêts tropicales. Cette question ne peut être dissociée du développement et de la recherche de moyens de subsistances par des hommes cherchant avant tout à survivre. Autrement dit, la pauvreté, une fois de plus, est probablement l'une des raisons majeures de la déforestation dans les pays en développement. Il est bien entendu plus difficile d'accuser la pauvreté d'être la cause de l'érosion de la biodiversité que les compagnies forestières. Ce n'est pas politiquement correct. Et il est aussi beaucoup plus

difficile de trouver des solutions à cette question. Il ne suffit pas de réglementer comme pour l'exploitation industrielle. Il n'y a pas d'éco label pour la pauvreté !

L'expansion de l'agriculture au détriment des forêts est une longue histoire. Les Sumériens, puis les Grecs et les Romains ont ainsi défriché les forêts d'Occident et du Moyen-Orient. Ce processus se poursuit actuellement dans de nombreux pays du monde. Le feu est toujours le meilleur moyen de gagner des terres pour les pâturages et pour l'agriculture. Plusieurs études concernant les incendies ayant frappé l'Indonésie à la fin des années 1990 ont montré l'existence de relations étroites entre les feux, les politiques d'occupation des sols et les pratiques de gestion. En d'autres termes, beaucoup de feux ne sont pas spontanés.

L'agriculture sur brûlis, pratiquée depuis très longtemps en forêt tropicale, fait figure de principale accusée en matière de déforestation. Cette agriculture itinérante consiste à dégager par le feu des parcelles agricoles. Nos « experts » occidentaux, relayés par les pouvoirs publics nationaux, ont largement critiqué l'agriculture sur brûlis, en la rendant responsable de la destruction croissante des sols agricoles. Comme le souligne l'économiste Patrice Levang, le diagnostic est sans ambages : ces techniques primitives d'agriculture itinérante pratiquées par des populations ignorantes doivent être remplacées par les techniques modernes de l'agriculture sédentaire.

En réalité, diverses expériences ont montré depuis que ces techniques dites « archaïques » sont particulièrement bien adaptées aux sols tropicaux, souvent pauvres en éléments nutritifs, qui disparaissent rapidement par lessivage une fois la forêt disparue. Le rôle de la jachère longue (15 à 30 ans) est ainsi de reconstituer les stocks d'éléments nutritifs du sol grâce à la reconstitution de l'écosystème forestier.

Il n'en reste pas moins vrai que cette agriculture itinérante se justifiait sans aucun doute à une époque où la densité de population était faible, mais l'augmentation de la population tend à réduire la durée des jachères en accélérant les rotations. La sédentarisation des populations conduit à utiliser des engrais pour restaurer la fertilité des sols.

Le recul de la forêt amazonienne est provoqué par l'expansion des activités agricoles. Cette situation n'est pas propre à l'Amérique latine, mais elle y connaît une ampleur exceptionnelle du fait de l'existence d'immenses espaces vides au cœur du continent et d'une énorme pression sociale sur la terre.

Au Brésil, l'élevage extensif est de loin la principale cause de transformation de l'espace forestier. Il a bénéficié de mesures incitatives importantes et a longtemps joué le rôle de valeur refuge dans une économie fortement inflationniste. Mais les causes profondes sont à rechercher également dans les migrations de populations qui ont des difficultés à subsister dans leur région d'origine. Au début des années 1970, le Brésil a ainsi encouragé les migrations en provenance du sud et de la région du Nordeste par un programme de mesures économiques incitatives. L'objectif officiel était de trouver des solutions à la pauvreté rurale et urbaine en développant l'exploitation forestière et en créant des fronts pionniers en pleine forêt.

Dans les discours sur le développement durable en milieu amazonien, on accorde un rôle important à l'agriculture familiale. On parie sur la capacité des populations locales à trouver des solutions aux problèmes sociaux et environnementaux sur le long terme. La plupart des projets amazoniens visent à sédentariser l'agriculture familiale afin d'éviter de nouveaux déboisements provoqués par de nouvelles migrations. Mais les stratégies des acteurs sont variables : selon que les enfants travaillent avec les parents ou sont partis vivre en ville, certains chercheront à se stabiliser et à intensifier leurs systèmes de production, alors que d'autres spéculeront sur la terre pour migrer vers d'autres lieux ou retourner en

ville. En réalité, il y a un profond décalage entre le discours théorique et le comportement des hommes.

La question de la disparition des forêts tropicales nous met face à nos responsabilités et à nos incohérences. Dénoncer leur disparition, affirmer qu'il s'agit d'un enjeu mondial sans par ailleurs prendre des mesures concrètes pour y parvenir relève de la gesticulation, voire de l'hypocrisie. Qui est prêt à partager le coût de la protection, notamment en essayant de lutter contre la pauvreté, quand on voit bien que l'aide au développement n'est pas une priorité des pays nantis ?

Les pêches marines : les saigneurs de la mer

La pêche exploite plus de 3 000 espèces dans le monde. Avec l'exploitation du bois, c'est la plus grande activité industrielle de prélèvement sur les stocks naturels. C'est-à-dire sur des ressources (poissons et autres organismes marins) produites « gratuitement » par les écosystèmes marins et qui sont, en théorie, à la disposition de tous.

Pendant des milliers d'années, la pêche est restée cantonnée aux eaux continentales et littorales. Avec les progrès de la navigation, elle s'est étendue progressivement vers le large. Les pêcheurs de Méditerranée se sont intéressés au maquereau, mais aussi et surtout au thon, dont la conservation était une spécialité des Phéniciens. Au Moyen Âge, les pêcheries de harengs de la Baltique ont été à l'origine d'un important négoce en Europe du Nord. La morue est pêchée régulièrement depuis le ^{xiv}^e siècle autour de l'Islande, et depuis le ^{xvi}^e siècle dans l'Atlantique Nord. Quant aux Basques, ils se sont lancés dans la pêche hauturière à la baleine dès le ^{xix}^e siècle.

Au ^{xvi}^e siècle, l'histoire mentionne l'introduction d'un nouveau type d'engin de pêche dans les pêcheries anglaises. Cet engin, ressemblant à une drague à huître en beaucoup plus grand, était tellement efficace qu'on demanda au Parlement de l'interdire. Il détruisait en effet les fonds marins riches en invertébrés, les transformant en zones vaseuses ou sableuses. Il s'agissait en réalité du chalut de fond, adopté largement par les pêcheurs au cours des siècles suivants. Depuis cette époque, son poids et sa taille se sont considérablement accrus pour les besoins de la pêche industrielle.

La grande pêche hauturière se développe au cours du ^{xix}^e siècle. Les techniques deviennent de plus en plus performantes : motorisation, invention du chalut, traitement de la marée à bord. Le début du ^{xx}^e siècle voit l'apogée des terre-neuvas, ces bateaux équipés pour la pêche à la morue. Après la Seconde Guerre mondiale, la détection acoustique, la technique du chalutage par l'arrière, l'emploi de fibres en nylon pour la fabrication d'engins de pêche de plus en plus puissants, permettent des captures de plus en plus abondantes. Les navires-usines dans lesquels on transforme directement les produits de la pêche sont capables de pêcher cent tonnes de poisson à l'heure et de les congeler sur place – c'est, à titre de comparaison, l'équivalent des prises d'un bateau de pêche du ^{xvi}^e siècle au cours d'une saison entière. Ils sont capables également d'exploiter les poissons de la surface jusqu'à des profondeurs de 2 000 ou 3 000 m.

Mais la technique n'est pas seule en cause. Le comportement des pêcheurs a lui aussi profondément marqué le développement de la pêche au cours du siècle dernier : une

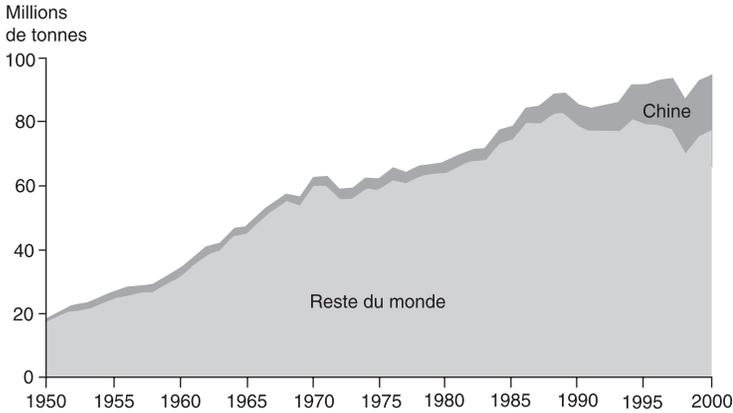


Figure 5. Production mondiale des pêches de capture. Après avoir connu une période de croissance régulière, les pêches marines plafonnent depuis les années 1990 entre 80 et 90 millions de tonnes.

pêche de plus en plus intensive des espèces « nobles » – les plus prisées donc les plus chères –, une diversification des zones de pêche quand les stocks s'épuisent, la recherche permanente de nouvelles espèces à exploiter, notamment dans les grands fonds, et surtout une compétition internationale liée à la recherche de profits, poussant à surexploiter les stocks sans trop se soucier des conditions de leur renouvellement. De nos jours, on peut dire que toutes les mers du monde, de la surface au fond, sont largement exploitées par la pêche.

Si les poissons disparaissaient ?

La pression due à la pêche sur les écosystèmes marins s'est fortement accrue au cours du xx^e siècle. Les captures mondiales, estimées à environ 5 millions de tonnes par an à la fin du xix^e siècle, passent de 19 Mt en 1950 à 60 Mt en 1970, pour culminer à 95 Mt au cours des années 2000. En comparaison, l'aquaculture produit 35,6 Mt dont la majorité en eau douce (21,4) (voir tableau 5).

Ces chiffres officiels masquent la réalité en ne tenant pas compte des captures illégales, des « hors quotas », vendues au noir, et des rejets en mer. On estime que 40 à 50 Mt supplémentaires sont ainsi pêchées chaque année. En outre, environ un quart des captures est transformé en farine pour les élevages industriels. Sardines, anchois, chinchards, maquereaux sont ainsi transformés en saumon ou en crevettes.

Tableau 5. Production et utilisation des pêches mondiales, en Mt (données FAO). Un tiers de la production halieutique mondiale est transformée en farines et en huiles. Ce sont les principaux ingrédients des aliments pour les élevages intensifs : poulets, porcs, poissons, crustacés, etc.

Production	1996	1997	1998	1999	2000
Pêches continentales	7,4	7,5	8,0	8,5	8,8
Pêches marines	86,1	86,4	79,3	84,7	86,0
Aquaculture eau douce	15,9	17,5	18,5	20,1	21,4
Aquaculture marine	10,8	11,1	12,0	13,3	14,2
Consommation humaine	88,0	90,8	92,7	94,4	96,7
Consommation non alimentaire	32,2	31,7	25,1	32,2	33,7

L'âge d'or de la pêche est aujourd'hui terminé. Les captures déclinent. L'exploitation des stocks naturels a atteint ses limites. D'après les statistiques publiées par la FAO, environ la moitié des stocks est pleinement exploitée avec des captures atteignant leurs limites maximales. Près d'un quart des stocks sont d'ores et déjà surexploités ou épuisés, et le dernier quart est modérément exploité ou encore sous-exploité. Pour répondre aux baisses des captures, les professionnels se sont tournés vers d'autres lieux, d'autres espèces. Innovations technologiques aidant, on exploite les grands fonds marins. Des poissons au nom guerrier comme le grenadier ou l'empereur sont vendus sous forme de filets. Nous les achetons sans complexes, ignorant ou feignant d'ignorer que les stocks de ces poissons, qui vivent dans des eaux froides et se reproduisent très lentement, sont eux aussi menacés à court terme. Car un empereur peut vivre jusqu'à 125 ans et n'est mature qu'à 22 ans !

Une étude récente menée par des scientifiques nord-américains laisse entendre que si la pression humaine (surpêche, pollutions et destruction des milieux) continue au rythme actuel, les espèces les plus couramment pêchées aujourd'hui auront entièrement disparu en 2048. Et le rythme de disparition devrait s'accélérer avec la diminution progressive des espèces pêchées. Si... Rien n'est donc encore irrémédiable. Mais le temps presse ! Des mesures de conservation (aires protégées) et d'interdiction de la pêche sont nécessaires pour enrayer l'érosion de la biodiversité.

D'ailleurs, la liste rouge des espèces menacées comprend maintenant plus d'une centaine d'espèces de poissons marins actuellement en déclin ou dont les populations locales se sont éteintes. C'est le cas pour la morue de l'Atlantique, le haddock de la mer du Nord ou le mérrou géant. Avec un peu de cynisme, nous devons nous attendre à fêter la pêche du dernier thon rouge de Méditerranée – qui fait actuellement la fortune de certaines flottilles. Selon un travail bien documenté, 133 espèces marines, animales et végétales, sont considérées comme éteintes. Et encore, il ne s'agit que d'une hypothèse basse. Impensable il y a encore quelques décennies, quand on était persuadé de l'immensité de la mer !

C'est en 1854, à propos de la pêche au hareng en Grande-Bretagne, que l'on évoqua pour la première fois le problème de la surpêche. Il fut établi qu'il y avait une corrélation entre la diminution des prises de harengs et le nombre de bateaux de pêche. Les pêcheurs, bien entendu, n'apprécièrent pas d'être tenus pour responsables de la baisse des rendements ; une attitude qui n'est pas sans rappeler celle d'aujourd'hui, et que l'on peut comparer à celle des agriculteurs ayant longtemps refusé l'idée d'être des pollueurs de l'environnement. Néanmoins, l'argument de la surpêche est utilisé lorsqu'il permet, dans un réflexe protectionniste, de dénoncer des concurrents étrangers ou de nouvelles méthodes de pêche.

En réalité, jusqu'au début du xx^e siècle, le monde de la pêche était persuadé que les ressources halieutiques étaient inépuisables. Il n'était donc pas question de limiter les prises. Pourtant, des pêcheurs commençaient à se plaindre du caractère destructeur de certaines techniques nouvelles et de la baisse de leurs captures, notamment en mer du Nord. Dès 1900, les preuves empiriques de surexploitation de certains stocks se multiplieront, sans toutefois inquiéter outre mesure la profession, puisque la pêche industrielle s'est rapidement développée dans la seconde moitié du xx^e siècle.

Il est vrai que les scientifiques pensaient alors que les stocks de poissons pouvaient se reconstituer plus ou moins rapidement en arrêtant ou en réduisant la pression de pêche.

La morue de Terre-Neuve a disparu...

Après plus de cinq siècles d'exploitation, la pêcherie de morue de Terre-Neuve, qui a largement approvisionné les marchés européens et nord-américains, s'est effondrée. Jusqu'au milieu du xx^e siècle, les captures se situaient entre 200 et 300 000 tonnes par an. Mais la demande et les nouvelles techniques de pêche ont entraîné une augmentation rapide des captures, atteignant 800 000 tonnes à la fin des années 1960. Résultat : les stocks se sont effondrés au début des années 1990. La pêche a été interdite en 1992 sur la plus grande partie de la zone, avec l'espoir de voir les stocks se reconstituer. Quinze ans après, force est de constater qu'il n'en est rien... et la morue du Nord a presque disparu. Certes on invoque le réchauffement du climat et la prédation par les phoques pour expliquer cette situation. Mais la pression excessive de pêche est probablement la cause principale. Plus probablement, la conjonction d'une pêche excessive et des aléas de la reproduction liés aux variations de l'environnement pourraient expliquer la situation actuelle. Toujours est-il que la vie économique et culturelle de Terre-Neuve a été brutalement modifiée et que des centaines de milliers d'emplois ont été supprimés.

En Europe, le cabillaud de la mer du Nord, appelé « morue blonde », était le poisson du pauvre il y a 50 ans. C'est maintenant un mets de luxe. Les débarquements atteignaient 335 000 tonnes en 1981. Ils ne sont plus que de 50 000 tonnes aujourd'hui, dont plus de 80 % d'individus immatures. Cette espèce est dans une situation voisine de celle de la morue de Terre-Neuve en 1990.

Une hypothèse effectivement confirmée dans la mer du Nord après les interruptions forcées de la pêche pendant les deux guerres mondiales. Depuis, on s'est aperçu que le processus pouvait être irréversible ou, pour le moins, prendre beaucoup de temps. Une étude portant sur les stocks de 90 espèces de poissons a montré que 41 % d'entre elles ont continué de décliner après une période de suspension de la pêche de 15 ans. L'exemple emblématique de la morue du Nord (voir encadré) et la précarité de nombreuses populations de mammifères marins témoignent que l'homme peut également conduire des espèces marines à l'extinction par des prélèvements excessifs. Dans le cas de certaines communautés biologiques tropicales complexes, une pêche intensive peut modifier durablement la composition des communautés marines. Il n'est pas évident que cette situation soit réversible, du moins à court terme.

Il ne serait pas juste cependant de considérer que la pêche est le seul facteur responsable de l'évolution des stocks de poissons marins. Pas facile, le métier de pêcheur, quand on est confronté aux fluctuations de l'environnement. Les scientifiques ont bien montré que le climat, de par sa variabilité ou du fait du réchauffement en cours, avait aussi une influence

Les aires protégées marines

Une mesure qui reçoit l'assentiment de nombreux scientifiques consisterait à créer des aires marines protégées. Beaucoup d'études ont démontré de manière convaincante que la création de réserves de pêches permet de rétablir assez rapidement la biomasse du stock reproducteur. Certaines devraient être proches de la côte pour protéger les espèces côtières et d'autres, plus vastes, devraient être situées au large pour protéger les espèces océaniques. De telles réserves existent déjà mais sont petites et dispersées. Elles sont le plus souvent considérées par la profession comme des concessions faites aux écologistes, alors qu'elles constituent des outils de gestion pour préserver les espèces surexploitées comme les grands prédateurs vulnérables à la pêche. On peut rappeler que l'existence de réserves de pêche sous contrôle des populations locales était une pratique courante dans les modes de gestion traditionnelle des pêcheries continentales.

considérable. Ainsi, Bruno Voituriez nous rappelle que les pêcheurs de sardine bretons ont également connu une crise grave au tournant du xx^e siècle. Alors que dans les années 1890, chaque usine de conserves produisait environ 1 million de boîtes par an, la production fut divisée par 10 en 1901, et en 1907 la pêche fut quasi nulle. On trouva des coupables : les dauphins et les marsouins accusés de venir en bandes décimer les stocks. La véritable cause de la crise sardinière bretonne, comme on le montra ensuite, résidait en réalité dans les courants marins et le climat.

Une étude menée par l'Ifremer dans le golfe de Gascogne – une grande zone de pêche s'il en est en Europe – a montré que la température moyenne des eaux avait augmenté de 1°C en 20 ans. On y constate une diminution des espèces boréales de grande taille comme le cabillaud et le merlu, prédatrices et surexploitées. Inversement, on y observe plus d'individus et d'espèces subtropicales de petites tailles : des espèces tropicales comme le saint-pierre doré y sont maintenant rencontrées fréquemment. Mais pour être juste, la daurade grise se porte bien et sa population a même augmenté. Rien n'est simple dans les processus écologiques !

Les requins, tout comme les poissons, risquent de disparaître des océans. Plusieurs millions de tonnes sont capturés chaque année. On apprécie particulièrement l'huile de leur foie et surtout les ailerons, dont le marché mondial a explosé, et qui font les délices de la cuisine asiatique. Certains pêcheurs ne prélèvent d'ailleurs que les ailerons et rejettent les restes de l'animal à la mer.

Mammifères marins : un univers impitoyable

La situation est tout aussi critique pour les mammifères marins. Ils doivent remonter en surface pour respirer et deviennent alors plus vulnérables. Ils ont fait l'objet de véritables massacres, et beaucoup d'espèces auraient probablement disparu sans les actions musclées menées par des ONG comme Greenpeace dans les années 1970 et 1980 pour sensibiliser les opinions publiques.

Les Vikings et les Basques ont été les pionniers de la chasse aux mammifères marins. Dès le xii^e siècle, les basques ont été les premiers à chasser la baleine de Biscaye dans le golfe de Gascogne où elle a disparu. Dans l'Atlantique Nord, du $xvii^e$ au xix^e siècle, avec des moyens primitifs comme le harpon, les chasseurs de baleine ont amené les populations de baleines du Spitzberg et du Groenland au bord de l'extinction. Quant aux Américains, ils ont écumé le Pacifique où, à la fin du xix^e siècle, les grands cachalots et les baleines franches s'étaient raréfiées. Il fallait en effet alimenter l'industrie avec de l'huile de baleine pour lubrifier les machines. La découverte de l'huile minérale, en 1859, a heureusement contribué à ralentir cette exploitation.

Au début du xx^e siècle, la chasse à la baleine était paradoxalement une industrie moribonde. Les espèces qui pouvaient être chassées avec les moyens existants étant devenues rares. D'autres espèces comme le rorqual ou la baleine bleue nageaient trop vite pour les bateaux à rame des harponneurs ou avaient le mauvais goût de sombrer quand elles étaient tuées. Le répit fut de courte durée en raison de l'invention du canon harpon porteur d'une grenade explosive par les Norvégiens, qui pouvait être monté sur des petits bateaux à moteur. Les populations de baleines à bosse et de rorquals firent rapidement les frais de cette innovation technologique. La construction dans les années 1920 de navires usines a permis de traiter des baleines de 100 tonnes en quelques heures. La technique

d'injection d'air comprimé dans les rorquals pour les faire flotter une fois tués ont permis aux baleiniers de décimer les populations. L'huile de baleine servait à produire de la margarine et du savon, ainsi que de la glycérine nécessaire à fabriquer de la nitroglycérine. La course aux armements précédant la Seconde Guerre mondiale a intensifié la demande. Après les grandes espèces de cétacés, les baleiniers se sont attaqués aux espèces plus petites, en explorant de manière systématique les zones où les baleines étaient présentes. Les baleiniers se livrent à de véritables massacres – dans les années 1930, ils ramènent 10 % du tonnage mondial en produits de la mer.

En 1989, il ne restait que 500 baleines bleues dans l'Océan austral alors qu'il y en avait entre 150 000 et 250 000 en 1900 (chiffres CBI – Commission baleinière internationale⁶). Le déclin de cette espèce a suscité des réactions qui ont conduit à prendre des mesures, sans grand effet toutefois sur les pays baleiniers et sur les bateaux pirates. Ainsi, Aristote Onassis a bâti une partie de sa fortune au début des années 1950 en finançant une chasse illicite à la baleine dans le Pacifique, en utilisant des pavillons de complaisance, et en violation des recommandations de la CBI.

En 1964 et 1965, la CBI décide de protéger les baleines à bosse, ou « mégaptère », puis la baleine bleue, compte tenu de la raréfaction de ces espèces et sous la pression d'ONG comme Greenpeace qui ont contribué à mobiliser les opinions contre la chasse à la baleine. En 1982, devant la situation inquiétante pour de nombreuses espèces, elle décide un moratoire sur la chasse, tout en mettant en place un recensement des cétacés. Bien entendu, des pays comme le Japon, l'Islande et la Norvège ont trouvé le moyen de contourner ce moratoire en faisant valoir leur droit d'opposition auprès de la CBI. Sous le prétexte de poursuivre des programmes de recherche sur la biologie des espèces, ces pays continuent de prélever plusieurs centaines d'individus par an et de vendre le produit de leurs chasses ; car la chair demeure fort appréciée, notamment au Japon. On peut débattre sur le bien-fondé de tels prélèvements qui illustre en fait la primauté des intérêts économiques sur la conservation des espèces.

Les populations de beaucoup d'espèces de cétacés s'accroissent lentement depuis qu'elles ne sont plus chassées. C'est le cas pour la baleine à bosse et la baleine grise (voir <http://www.iwcoffice.org/conservation/estimate.htm>), alors que la baleine bleue, dont les effectifs ont été décimés, reste très menacée. Actuellement, seules les populations de petits rorquals ont recouvré un niveau satisfaisant. De grandes manœuvres sont en cours à la CBI pour que la chasse à ce petit cétacé puisse reprendre.

De toute évidence, la chasse aux cétacés est une illustration caricaturale des conséquences du libre accès à une ressource se renouvelant lentement. La rationalité économique conduit à tuer le plus de baleines le plus vite possible. On constate que l'application des principes du développement durable est loin de s'étendre à tous les secteurs, notamment lorsque de gros enjeux financiers sont en jeu. Des pays et des hommes sont tout à fait déterminés à enfreindre les traités et les mesures de protection pour un profit à court terme. Les moyens permettant de les contrôler sont dérisoires.

Le mirage de l'or vert

Actuellement, la question des droits de propriété intellectuelle sur le vivant est devenue le point central des négociations internationales sur la biodiversité. Pour le monde agricole,

⁶ Commission créée en 1946 et composée de représentants des pays chasseurs de baleines, à l'origine destinée à répartir les quotas.

la biodiversité est vécue comme une immense librairie génétique pouvant être mobilisée pour améliorer les plantes cultivées. Pour les industriels, c'est un énorme réservoir de gènes et de molécules à usage pharmaceutique et industriel. Avec la perspective de commercialiser de nouveaux produits, source de profits importants. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant de voir s'affronter deux positions opposées. L'une, qualifiée de patrimoniale car s'appuyant sur la notion de patrimoine de l'humanité, prône l'accès libre aux ressources génétiques pour le bénéfice de tous. C'est la position de la FAO par exemple vis-à-vis des variétés sauvages ou domestiques des plantes cultivées. L'autre position, issue du monde industriel, se réfère au système de brevet : il s'agit de protéger les produits du génie génétique et d'assurer le retour sur les gros investissements nécessaires. Le brevet est présenté comme un moyen d'encourager la recherche et l'innovation. Mais il a un prix pour l'utilisateur !

Substances naturelles et molécules actives : des simples aux pilules

Depuis bien longtemps, les hommes utilisent les produits de la nature pour se soigner. Un savoir empirique s'est constitué progressivement, à partir de l'expérience acquise et des ressources disponibles dans la nature. Nul doute que ce savoir, qui devait avoir une valeur sociale inestimable, a dû donner lieu à de sanglantes luttes de pouvoir. Ce n'est pas par hasard que le savoir médical a été l'apanage des prêtres ou des guérisseurs durant toute l'Antiquité, et même au-delà. Un savoir plus ou moins accompagné de pratiques superstitieuses ou magiques.

Une collection de tablettes d'argile assyriennes du ^{vi}^e siècle avant J.-C. retrouvées dans le palais d'Assurbanipal atteste déjà de la connaissance de 650 produits à usage thérapeutique. Des végétaux et des animaux essentiellement, dont beaucoup sont encore en usage : menthe, ricin, réglisse, opium. L'Égypte n'est pas en reste car dès l'Ancien Empire, elle utilise des produits d'embaumement, et des remèdes aux formules parfois complexes. Bien plus tard, le médecin militaire grec Dioscoride, dans un traité écrit en 77 après J.-C., détaille l'usage de 600 produits – une pharmacopée que Rome copiera. Bien entendu, on avait déjà une connaissance très approfondie des poisons dont une cinquantaine avaient été recensés : ciguë, if, orpiment (sulfure d'arsenic), chenilles processionnaires du pin, etc. La biodiversité a souvent fait basculer le cours de l'histoire !

Vers les ^v^e-^{vi}^e siècles, les Arabes récupèrent le savoir antique. Ils l'enrichissent avec d'autres plantes orientales telles que le camphre, le benjoin, la rhubarbe, etc. C'est cet héritage que l'Europe chrétienne va redécouvrir vers les ^x^e-^{xii}^e siècles et qui va constituer jusqu'à la fin du Moyen Âge l'essentiel des connaissances des médecins de l'époque. Les herbes aromatiques ont des propriétés curatives : la lavande et le thym s'emploient comme antiseptiques, la menthe est efficace contre les spasmes, le romarin contre le choléra, la sauge contre les migraines, etc. À partir de la Renaissance, on commence à utiliser des « drogues » plus sophistiquées. Elles utilisent des concentrés de principes actifs des plantes afin de faciliter leur administration. On prépare des extraits, des teintures, des vins médicinaux. On distille en empruntant leurs techniques aux alchimistes. On sépare ainsi les constituants volatils de plantes ou de résines pour obtenir des huiles distillées et des eaux aromatiques, très prisées aux ^{xvii}^e et ^{xviii}^e siècles. Ces manipulations se confondent souvent avec la chimie (alchimie) de l'époque.

Vers la fin du ^{xviii}^e siècle, la chimie prend la main. On identifie les principes actifs des plantes et on les extrait. Ainsi, au début du ^{xix}^e siècle, on parvient à isoler la forme pure de la morphine extraite du pavot, puis la quinine à partir de l'écorce de quinquina. Plus

Les ravages des médecines traditionnelles

On peut avoir une certaine tendance à considérer d'un œil amusé et bienveillant l'usage des produits de la nature pour les médecines traditionnelles. Mais ceux qui ont visité les marchés chinois ne peuvent oublier les échoppes aux sacs pleins d'animaux divers : plus de 460 espèces dont les organes ont des propriétés curatives sont utilisées par la médecine traditionnelle chinoise.

Séchés ou en poudre, hippocampes, lézards, cornes de cerfs, serpents, etc., des milliers, voire des millions d'animaux sont ainsi destinés à guérir les maux de la population. Un prélèvement énorme sur les stocks naturels. On cite souvent le rhinocéros chassé pour sa corne aux vertus aphrodisiaques, au point qu'il a été au bord de l'extinction en Afrique. Mais bien d'autres espèces comme le pangolin, les ours, des lézards, des pythons, des tortues et des poissons sont devenus quasi introuvables en Chine. Ainsi, on estime que 45 tonnes d'hippocampes sont chaque année consommés en Asie. La demande a été multipliée par 10 dans les années 1980 et augmente en moyenne de 10 % par an en Chine. Ces poissons, également recherchés par les aquariophiles, sont évidemment en danger d'extinction.

tardivement, on procèdera à la synthèse artificielle des molécules actives identifiées dans le monde vivant, comme l'aspirine en 1897. L'« acide de la spirée » est le nom scientifique de la reine-des-prés. Le saule et la reine-des-prés contiennent des molécules précurseurs chimiques de l'acide salicylique, doté de certaines propriétés thérapeutiques. Plus récemment, des agents anti-tumoraux ont été isolés sur la pervenche de Madagascar (alcaloïdes) et de l'écorce de l'if américain (paclitaxel). Les animaux sont également à l'origine de substances pharmacologiques. Le foie des requins contient des substances augmentant la résistance de l'organisme humain aux affections cancéreuses. Le venin des abeilles est utilisé dans le traitement des arthrites.

Depuis quelques décennies, l'extraordinaire diversité de la faune et de la flore marines a incité les scientifiques à y rechercher de nouvelles molécules aux propriétés chimiques inédites. Plusieurs milliers de substances sont aujourd'hui répertoriées, dont certaines appartiennent à de nouvelles classes de molécules sans analogues terrestres. Près de la moitié des molécules marines brevetées dans le monde depuis 1969 ont des propriétés anti-tumorales : la cytarabine (un anti-leucémique) provient d'une éponge de la mer des Caraïbes et la bryostatine, dérivée d'un bryozoaire du golfe de Californie, est particulièrement prometteuse car elle inhibe le développement des tumeurs solides et des mélanomes. Les grands groupes pharmaceutiques s'intéressent également aux neurotoxines (par exemple le venin des gastéropodes) pour fabriquer des antalgiques.

Parmi les milliers de molécules d'origine marine identifiées jusqu'à présent, quelques dizaines seulement présentent des perspectives de commercialisation, et nombre de ces substances ont été isolées chez des espèces rares. Elles ne peuvent donc pas être récoltées en grande quantité, et l'élevage est impossible. Quant à la synthèse chimique, elle est souvent difficile compte tenu de la structure extrêmement complexe des nouvelles molécules.

De nos jours, une partie non négligeable du chiffre d'affaires de l'industrie pharmaceutique mondiale provient de médicaments élaborés à partir des principes biologiquement actifs extraits des plantes. Mais à côté de cette médecine « savante », existe une médecine empirique, celle qui concerne la majorité de la population. Environ 80 % des êtres humains n'ont toujours pas accès à la médecine moderne, trop coûteuse. Ils se soignent à partir de remèdes traditionnels. Les pratiques se sont transmises à travers les âges grâce aux guérisseurs et aux sorciers.

Le vivant : une marchandise pas comme les autres

Le développement spectaculaire du secteur des biotechnologies promettant d'importantes retombées commerciales, la recherche sur le vivant s'inscrit aujourd'hui dans un contexte de compétition économique souvent impitoyable. Au fur et à mesure des progrès du génie génétique, les brevets, à l'origine conçus pour protéger des inventions industrielles, ont été étendus aux gènes et aux êtres vivants. Dans ce contexte, les discussions menées au sein de la Convention sur la diversité biologique sont difficiles.

Dans le domaine agricole, la FAO a longtemps défendu le principe que les ressources génétiques doivent être librement accessibles à tous. Les centres internationaux de recherche agricole (Cira), possédant des banques de gènes très importantes, sont placés sous la juridiction de la FAO. Ils fonctionnent dans l'esprit d'un accès libre de droits sous contrôle international. Cette notion de patrimoine commun de l'humanité est présente dans les premières versions de ce qui deviendra la Convention sur la diversité biologique. Mais la situation a évolué au cours des discussions : le texte signé à Rio en 1992 mentionne notamment « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques ». Les bases d'un nouveau statut juridique de la biodiversité sont posées. Il ne s'agit plus de transmettre un « patrimoine commun de l'humanité » aux générations futures, mais de monnayer l'exploitation des ressources génétiques jusque-là en accès libre. Le patrimoine génétique est ainsi assimilé à une marchandise.

Effectivement, lors des négociations préalables à la signature de la Convention, le débat a très vite tourné à l'affrontement entre pays du Nord et pays du Sud, ces derniers étant réticents à donner un statut de libre accès à la biodiversité. Ils y voient un « or vert » dont ils vont pouvoir maintenant négocier l'accès auprès des industriels des pays du Nord, accusés de piller leurs ressources génétiques. Cette attitude a bien plus pesé dans les négociations que la protection de la biodiversité. Au point que plusieurs pays du Nord ont hésité à signer la Convention, ne voulant pas que leurs industriels soient liés par cet engagement !

Il est vrai que la CDB soulève un véritable problème. Elle laisse aux États la responsabilité de protéger leur biodiversité, mais elle ne prévoit rien en matière de financement afin de leur permettre d'assurer cette mission. Ce n'est pas faute d'avoir insisté sur les besoins en matière de financement. Mais les pays riches n'ont pas suivi en matière de financement. La protection de la biodiversité peut alors être vécue par les pays du Sud comme une servitude sans contrepartie, comme une contrainte à leur développement. Elle apparaît davantage comme une préoccupation des pays industrialisés plutôt qu'un besoin ressenti par l'humanité dans son ensemble. De là vont naître de nombreuses frustrations qui marqueront les négociations d'après Rio.

Toujours est-il que dans ce grand marchandage planétaire, la CDB aboutit à la reconnaissance de la souveraineté des États (du Sud) sur leurs ressources génétiques en échange de la reconnaissance des brevets industriels (du Nord). Les droits de propriété sur le vivant doivent en effet permettre la création d'un marché des ressources génétiques dont les retombées financières assureront la protection de la biodiversité.

L'espionnage agricole et la piraterie des plantes cultivées

Les enjeux économiques de la biodiversité se sont manifestés au cours des siècles précédents par des situations de monopole bien établies sur la culture et l'exploitation de

La biopiraterie

La suspicion règne entre les pays supposés détenir des ressources génétiques valorisables et les industriels des pays du Nord. D'autant que le cliché largement véhiculé est celui pillage du Tiers-Monde. Des scientifiques du Nord posent un brevet sur du matériel originaire d'un pays du Sud, puis le vendent aux multinationales qui vont en tirer des profits considérables grâce à la production de médicaments ou de semences. L'image des « tropiques d'abondance », riches en espèces végétales et animales susceptibles de renfermer la molécule miracle, est bien réelle : des « bioprospecteurs » se dépêchent d'aller ramasser l'or vert avant qu'il ne soit détruit pour en tirer le plus grand profit. Et de nombreux acteurs essaient de faire entendre leur voix sur cette question de l'accès à ces ressources : les États du Nord et du Sud, les ONG, les « communautés », les industriels de l'agroalimentaire, de la pharmacie, de la cosmétique, etc. Trouver un compromis entre ces différents acteurs – et les différentes visions du monde qu'ils véhiculent – n'est pas facile. La protection de la biodiversité se confond alors avec la défense des modes de vie des populations autochtones. D'où la dénonciation de la biopiraterie, c'est-à-dire du pillage des savoir-faire des communautés du Sud par les pays industrialisés, sans compensation en retour.

certaines espèces d'intérêt alimentaire ou industriel. De nombreuses anecdotes relatent la manière dont des hommes « astucieux » – on pourrait dire des espions et des voleurs – ont réussi à dérober ces trésors bien gardés. Prenons le cas du caoutchouc. Il a alimenté la fabrication des pneumatiques à partir de la fin du XIX^e siècle et a fait la fortune de l'Amazonie brésilienne, jusqu'à ce qu'un explorateur anglais subtilise des graines d'hévéa. Après un bref passage en Grande-Bretagne dans le jardin de Kew, on a transféré des plantules à Ceylan et en Malaisie. Rapidement, l'Asie a détrôné l'Amazonie, et la ville de Manaus, qui a financé un splendide opéra sur les bénéfices du caoutchouc, ne s'en est toujours pas remise.

Quant au café, son épopée est bien plus romantique. Ne dit-on pas que Shéhérazade conta l'histoire d'un berger qui avait constaté que ses brebis ne dormaient pas après avoir brouté un certain arbuste. Il confia son observation à des moines soufi qui cherchaient à dormir moins pour prier plus. Les cultures de café proliférèrent ainsi au Yémen (l'« Arabie heureuse »). Les Ottomans et les Vénitiens firent découvrir ce breuvage en Europe et, au XVI^e siècle, les grains torréfiés étaient commercialisés *via* le port de Mokka sur la mer Rouge. Un pèlerin revenant de la Mecque ramena sept graines de café vert cachées dans son pourpoint. Le café colonisa Java en 1640, puis, après un crochet par l'Europe, les Amériques en 1723.

Les brevets sur le vivant et leurs conséquences

Les variétés végétales issues de la sélection sont protégées par un régime spécial, le certificat d'obtention végétale (Cov) créé en 1961 et géré par l'Union pour la protection des obtentions végétales (Upov). Il s'agit en l'occurrence de reconnaître le travail des créateurs et de protéger leurs droits. Quiconque commercialise une variété qu'il n'a pas créée doit s'acquitter d'une redevance. On espérait ainsi éviter le pillage et « moraliser » un marché des semences souvent malhonnête (ce qu'illustre, par exemple, le fait de vendre une même variété sous différents noms par différents semenciers). Dans ce système de protection, l'agriculteur peut réutiliser, sous certaines conditions, le grain récolté pour ensemercer ses terres. Surtout, n'importe qui peut utiliser librement et gratuitement la nouvelle variété pour en créer une autre, ce qui assure la continuité de l'amélioration génétique de chaque espèce végétale.

Le brevet a un tout autre objectif : protéger et faire reconnaître comme propriété intellectuelle du découvreur des variétés ou des produits mis au point le plus souvent après d'importants investissements. Le brevet accorde à l'inventeur le droit exclusif d'exploiter commercialement son invention durant environ 20 ans. En conséquence, fini le « privilège de l'agriculteur » de semer le grain récolté : il lui faut acheter les semences. En outre, le produit breveté ne peut être utilisé librement pour élaborer de nouvelles variétés. Certains craignent cependant que la généralisation des brevets ne remette en cause le libre accès et la circulation des ressources génétiques au détriment du maintien de la diversité génétique agricole et de la sécurité alimentaire.

La reconnaissance de la brevetabilité du vivant a constitué un véritable tournant dans notre manière de penser nos relations au vivant. Pendant longtemps, il n'a pas été question de breveter un produit de la nature. Pourtant en 1980, la Cour suprême des États-Unis affirme que l'on peut faire la distinction entre les produits de la nature et les inventions de l'homme. Elle déclare brevetable une bactérie transgénique « mangeuse » d'hydrocarbures. Depuis cette date, la délivrance de brevets sur des gènes, des cellules ou des micro-organismes, s'est accélérée.

Après de nombreux débats et le rejet d'un premier projet de directive en 1995, l'Union européenne a également adopté en 1998 une directive sur la protection légale des inventions biotechnologiques (en d'autres termes, sur la brevetabilité du vivant). Elle stipule que la matière vivante peut constituer une invention brevetable si elle remplit les critères requis d'inventivité, de nouveauté et d'applicabilité industrielle. Cette directive a suscité des débats – loin d'être clos – opposant ceux qui sont hostiles à toute marchandisation du vivant et ceux qui estiment au contraire que le droit des brevets mérite d'être adapté aux spécificités du vivant, notamment, s'il permet d'améliorer l'accès aux thérapeutiques issus des biotechnologies, ainsi que les productions agricoles.

En réalité, cette directive cherche également à encadrer le développement des biotechnologies. Il s'agit de les soumettre à des principes éthiques fondamentaux censés refléter un consensus européen. L'interdiction de pratiques contraires à la dignité humaine – telles que le clonage humain ou l'utilisation industrielle et commerciale des embryons humains – et

Le séquençage du génome humain a donné lieu à un jeu d'acteurs fort édifiant. Au-delà des grandes déclarations sur la perspective de soigner les maladies génétiques, destinées à drainer de l'argent, les perspectives de valorisation économiques ont aiguisé les appétits. L'idée fut évoquée en 1985 lors d'un congrès, et un projet « *Human Genome* » vit le jour en 1988. Dès 1990, des centaines de demandes de brevets furent déposées aux États-Unis et en Europe pour breveter des séquences partielles de zones codantes du génome ; ces demandes portaient sur des structures dont on ignorait le fonctionnement, sans remplir les conditions nécessaires à la brevetabilité : être une invention susceptible d'applications. Les offices des brevets avaient fini par se laisser convaincre, tout en se rendant compte néanmoins de l'inanité d'apporter une protection juridique à ces simples éléments de connaissance. Le génome humain fut entre-temps proclamé « patrimoine commun de l'humanité » en 1997, avec l'appui de Bill Clinton et de Tony Blair en 2000. Peu de temps après, le brouillon des séquençages du génome humain fut rendu public. La tentative de mainmise du privé sur le génome humain n'a pas réussi ! Du moins jusqu'ici !

De fait, tout ou presque reste à faire. On ne connaît que très partiellement la composition des 25 000 gènes de notre génome, notamment leur localisation, leurs expressions, leurs fonctions, leurs systèmes de régulation et de contrôle, etc. Ces incertitudes se traduisent par des applications qui tardent à se concrétiser sur le plan de la thérapie génique.

les mesures de protection des animaux tendant à minimiser les souffrances infligées à l'occasion des expérimentations scientifiques répondent à ce souci de cohésion intellectuelle et morale de la société européenne.

Parmi les opposants, l'économiste Jean-Pierre Berlan, chercheur à l'Inra, nous dit que cette directive nous fait sortir de l'ère de l'échange libre des ressources génétiques, du partage des connaissances et de la coopération internationale entre chercheurs publics. Bref, la mondialisation non marchande qui a permis de quintupler le rendement des principales cultures depuis la dernière guerre dans les pays du Tiers-Monde n'est plus de rigueur : « Cette mondialisation non marchande est remplacée par la cartellisation marchande de ces ressources génétiques et leur pillage, par la privatisation des connaissances biologiques et la guerre économique. Loin de lutter contre la famine, le brevet du vivant prépare les futures famines. »

L'accès aux ressources génétiques : espoir ou désespoir des pays du Sud ?

L'accès aux ressources génétiques et le partage des avantages, connu sous l'acronyme « Apa », est au centre des discussions de la CDB. Au nom du droit des peuples sur leurs ressources et leurs savoirs, surgissent alors des revendications identitaires et foncières ainsi que des demandes de dédommagement. Des États souverains, maîtres de disposer de leur ressources génétiques, peuvent en théorie autoriser des industriels à pratiquer la bioprospection sur un principe similaire à la prospection pétrolière. Il faut alors s'entendre sur le partage des bénéfices pouvant découler de la valorisation ultérieure de ces ressources. Implicitement, on peut y voir un moyen d'inciter les États à protéger leur biodiversité : elle devient une affaire rentable puisqu'elle est une source de revenus. La question du partage des avantages relève aussi de l'éthique des échanges internationaux sur laquelle on peut espérer fonder le développement durable.

La situation se complique néanmoins lorsqu'il s'agit de définir les droits de propriétés. L'une des difficultés est liée au fait que les populations locales ne gèrent pas des molécules ou des gènes, mais plutôt des savoir-faire collectifs accumulés sur des générations. Certes, les États sont souverains. Mais la CBD reconnaît aussi les droits des « communautés autochtones et locales » sur leurs pratiques et connaissances traditionnelles. Elle reconnaît aussi les droits de propriété intellectuelle de la part des « inventeurs » d'innovations. Comment concilier ces droits des différentes parties concernées ? Une question apparemment difficile à résoudre puisqu'à ce jour, la CBD n'a toujours rien proposé de concret. Au sommet de Johannesburg en 2002, les pays du Sud ont réaffirmé leur revendication d'établir un « régime international d'accès et de partage des avantages ». Lors de la réunion de la conférence des parties à Curitiba en 2006, il a été réaffirmé qu'un groupe de travail serait chargé d'élaborer une législation « si possible d'ici 2008 et au plus tard d'ici 2010 ». Celle-ci définira les conditions d'accès aux ressources naturelles et la répartition des bénéfices découlant de leur exploitation. Pas de doute, on piétine !

Le temps des désillusions est arrivé pour les pays du Sud, le marché des ressources génétiques n'ayant pas connu le succès escompté. D'une part, l'intérêt des industriels pour ces ressources a probablement été surévalué. En effet, une partie non négligeable de la biodiversité des pays du Sud a déjà été recensée, prélevée et stockée sans accord préalable au cours des dernières décennies. En outre, les enjeux économiques portent maintenant sur les produits issus de la manipulation du génome. Dans ces conditions, les plantes et les molécules des pays du Sud ne suscitent plus une forte demande de la part des laboratoires pharmaceutiques. Seuls les domaines de la cosmétique et de la diététique sont encore consommateurs de produits naturels. Question d'image, le plus souvent !

D'autre part, les législations adoptées par les pays du Sud s'avèrent dissuasives ou inapplicables. Ces pays cherchent à trouver d'autres moyens pour obliger les utilisateurs à se conformer à leur législation nationale. En proposant, par exemple, une définition plus extensive des ressources génétiques impliquant non seulement les organismes vivants, mais aussi leurs produits dérivés, les ressources présentes dans les conservatoires constitués avant la signature de la Convention, les savoirs traditionnels associés, etc. Ils réclament en particulier de divulguer l'origine des ressources génétiques et d'indiquer qu'elles ont été obtenues avec le consentement préalable de leurs détenteurs. Une obligation de transparence en quelque sorte ! Et bien sûr, une meilleure traçabilité des ressources génétiques dans le cas où elles aboutissent à un brevet.

Ces surenchères, même légitimes, suscitent oppositions et controverses de la part des industriels, qui demandent de leur côté une mise en cohérence des différentes conventions internationales concernées par les ressources génétiques, dont le droit des brevets en cours à l'OMC ! C'est à l'OMC, l'Organisation mondiale du commerce, qu'ils situent les vrais enjeux. Là où les pays ayant massivement investi dans les biotechnologies cherchent à assurer leur suprématie en liant les droits de propriété intellectuelle aux accords de commerce internationaux. Bref, c'est une bataille juridique dont l'issue est pour le moins incertaine. Et certains ont probablement tout intérêt à laisser traîner en longueur...

L'énergie de la biomasse

Pendant longtemps la force humaine, la traction animale, ainsi que le bois et autres matériaux combustible issus de la biodiversité, de la tourbe aux bouses de vaches, ont été les seules sources d'énergie dont l'homme pouvait disposer. Puis, on a fait appel à l'énergie éolienne et à l'énergie hydraulique, ainsi qu'en témoigne la multiplication des moulins à vent et à eau. Au début de l'ère industrielle, le bois a été la principale source d'énergie thermique pour l'industrie, avant l'entrée en scène du charbon, puis du pétrole, d'autres combustibles fossiles issus également du monde vivant. Autrement dit, la biodiversité au sens large – vivante ou fossile – a été la principale source d'énergie des activités humaines. Elle a accompagné étroitement le développement économique des sociétés humaines.

Les énergies fossiles : des produits de la biodiversité

Pendant longtemps, le bois et le charbon de bois (issu de la combustion incomplète d'arbres) ont été les sources principales de combustible ; jusqu'à ce que les hommes découvrent qu'ils pouvaient aussi utiliser des combustibles fossiles accumulés depuis des milliers ou des millions d'années dans la croûte terrestre. Des combustibles issus de la biomasse, c'est-à-dire de l'activité d'organismes vivants. Comment se sont-ils formés ? L'histoire est maintenant bien connue.

Les êtres vivants sont constitués principalement de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène. Quand ils meurent, la matière organique est décomposée par l'activité microbienne. Dans un milieu bien aéré, tout le carbone est reminéralisé et transformé en gaz carbonique. En revanche, si la matière organique sédimente dans un milieu dépourvu d'oxygène, elle fermente et subit l'action de bactéries anaérobies. Ces dernières utilisent l'azote et l'oxygène de la matière organique mais pas le carbone, de sorte que les sédiments s'enrichissent en carbone.

Sur terre, lors de la période carbonifère il y a environ 300 millions d'années, la forêt était luxuriante avec des arbres géants et des fougères arborescentes. Des masses végétales

importantes se sont accumulées. Certaines ont été enfouies dans des milieux lacustres et lagunaires où elles ont fermenté en conditions anaérobies. Ces sédiments enrichis en carbone, compactés lors des mouvements de la croûte terrestre, se sont transformés successivement, sous l'effet de fortes pressions à températures élevées (pyrolyse) en lignite, puis en houille, puis en anthracite qui est du carbone presque pur.

Les charbons fossiles sont classés en différentes catégories selon leur origine, leur ancienneté et leur degré de transformation.

La tourbe est un combustible provenant de la fossilisation de débris végétaux (notamment les sphaignes) accumulés sur 1 000 à 2 000 ans dans des milieux humides. La teneur en carbone de la tourbe sèche peut atteindre 55 %.

La lignite est un charbon dans lequel on peut encore reconnaître les éléments végétaux qui l'ont constituée. Sa teneur en carbone est de 55 à 75 %.

La houille est quant à elle un combustible issu de l'accumulation de matières végétales transformées par des micro-organismes, qui s'est formée à l'époque carbonifère il y a 300 millions d'années, lors d'une période climatique particulièrement favorable à la production végétale. Elle peut contenir de 75 à 95 % de carbone.

La production mondiale de charbons est de 3,5 milliards de tonnes, auxquelles s'ajoutent 900 millions de tonnes de lignite. Les réserves sont estimées à environ 1 000 milliards de tonnes, soit entre 200 et 250 ans de consommation au rythme actuel.

La formation du pétrole est le résultat d'un long processus de sédimentation et de transformations. Le pétrole est une huile minérale composée principalement de molécules d'hydrocarbures (formées uniquement de carbone et d'hydrogène). Les gisements les plus anciens datent de 500 millions d'années, les plus récents de 4 000 ans.

En milieu océanique, la principale source de matière organique provient du plancton marin. En condition anaérobie, la plus grande partie de la biomasse est reminéralisée mais une très faible partie sédimente (environ 1%). Sous l'action de bactéries, elle est transformée en « kérogène », un mélange constitué principalement de carbone et d'hydrogène qui, sous l'effet de la pression et de la température plus élevée dues à la tectonique des plaques, se décompose pour donner du pétrole et du gaz naturel. Les réserves prouvées en pétrole s'élevaient à environ 150 gigatonnes, mais ces chiffres sont approximatifs et toujours en évolution. Cela correspondrait à environ 50 ans de consommation au rythme actuel. Autrement dit, une pénurie de pétrole est en vue !

La tourbe

Depuis le Moyen Âge, l'utilisation de la tourbe est attestée en France. Mais cette activité remonte probablement à des temps bien plus reculés. La pratique du « tourbage » s'est développée pour pallier les difficultés d'approvisionnement en bois de chauffage. À la fin du XIX^e siècle, apogée de l'exploitation de la tourbe, près de 40 000 ha de tourbières et de marais tourbeux sont exploités. La plupart de ces terrains ont été drainés et transformés en terres agricoles. L'arrivée massive de pétrole et de gaz après la Seconde Guerre mondiale semblait avoir sonné le glas de cette activité, mais une nouvelle utilisation est apparue : la fabrication de supports de culture et d'amendements pour les sols. Avec l'explosion du marché horticole depuis les années 1960, on estime que la production de tourbe en Europe a été multipliée par 5 entre 1970 et 1995, pour atteindre 20 millions de mètres cubes en 2000. En France, la consommation annuelle est de 2,2 millions de mètres cubes, dont plus de 500 000 mètres cubes extraits sur le territoire. Avec des conséquences bien évidemment sur les tourbières acides à sphaignes. On s'oriente actuellement vers des solutions alternatives à l'usage de la tourbe. À terme, extraire la tourbe sera interdit.

Tableau 6. Production mondiale de combustibles sur la période 1800-1990 (Mt). Les tonnages ne représentent pas l'énergie fournie par ces produits : une tonne de pétrole donne 5 à 10 fois plus d'énergie qu'une tonne de bois, et environ deux fois plus que le charbon. L'énergie utilisée est en MtEP (millions de tonnes équivalent pétrole).

Production de combustible	1800	1900	1990
Biomasse (bois)	1000	1400	1800
Charbon	10	1000	5 000
Pétrole	0	20	3 000
Énergie utilisée	400	1900	30 000

Du charbon de bois au charbon de terre

Pour travailler le métal, il faut de l'énergie. Beaucoup d'énergie. Au Moyen Âge, le seul combustible disponible en abondance était le bois. Il fallait au moins 8 tonnes de charbon de bois (soit 30 tonnes de bois) pour produire une tonne de fer. Une forge accaparait pour son approvisionnement annuel environ deux cents bûcherons et charbonniers, soit à peu près la production de 2 000 hectares de forêts. L'industrie naissante (forges, hauts fourneaux, faïenceries, etc.) était un gouffre à combustible ! Elle fit disparaître des forêts entières, d'abord autour des sites métallurgiques. Certains pays méditerranéens ont souffert de cette pénurie de bois. Dans de nombreux cas, l'approvisionnement en bois a été un facteur limitant de l'activité industrielle.

La solution est venue de l'utilisation à grande échelle de la houille. L'énergie fossile issue du « charbon de terre » a été à l'origine du développement de l'industrie métallurgique au XIX^e siècle. Pour la Grande-Bretagne, on a calculé qu'avec une production de 2 millions de tonnes de fonte en 1850, il aurait fallu 20 millions d'hectares de forêts en utilisant les techniques traditionnelles, soit un tiers de plus que la surface de l'Angleterre et du pays de Galles réunis. La houille est plus difficile à extraire et à transporter que le bois, mais son utilisation présente un avantage énorme : elle permet de s'affranchir de la dépendance vis-à-vis du milieu naturel et de ses capacités de production. Avec cependant un prix à payer que nous sommes loin d'avoir soldé : la production de gaz à effet de serre. Sans compter que l'emploi du charbon de terre au lieu de charbon de bois à partir du XII^e siècle en Europe a été une source d'autres nuisances. Dès la fin du XIII^e siècle, la population de Londres se plaignait des vapeurs bitumeuses et des odeurs désagréables émises par un charbon de mauvaise qualité ramassé sur les côtes de la mer du Nord. À la fin du XVI^e siècle, Londres avait besoin de 5 000 tonnes de charbon par an, de 350 000 tonnes un siècle plus tard, et de plus d'un million en 1800. Le *smog* devint progressivement l'une des caractéristiques de la capitale anglaise.

Le pétrole entre en scène

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la Grande-Bretagne, grosse exportatrice de charbon, contrôlait la distribution mondiale. Cette suprématie fut battue en brèche avec la découverte de nouveaux gisements un peu partout en Europe et dans le monde. En outre, au début du XX^e siècle, l'Europe découvrit une nouvelle énergie fossile, le pétrole, dont la Standard Oil Company (É-U) contrôle plus de la moitié des ventes. Le pétrole lampant sert avant tout à l'éclairage et concurrence le gaz d'éclairage issu de la distillation du charbon.

On connaît la suite : toutes ces énergies fossiles libèrent le carbone qui a été stocké pendant des millions d'années. Et ce carbone contribue à l'effet de serre anthropique et au réchauffement du climat.



La biodiversité qui dérange

Pour sauver un arbre, mangez un castor.

PROVERBE CANADIEN

La grippe, ça dure huit jours si on la soigne et une semaine si on ne fait rien.

RAYMOND DEVOS

La biodiversité renvoie à l'environnement de l'homme, au cadre de vie dans lequel il agit, ou à celui dans lequel il cherche à se détendre. Les ONG et beaucoup de scientifiques dénoncent à juste titre la disparition des espèces et des écosystèmes et réclament des mesures de protection. Ou, pour le moins, un meilleur équilibre entre l'utilisation des ressources vivantes et leur préservation à long terme. En caricaturant, le discours sur la conservation tend cependant à globaliser la biodiversité qui devient la victime innocente des méfaits de l'espèce humaine. Si la biodiversité disparaît c'est à cause des hommes. On parle d'habitats dégradés et d'espèces disparues ou en danger d'extinction. On demande toujours plus d'aires protégées. En bref, le discours souvent culpabilisateur est centré sur la préservation et la conservation des espèces et des écosystèmes.

Cette démarche sectorielle est ambiguë. Elle est légitime dans ses objectifs, mais ignore délibérément que la biodiversité est également une source de dangers pour l'espèce humaine. Le vécu n'est pas toujours celui d'un paradis sur Terre, loin s'en faut. Comme j'ai eu l'occasion de le proposer dans une réunion internationale : « Fermez les yeux quelques instants. Je vous emmène en voyage dans un lieu retiré d'Afrique, sur les bords d'une magnifique petite rivière que l'homme n'a pas encore abîmée. Nous allons y rester quelques jours. Et après avoir subi, de jour comme de nuit, les attaques des moustiques, des similies, des mouches tsé-tsé, des taons, sans compter celles éventuelles des araignées, des fourmis et autres animaux désagréables, nous reparlerons de la protection de la biodiversité. » Car la diversité biologique est aussi une source inépuisable de maladies et de nuisances pour l'homme et ses animaux domestiques. Mais qui en parle dans le monde clos de la conservation ? Qui ose dire clairement « je souhaite voir disparaître le plus rapidement possible de nombreuses espèces considérées comme de véritables dangers permanents pour l'homme » ? Le dogme intangible de la protection admet difficilement qu'il puisse y avoir un regard « négatif » sur la biodiversité. Et pourtant, la réalité vécue de longue date par de nombreux êtres humains est bien celle de la lutte contre une partie du monde vivant. Il n'y a pas toujours compatibilité entre conservation de la diversité biologique et développement humain.

Des tigres aux loups, des crocodiles aux piranhas, des hippopotames aux sangliers, de nombreux animaux constituent un danger physique pour l'homme. Sans oublier les animaux de l'ombre comme les araignées et les serpents, ou encore ces guêpes, fourmis, aoûtats, autant de nuisances insupportables. Mais également tous ces parasites ou leurs vecteurs, d'autant plus redoutables qu'ils sont peu visibles et qu'on ne les repère pas facilement. Et aussi tous les micro-organismes responsables de terribles épidémies chez l'homme et ses animaux domestiques ! Sans oublier ces nombreux ravageurs des cultures qui ont parfois anéanti les récoltes et menés des pays entiers à la famine et à la misère. La liste est

loin d'être close ! Elle est même bien longue étant donné la grande diversité des parasites et des micro-organismes pathogènes.

Face à ces agressions, l'homme a réagi par la peur, la fureur, la haine contre les bêtes ennemies. Il a d'abord cherché à les repousser, à les effrayer par l'usage du feu, en lançant des pierres, ou en apprivoisant d'autres animaux comme le chien. Il s'est peu à peu organisé en « meutes » pour éradiquer ses principaux prédateurs. Il a même payé des spécialistes et des corps constitués comme les louvetiers qui sillonnaient déjà les domaines royaux au temps des Capétiens avant d'être reconvertis en « conseillers cynégétiques » et destructeurs des nuisibles en 1971. L'homme n'a pas hésité à utiliser les poisons et les pièges pour arriver à ses fins. Il a développé des industries puissantes pour fabriquer du DDT et des milliers de pesticides, ou pour fabriquer des médicaments permettant de lutter contre les maladies. Au point de mettre en péril sa propre existence par les pollutions ainsi engendrées.

Les animaux en procès

En Occident, pendant plusieurs siècles, des procès ont visé des animaux qui avaient blessé, tué, dévoré des hommes. C'étaient souvent des animaux domestiques assez bien identifiables et plus ou moins faciles à « appréhender ». Ils relevaient le plus souvent de la justice civile, et du bourreau. L'exécution avait valeur d'exemple pour le public et pour les maîtres des animaux. Mais d'autres étaient des nuisibles libres et sauvages, qui sévissaient en groupe. On ne pouvait les saisir aussi facilement et les traîner devant un juge. C'était le cas des insectes (comme les charançons), des rongeurs, des limaces, des sangsues, etc. Ils relevaient des tribunaux religieux et de l'évêque, car seules les armes spirituelles étaient mobilisables contre ces animaux, comme pour les sorciers ou les hérétiques. Les nuisibles recevaient alors avertissements et citations à comparaître. En vain bien sûr ! Un avocat, désigné en ces circonstances, faisait assaut d'arguments avec les demandeurs. La solution était le plus souvent le bannissement et l'exil. On proposait alors à ces animaux un autre territoire qui était mis à leur disposition. Avec plus ou moins de succès, on s'en doute !

Si l'on peut sourire à ces évocations d'insectes relevant de la justice de l'évêque, on doit se rappeler la détresse des contemporains confrontés à la famine suite à des invasions d'insectes et de rongeurs dévastant leurs cultures, à des époques où l'on était complètement désarmé face à de tels phénomènes.

Et la lutte n'est pas terminée. Elle est même loin d'être terminée si l'on en croit les formidables capacités d'adaptation des parasites et de leurs vecteurs. La montée en puissance des maladies dites « émergentes » témoigne de ce combat sans cesse renouvelé. Et, dans certains cas, l'affaiblissement de populations d'animaux jugés nuisibles s'est soldé par de nouveaux ennemis. Pensons par exemple aux rongeurs qui ont profité de la raréfaction de prédateurs comme le renard ou le lynx pour proliférer et devenir à leur tour des ravageurs de culture.

Bref, un fossé existe bel et bien entre la vision d'une nature idyllique et la réalité quotidienne des hommes confrontés aux assauts de la diversité biologique. Il ne faut pas se voiler la face : leur première préoccupation est de se débarrasser de toutes ces espèces qui menacent leur santé, leurs récoltes, leurs biens. Qu'ils le fassent mal, qu'ils commettent des erreurs, c'est tout à fait possible. Mais la lutte ne peut que se poursuivre contre cette face cachée de la biodiversité – celle qui est systématiquement occultée par les conservationnistes. Étrange, on n'en parle guère dans la Convention sur la diversité biologique. Elle prône pourtant une approche systémique ! Aurait-on oublié l'objectivité scientifique ?

Ours, loup, lynx... pourquoi tant de haine ?

Est-ce la peur ancestrale ? Ou des enjeux de pouvoirs ? Toujours est-il que nous avons vécu ces dernières années des expériences édifiantes concernant les rapports entre les hommes et les grands prédateurs. Des expériences qui amènent sérieusement à s'interroger sur les limites de la conservation.

Les derniers ours français des Pyrénées vont probablement disparaître. Les tentatives de réintroduction d'ours slovènes relèvent maintenant de l'acharnement thérapeutique face à l'opposition farouche des bergers et à celle des chasseurs qui ne veulent pas modifier leurs activités. Face à l'opposition des élus qui ne veulent pas contrarier leurs électeurs et refusent des décisions « imposées » par Paris. Les loups quant à eux sont revenus « naturellement » dans le parc du Mercantour depuis l'Italie. Une même coalition d'éleveurs, de chasseurs et d'élus fait campagne pour éliminer une espèce pourtant protégée par la loi française et la convention de Berne.

Le lynx a été réintroduit dans les Vosges et dans le Jura. Comme l'ours et le loup, il est victime de son image de prédateur, accusé de décimer les populations de chamois et de chevreuils. Toujours les mêmes manifestations d'hostilité des mêmes lobbies. On retrouve régulièrement des individus abattus, par des tueurs. Et pourtant, en Suisse, ces réintroductions se passent mieux. On doit mieux savoir s'y prendre dans ce pays.

Les grands prédateurs ont fait l'objet de véritables psychodrames entre les écologistes voulant réintroduire des espèces menacées de disparition, et les utilisateurs des territoires ruraux et montagnards. Ces derniers, ou du moins certains d'entre eux, ont vu dans le retour de ces animaux une véritable agression envers l'activité pastorale. Tous les arguments ont été échangés entre les différents protagonistes. Les uns dénoncent les dégâts faits aux troupeaux – des dégâts pourtant bien dédommagés, même quand il y a doute sur le coupable. Pour d'autres, les prédateurs sont des concurrents vis-à-vis du gibier. Et les chasseurs ne veulent pas de ces braconniers qui ne paient pas leur droit de chasse. Sans compter que réintroduire des prédateurs dans une « nature » que l'homme a si bien aménagée relève de lubies des écologistes urbains qui ne connaissent rien à la vie rurale. Nous sommes chez nous et nous savons ce qui est bon et bien pour la nature. Une autre version du phénomène Nimby (*not in my backyard* – « pas dans mon jardin »). Incidemment, nous sommes ici confrontés à un problème de gestion de la biodiversité par les communautés locales... Démonstration, s'il en était besoin, que les préoccupations des peuples autochtones et la protection de la biodiversité ne font pas nécessairement bon ménage !

Les réponses sont également connues. Certes les prédateurs font des dégâts, mais bien moins que les chiens errants. Des mesures de prévention existent avec des chiens patous⁷, des enclos pour la nuit, etc. Et la présence de loups ou d'ours est un facteur d'attractivité touristique. Quant à l'impact des prédateurs sur les ongulés sauvages, il n'est certes pas négligeable. Mais il s'agit là d'un impact qui rentre dans l'ordre des choses. Sans oublier que la cohabitation des hommes avec le loup et l'ours pose beaucoup moins de problèmes en Espagne et en Italie.

Tous ces échanges d'arguments masquent-ils en réalité d'autres raisons ? On a vu pointer à diverses reprises des références aux « tueurs sanguinaires ». On a même fait courir le bruit que des loups avaient été largués par hélicoptère dans le Mercantour par les « écologistes ». Est-ce le front du refus du milieu rural, par rapport à une nature sauvage

⁷ Gros chien de berger des Pyrénées assurant la protection des troupeaux.

que l'on a si longtemps essayé d'extirper ? Le refus d'un milieu rural pas entièrement contrôlé par l'homme ? Ou alors l'affirmation d'une identité par rapport aux citadins qui perçoivent la biodiversité d'une toute autre façon ? Ou encore un moyen de faire « monter les enchères » ? Peut-être tout cela à la fois ! Toujours est-il que ces expériences ont montré l'existence d'extrémismes de part et d'autres. Et la logique (voire l'obsession) de l'affrontement prévaut chez certains, plutôt que celle de la concertation.

Il est probable que tous ces différends reposent en partie sur une mythologie et des quiproquos entretenus. En effet, on présente souvent le pastoralisme comme un élément fondamental de la gestion des paysages de montagne. On a d'ailleurs cherché à maintenir le pastoralisme, par des incitations, et avec de bonnes raisons. Cependant, une vision idyllique de la ruralité a conduit des scientifiques à épouser un peu hâtivement cette cause du pastoralisme sans mesurer les changements intervenus par ailleurs dans une société rurale qui n'est pas restée figée. La Pac a contribué à la disparition de la polyculture de montagne et incité à l'accroissement du cheptel ovin en favorisant le nombre de têtes par une politique de primes. Cette politique a incité à toujours plus de bêtes sans se soucier réellement des conséquences sur l'environnement. D'un autre côté, avec la concentration et l'augmentation de la taille des troupeaux et la diminution du gardiennage pour réduire les coûts et rester compétitif par rapport aux importations, la présence humaine est de plus en plus faible. Et l'entretien physique des milieux en pâtit également. Dans ce contexte, l'arrivée d'un prédateur accroît la précarité de l'activité ovine et met le projecteur sur les difficultés d'une profession sous perfusion de subventions. Sans compter qu'il est bien difficile de globaliser les différents contextes locaux, et que la situation est bien plus complexe qu'une présentation nécessairement lapidaire. Quoiqu'il en soit, avec le loup, il faut repenser l'élevage. Les éleveurs ayant pris l'habitude de laisser leurs troupeaux seuls dans la montagne, il faut maintenant les garder en permanence. Comme autrefois, pour faire écho à ceux qui aiment invoquer les traditions et les pratiques locales. Mais voilà : les jeunes n'ont plus envie de se faire berger, et le gardiennage coûte cher. L'économie et la sociologie rattrapent la protection. Néanmoins nos voisins italiens ont surmonté cette contradiction, probablement en acceptant des salaires moins élevés ?

Ainsi, le tollé soulevé par la réintroduction des prédateurs serait-il un avatar de l'évolution des activités rurales dans un contexte de mondialisation ? Le loup ou l'ours peuvent disparaître, les problèmes du pastoralisme n'en disparaîtront pas pour autant. Mais on attire l'attention des pouvoirs publics en montant en épingle les dangers que les prédateurs font courir sur la profession, on surfe sur des idées, discutables, sur le rôle de cette activité pour l'écologie montagnarde. Une manière de faire monter les enchères, attitude somme toute assez courante dans toutes les professions. Mais la cause de l'ours ou du loup en sort affaiblie. Comme le dit avec beaucoup d'humour Jean-Claude Génot, peut-être la technologie moderne nous permettra-t-elle de produire des loups végétariens ! Ce qui les rendrait socialement plus acceptables...

Cette hostilité ne concerne pas que les prédateurs. Il faut dire que la protection d'une espèce, si elle peut être justifiée à un certain moment, peut s'avérer insupportable à terme. Autre paradoxe à gérer. L'autour des palombes dérange les colombophiles, le cormoran et le héron cendré sont accusés de piller les étangs de pisciculture. Effectivement, les effectifs du grand cormoran, protégé par la loi de 1976, ont progressé de façon spectaculaire au point de causer des dégâts réels aux piscicultures. Les préfets fixent annuellement des quotas d'autorisation de tirs pour les détruire. Toujours est-il qu'il y a beaucoup de bonnes raisons pour refuser la cohabitation. On n'accepte pas que des animaux viennent perturber des activités productives ou ludiques.

Les « nuisibles »

Un fascinant article de Serge Lambert paru en 1999 dans *Le courrier de l'environnement de l'Inra* nous montre comment la lecture comparée des manuels scolaires de sciences naturelles du siècle dernier avec ceux d'aujourd'hui permet de retracer l'évolution des représentations de « l'animal » et de la « nature » dans la société française.

Utiles et nuisibles : séparer le bon grain de l'ivraie

Dans les manuels de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle, les animaux sont classés d'emblée en « nuisibles » et « utiles ». La survie du monde rural en dépend et, bien entendu, l'économie française. Après 1970, on privilégie au contraire une approche descriptive et scientifique des espèces à travers leur biologie, leur comportement, leur écologie, etc. Sans porter de jugement de valeur sur leur utilité ou non pour l'homme. Par exemple, les anciens manuels ne manquent jamais de rappeler que « le moustique est un véritable fléau dans les pays marécageux », et que plusieurs espèces « peuvent inoculer certaines maladies, paludisme, fièvre jaune, etc. ». Les manuels récents, eux, le considèrent plutôt comme modèle biologique d'insecte piqueur-suceur, sans insister outre mesure sur son rôle de vecteur de l'une des maladies parasitaires les plus mortelles dans le monde.

« Presque tous les insectes sont nuisibles, il faut leur faire une guerre acharnée », peut-on lire vers 1910 ; ou encore « la plupart de toutes ces petites bêtes nous nuisent, leur prolifération doit nous inciter au combat permanent. » « Ce sont comme des légions d'ennemis souvent invisibles, contre lesquels nous avons à défendre nos animaux domestiques, nos plantes, nos constructions, nos provisions, nos vêtements, et, sous certains climats, nos personnes même. »

Ainsi en est-il notamment de « l'abominable » phylloxera (la destruction du vignoble français en 1862 est encore très présente dans les esprits) et du hanneton. Mais si tous ces nuisibles doivent être pourchassés et détruits, il existe heureusement des animaux utiles : « la coccinelle, la cochenille pour la couleur, le carabe doré ou jardinière, la cantharide pour la pharmacie et, enfin, les plus utiles de tous, l'abeille et le bombyx du mûrier. »

L'enseignement des sciences naturelles avant la Première Guerre mondiale doit être compris et évalué comme un outil indispensable à la formation du futur citoyen d'un pays à population majoritairement rurale. Nature et animaux sont encore perçus comme des obstacles au développement agricole. Le nombre des animaux nuisibles est très grand ! Ceux-ci attaquent l'homme, soit directement comme les grands carnassiers, les parasites et les espèces venimeuses, soit indirectement en détruisant les animaux utiles à l'homme, les végétaux cultivés et les produits industriels. La lutte chimique contre les insectes est pratiquement inexistante. Et, si les manuels ne manquent jamais de faire référence aux lions, tigres, panthères, redoutables prédateurs d'Afrique et d'Asie, c'est que nous sommes alors en pleine conquête coloniale et de construction de la France d'outre-mer. Par opposition, « les animaux utiles » nous servent d'auxiliaires et nous fournissent des aliments et des produits commerciaux et industriels.

On ne manque jamais d'affirmer la place privilégiée de l'homme dans la nature. Un manuel des années 1930 déclare ainsi : « On peut affirmer qu'entre l'homme le plus sauvage et le singe le plus élevé, il existe un abîme infranchissable ! » Dès lors, l'animal, qu'il soit utile

ou nuisible, doit être maîtrisé. On l'aura compris, l'enseignement des sciences naturelles est proche d'un enseignement professionnel. Mais il est porteur également de toute une idéologie concernant la place de l'homme dans la nature, voire celle de l'homme blanc sur la planète !

La technique triomphante

L'après-Seconde Guerre mondiale marque une première rupture : les instructions officielles ne font plus que rarement référence à la classification des animaux en utiles ou nuisibles. Les produits chimiques permettent alors de combattre les insectes, toujours perçus comme un fléau, notamment comme propagateurs de maladies. L'homme n'a pratiquement plus de grands prédateurs sauvages (quasi-disparition du loup et de l'ours en France). Les conquêtes coloniales sont terminées et, avec elles, tout l'exotisme animalier autour des « mangeurs d'hommes ». Enfin, c'est la période où l'urbanisation des populations et l'industrialisation imposent une vision moins rurale du contenu des programmes. Les références à la ferme et à l'agriculture se font plus rares.

Après 1970, on n'utilise pratiquement plus les qualificatifs d'« utile » et de « nuisible » donnés aux animaux. On fait même son *mea culpa* en déclarant que ces « croyances sans fondement ont, dans le passé, conduit à la raréfaction de certaines espèces ». Le concept de sciences naturelles basé sur l'animal s'efface au profit de la biologie. Les animaux sont étudiés à travers leurs comportements (se nourrir, se déplacer, se reproduire, etc.). L'inconvénient, c'est que l'animal se banalise. On oublie qu'il existe encore des animaux sauvages. Fini les animaux nuisibles, féroces, stupides. On ne les juge plus mais on apprend à connaître leurs modes d'existence, de déplacement et de reproduction. La finalité première est dès lors « l'acquisition d'un savoir scientifique » pour former un citoyen autonome, efficace et communiquant.

L'année 1970 marque également un tournant dans la maîtrise de la lutte contre les insectes, avec une production exponentielle de produits phytosanitaires. L'homme peut alors se croire tout puissant et capable de réaliser son rêve de maîtriser la nature. Pourtant, dans l'euphorie des innovations technologiques, on oublie que la lutte contre les insectes est loin d'être achevée. La victoire de l'homme n'est jamais totalement acquise. On découvre seulement le revers de la médaille en matière d'utilisation des pesticides, et la pollution généralisée de la planète qui va en résulter.

Depuis les années 1990, il y a de nouveau un sensible changement de cap dans l'enseignement des sciences naturelles et de la biologie. L'environnement et le monde vivant prennent le relais : nous sommes à l'heure de l'écologie moderne. On étudie l'animal et l'homme en tant qu'êtres vivants ayant des relations entre eux et avec le milieu où ils vivent. Dans ce contexte, l'animal a définitivement acquis toute sa dignité d'être vivant. Les notions d'utile

Destruction puis réhabilitation des rapaces

Dans les années 1950, la destruction des rapaces s'est généralisée sur le territoire français. On estime que plus de 100 000 rapaces ont été abattus chaque année. La disparition de certaines espèces telles que le faucon pèlerin semblait inéluctable. À cela s'est ajoutée la contamination des oiseaux par des pesticides contenus dans leur nourriture. Pourtant, depuis les années 1970, de nombreuses initiatives individuelles ou collectives ont permis d'inverser cette tendance. Aujourd'hui, les populations de rapaces se portent bien – une raison de penser que rien n'est jamais définitif et que la vie a des ressorts insoupçonnés.

et d'inutile ainsi que les qualificatifs péjoratifs ont disparu du discours scolaire. Mais pas nécessairement des esprits !

L'animal fait partie de l'histoire de l'humanité. Il a été tour à tour pourchassé et détruit, consommé, domestiqué, adulé, vénéré, rejeté, ou encore maudit et excommunié par l'Église. Les animaux, qu'ils soient utiles ou nuisibles, ont toujours été de précieux auxiliaires pédagogiques, à la fois comme modèles à suivre ou à refuser. La lecture des manuels scolaires de sciences ou d'histoire naturelle du siècle dernier nous éclaire ainsi sur le souci de la société de transmettre un savoir, certes scientifique, mais avant tout pratique. Il s'agit d'apprendre à connaître le milieu dans lequel on vit. Un milieu encore hostile, ce qui justifiait les notions d'animaux utiles ou nuisibles. Mais, au-delà de leurs missions classiques, les sciences naturelles ont été l'outil indispensable à l'éducation du futur citoyen : leçons de civisme, de morale, apprentissage de la connaissance des autres, des métiers, respect du travail, etc. Monsieur de La Fontaine ne l'avait pas oublié : le règne animal offre bien des comportements que l'homme imagine être proches des siens.

Toujours nuisibles mais...

Quand l'homme était désarmé par rapport à la nature, il a divisé les animaux en bons et en méchants, en utiles et en nuisibles. Une fois qu'il s'est cru maître du jeu, il s'est attaché à mieux les connaître, un moyen d'ailleurs de mieux se connaître lui-même. Et maintenant, il est enclin à leur accorder des sentiments et des droits. Ce qui ne l'empêche pas de continuer à les sélectionner, les manipuler, les faire souffrir pour satisfaire ses plaisirs, son alimentation carnée, ou en faire des animaux familiers, thérapie de nos solitudes ou de nos besoins affectifs.

Si la notion de nuisible a disparu des manuels scolaires, elle n'en reste pas moins bien présente dans le monde rural. Il suffit pour s'en persuader d'aller consulter les arrêtés préfectoraux fixant chaque année la liste des animaux nuisibles du département et les modalités d'action (voir le tableau 7). Ces arrêtés exposent les raisons pour lesquelles certaines espèces sont considérées comme « nuisibles » en certains endroits. Il est intéressant d'observer que

Le droit de chasse... un acquis de la Révolution ?

Les cahiers de doléance rédigés lors de la Révolution illustrent les attentes du monde rural par rapport au gibier et aux nuisibles. Les seigneurs possédaient un droit de chasse exclusif, mais aussi le droit de posséder des réserves, c'est-à-dire des colombiers, des garennes, des étangs. Jusqu'à la Révolution, les paysans n'avaient pas le droit de chasser (ni d'ailleurs de posséder des armes à feu, ni même un chien) et subissaient les dégâts causés par le gibier, sans autre moyen d'action que de l'effrayer quand il pénétrait sur leurs terres. Bien sûr, le braconnage avec pièges et collets sévissait... Les animaux le plus souvent mis en cause étaient les lapins et les pigeons considérés comme les prédateurs les plus redoutables des récoltes. Mais aussi les faisans et les perdrix, tout ce gibier étant assimilé à des nuisibles qu'il faut détruire sur le sol dont on a la charge. Sans compter les dégâts occasionnés par les chasseurs eux-mêmes, et les gardes-chasses qui faisaient l'objet de critiques virulentes.

Dans la nuit du 4 août 1789, les droits de garenne et de colombier sont abolis, et les droits seigneuriaux exclusifs de chasse disparaissent. Désormais tout propriétaire a le droit de chasser, notamment pour détruire toute espèce de gibiers qui endommage les cultures. Cette liberté encore relative de la chasse passe pour une grande conquête de la Révolution. On comprend que le droit de chasse ait marqué la culture du monde rural. On comprend moins que cette culture soit revendiquée par des « Tartarins » urbains.

Tableau 7. Liste des espèces classées nuisibles dans le département de Loire-Atlantique en 2006 (arrêté préfectoral).

Espèce	Motivation (principales nuisances)
Oiseaux	
Corbeaux freu, corneille noire	Bâches d'ensilage perforées (maïs, herbe) : risques sanitaires
Pie bavarde	Prélèvement d'œufs, bâches d'ensilage perforées
Étourneau	Consommation de raisin (vigne) et de nourriture de bovins Souillure des tas d'ensilage et des auges
Mammifères	
Ragondin, rat musqué	Dégâts aux cultures (maïs) Vecteurs de maladies contagieuses Vecteurs de maladies parasitaires du bétail Menace à la sécurité des ouvrages, berges et digues des cours d'eau, plans d'eau, canaux d'irrigation
Renard	Destruction de roselières servant d'abri à de nombreuses autres espèces Élevages de plein air : agneaux, porcelets Élevages de gibier (volières) Élevages de volailles (parcs...)
Fouine	Poussins, œufs Dégâts dans les volières
Putois	Élevages de plein air : petit gibier, canards Lapin de garenne Amphibiens protégés (anoures)
Vison d'Amérique	Occupe les biotopes du vison d'Europe (espèce protégée menacée d'extinction)

le lapin de garenne est reconnu comme nuisible dans certaines régions (le Haut-Rhin), alors que dans d'autres (l'Allier) on chasse le putois sous prétexte de « prévenir les dégâts causés aux activités de réimplantation des lapins de garenne ». Certaines logiques échappent au citoyen... On pourrait consulter aussi les procès intentés à ces arrêtés par des ONG, avec des succès divers.

Biodiversité et maladies infectieuses : la longue histoire de nos pathogènes

Tous les organismes vivants hébergent ou sont attaqués par des parasites et des pathogènes. On ne peut aborder la question de la biodiversité en faisant l'impasse sur cette question fondamentale. D'autant que les maladies transmissibles, infectieuses et parasitaires, touchent chaque année plusieurs centaines de millions d'êtres humains et sont responsables d'un tiers des mortalités selon l'Organisation mondiale de la santé. L'émergence de maladies nouvelles et la réémergence de maladies que l'on croyait contrôlées constituent à l'heure actuelle l'un des principaux sujets de préoccupation en matière de santé publique. Ces questions relèvent typiquement de la dynamique de la biodiversité. On a longtemps ignoré cette filiation. Mais depuis quelques années on commence à s'y intéresser. Un changement d'attitude diversement apprécié nous obligeant à porter un double regard sur la diversité biologique. On ne peut plus tenir un discours monolithique sur la conservation de la biodiversité. Qui oserait parler d'une société de protection du ver solitaire ? Et comment gérer cette biodiversité « négative » dans l'ensemble de la biodiversité ?

Tableau 8. Maladies liées à l'eau. Morbidité (nombre de personnes infectées) et mortalité annuelles (Who, <http://www.worldwaterday.org/2001/disease/index.html>).

Maladie	Morbidité estimée	Mortalité estimée	Relations avec l'eau douce
Choléra	140 000	5 000	Eau et nourriture contaminées par les excréments humains
Dengue	50-100 millions		Transmises par les moustiques
Dengue hémorragique	500 000		<i>Aedes</i>
Diarrhées	4 milliards	2,2 millions	Eau contaminée par les excréments humains
Dracunculose	96 000		Eau contaminée
Paludisme	300-500 millions	1 million	Transmis par les moustiques <i>Anopheles</i>
Onchocercose	18 millions		Transmise par une simule
Gales	300 millions		Manque d'hygiène de base
Bilharziose	200 millions		Transmise par des mollusques aquatiques
Trachome	6 millions d'aveugles		Manque d'hygiène de base
Fièvres typhoïde et paratyphoïde	17 millions		Eau contaminée

La vie sur Terre serait peut-être plus belle sans l'existence de parasites et de maladies infectieuses. Mais les hasards de l'évolution ont créé des organismes qui ne peuvent se développer qu'en profitant lâchement des autres, voire en les tuant. L'homme, fruit de l'évolution, héberge comme tous les autres organismes vivants de nombreux parasites. Sans compter les nombreux microbes et virus qui ne manquent pas de nous coloniser, au point qu'il peut y avoir des échanges de pathogènes entre l'homme et certaines espèces qui lui sont proches. En effet, la plupart des maladies émergentes humaines proviennent de zoonoses, c'est-à-dire du passage naturel de pathogènes de l'animal à l'homme. En d'autres termes, bactéries, virus et parasites sont capables de transgresser la barrière des espèces. Les opportunités se sont multipliées au cours des dernières décennies dans un contexte où l'homme modifie profondément son environnement : urbanisation rapide, occupation de nouvelles terres agricoles, commerce croissant de viandes et d'animaux, nombreux mouvements de population, etc.

Réduire les maladies infectieuses dues à l'environnement... Une question de volonté politique ?

Les enfants des zones rurales pauvres des pays en développement paient un lourd tribut aux maladies infectieuses. Une partie de ces problèmes de santé pourrait se résoudre facilement car la plupart de ces maladies résultent simplement d'une mauvaise gestion de l'environnement et des populations naturelles de vecteurs de maladies infectieuses. Il existe des moyens simples pour lutter contre les maladies diarrhéiques, en filtrant l'eau qui doit être consommée. Et les moustiquaires protègent efficacement contre le paludisme. Ce ne sont pas des solutions de haute technologie et elles pourraient être mises en œuvre à l'échelle planétaire avec un budget dérisoire par rapport à celui des dépenses militaires. Ce n'est pourtant pas le cas. Qui plus est, on continue de promouvoir des projets de développement, générateurs de maladies parasitaires (périmètres irrigués, lacs de barrages) sans pour autant y associer des opérations de santé publique. C'est trop cher ?

Cette situation nous rappelle simplement que les maladies parasitaires et infectieuses s'adaptent au changement. De fait, les zoonoses constituent un aspect méconnu de la mondialisation. Selon les spécialistes, le risque de voir se développer des épidémies va s'accroître dans les décennies à venir. La récente épidémie de Sras (syndrome respiratoire aigu sévère) et les inquiétudes concernant la grippe aviaire sont une illustration de ces nouveaux défis qui mobilisent les spécialistes de la santé publique, mais aussi les vétérinaires et les biologistes. Et le changement climatique va probablement rebattre les cartes, avec des surprises en perspective. Évitions néanmoins de sombrer dans le catastrophisme. Dans l'Union européenne, nombre de ces maladies infectieuses sont sous contrôle. Mais la menace de voir apparaître de nouvelles maladies est réelle, notamment dans les pays tropicaux où la diversité des pathogènes est bien plus grande.

De grandes périodes de transition dans l'histoire de l'humanité

De tous temps, les maladies infectieuses (peste, choléra, tuberculose, variole, diphtérie, grippe, etc.) ont représenté la première cause de mortalité sur la planète. Durant la courte histoire de l'humanité, on distingue quelques périodes de transition marquées par de profonds bouleversements dans la nature des maladies infectieuses. On l'ignore souvent, mais elles ont parfois orienté le cours de l'histoire.

Le terme « épidémie » concerne l'apparition d'un grand nombre de cas d'une maladie infectieuse et transmissible dans une région relativement circonscrite ; la pandémie concerne quant à elle une zone géographique très étendue. L'endémie est limitée dans l'espace mais pas dans le temps.

Les populations modernes d'*Homo sapiens*, des chasseurs-cueilleurs, quittèrent l'Afrique il y a 80 000 ans par petits groupes. Elles ont colonisé des milieux plus secs et plus froids (Europe, Asie) où l'environnement parasitaire était moins important qu'en Afrique. En outre, on a de bonnes raisons de penser que le mode de vie nomade limitait fortement le nombre d'endémies potentielles. Selon certaines hypothèses, cette période, durant laquelle la pression des maladies était relativement faible, aurait facilité la croissance de la population humaine et sa dispersion rapide à travers le globe.

Une première grande transition en matière de maladies infectieuses a eu lieu il y a environ 10 000 ans. L'homme commençait à se sédentariser, à vivre dans des villages de plus en plus grands, à domestiquer les animaux. Cette nouvelle forme de vie a impliqué une certaine promiscuité avec les animaux domestiques, favorisant le passage de nombreuses souches de bactéries et de virus des animaux vers les hommes. Ainsi, les hommes du Néolithique ont souffert de graves maladies infectieuses d'origine animale (zoonoses) comme la variole, la diphtérie, la peste, les salmonelloses, la lèpre, la tuberculose, dont on retrouve des équivalents microbiens chez les bovins, les ovins et les équidés. C'est le cas aussi pour la rougeole dont le virus est parent de la maladie de Carré chez le chien et la grippe transmise par les volailles et les porcs. Une autre conséquence a été l'augmentation de maladies transmises par les parasites, soit en consommant de la viande d'animaux domestiques (taenia du porc par exemple) soit par l'intermédiaire de parasites externes d'animaux (puces, poux, etc.). Cette situation perdure de nos jours avec les 6 milliards d'êtres humains vivant en groupes de plus en plus compacts. Ces maladies infectieuses ont été probablement la plus importante cause de mortalité parmi les premières sociétés urbaines jusqu'au XIX^e siècle, époque à laquelle l'hygiénisme s'est développé.

La seconde période de grande transition se situe il y a 2 500 et 1 000 ans. Elle est marquée par la mise en contact de populations et de maladies qui avaient, jusque-là, coévolué plus ou moins indépendamment en Europe, en Asie et en Afrique du Nord. Ces contacts résultaient à la fois des échanges commerciaux et des guerres d'expansion favorisant le transfert des microbes – par exemple, le choléra aurait décimé en 323 av. J.-C. les troupes d'Alexandre le Grand au Pakistan. Et certaines maladies épidémiques « bibliques » provenant d'Égypte ont gagné la Grèce classique. La ville d'Athènes a connu en 430 av. J.-C. une terrifiante épidémie qui a affaibli durablement son pouvoir. Elle est souvent attribuée à la peste, mais il s'agit probablement du typhus. Au cours du II^e siècle après J.-C. la variole a envahi l'Empire romain avec les troupes revenant de Syrie. À partir de 165, une épidémie de variole (la peste antonine) frappe Rome et se répand dans une grande partie de l'empire, laissant de nombreuses régions dépeuplées.

La grande faucheuse : la peste bubonique

La peste n'est jamais devenue spécifique à l'homme, mais ce dernier peut être un hôte épisodique de la bactérie *Yersinia pestis*. Elle est liée à la présence de rongeurs (rats noirs) et de puces capables d'attaquer le rat et l'homme. Les concentrations humaines favorisent son expansion. La première grande épidémie de peste bubonique connue avec certitude dans le Bassin méditerranéen est celle de Constantinople en 542 (peste de Justinien). Certains historiens ont mentionné plus de 10 000 morts par jour. Cette épidémie pourrait avoir joué un rôle décisif dans l'histoire de l'Europe en mettant un terme aux efforts de Justinien pour rétablir l'Empire romain. La peste bubonique se répandit dans l'Empire romain et le monde musulman au cours des VI^e et VII^e siècles, ainsi qu'en Chine et au Japon. Une autre pandémie de peste bubonique, la peste noire, arriva en Europe au XIV^e siècle en provenance de la Mer noire, via les caravanes et les armées de l'Empire mongol. Entre 1347 et 1350, elle décima 30 à 40 % de la population européenne, et probablement près de la moitié de la population chinoise, soit près de 50 millions d'individus. L'épidémie finit par s'éteindre en 1351, mais il y eut d'autres épidémies plus localisées au cours des siècles suivants. On retiendra celles de 1720 en France (la peste de Marseille) et de celle de 1771 à Moscou. Il est difficile d'expliquer la diminution de la virulence de la maladie qui n'est certainement pas due à une amélioration des conditions de vie de la population durant cette période. Il est probable que les hommes ont développé une certaine forme d'adaptation, de « vaccination » à la maladie. En 1894, la dernière grande épidémie de peste est partie de Hongkong et de Canton et s'est répandue à travers le monde via les navires marchands ; elle a tué 13 millions de personnes en Inde. La peste sévit toujours de manière endémique en Afrique et dans différentes régions du monde. Au Pérou, elle a fait plusieurs dizaines de morts au début des années 1990.

La recherche a montré que le bacille de la peste serait issu d'une bactérie intestinale peu virulente, *Yersinia pseudotuberculosis*. Elle serait devenue virulente après avoir été infestée par un virus bactériophage il y a environ 7 500 ans.

La troisième période de transition a débuté il y a environ 500 ans. Des maladies transportées par les conquérants européens furent introduites dans le Nouveau Monde : variole, rougeole, influenza et typhus tuèrent environ 90 % des populations amérindiennes au XVI^e siècle. Pour compenser ces pertes de main-d'œuvre, on importa des esclaves africains... qui apportèrent avec eux de nouvelles maladies dès le XVII^e siècle. Les Européens quant à eux ont été exposés à de nouvelles maladies tropicales (fièvre jaune, trypanosomiase) en commerçant sur les côtes africaines. Sans oublier le choléra, introduit par les troupes indiennes incorporées par les Anglais et par les Russes et qui frappa l'Europe dès

1817-1823. On a compté sept pandémies de choléra, dont la seconde (1826-1837) a laissé le souvenir de cette « peur bleue » (masque cyanosé de cholérique) et des millions de morts.

Les deux dernières périodes sont caractérisées par la mise en contact de civilisations plus ou moins isolées auparavant et l'expansion des maladies infectieuses à travers le monde. Leur virulence s'est atténuée au XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, mais l'humanité est en train de vivre une quatrième transition épidémiologique. De nouvelles maladies infectieuses apparaissent, qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires (maladies émergentes) : le VIH (sida), la fièvre hémorragique Ébola, la fièvre de Lassa, la fièvre de Marburg – une nouvelle forme de grippe d'origine animale –, la légionellose et une variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob. D'anciennes pathologies ressurgissent (maladies réémergentes). Les causes ? Les scientifiques pointent du doigt les modifications écologiques dues à la déforestation ou à l'urbanisation, ainsi que le réchauffement climatique. En modifiant son environnement, l'homme peut s'exposer à de nouveaux pathogènes, à un moment où ceux-ci sont aptes à l'agresser. Car nous sommes en permanence immergés dans un monde microbien potentiellement agressif. Grâce à une immunité acquise par coévolution des hommes et des microbes, la cohabitation est possible. Il y a parfois néanmoins des failles dans le système immunitaire humain. Dans les années 1950, l'âge d'or des médicaments et des pesticides, on a cru possible d'éradiquer les maladies dues aux microbes, sans trop s'inquiéter des premiers signes de résistance aux traitements. Depuis, les phénomènes de résistance microbiens sont devenus patents, faisant disparaître les espoirs d'éliminer définitivement les maladies infectieuses. Les épidémies sont plus que jamais d'actualité, et la peur d'une pandémie refait surface avec la grippe aviaire.

Hôtes/parasites : des systèmes plus complexes qu'on ne pensait

Les mécanismes de transmission des maladies infectieuses offrent de magnifiques exemples en matière de biodiversité fonctionnelle. Ils mettent en jeu trois types d'acteurs : un vecteur, un agent pathogène et un hôte. Dans ce ménage à trois, chacun des acteurs réagit en permanence aux modifications de son environnement.

Pendant longtemps, on a décrit de manière très simplifiée les maladies à vecteur en faisant intervenir un hôte définitif (l'homme), un ou deux hôtes intermédiaires (insectes, crustacés, mollusques, etc.) et un parasite. On s'est aperçu depuis que ces maladies parasitaires constituaient en réalité des systèmes beaucoup plus complexes et dynamiques qu'on ne pensait. Car la coévolution est toujours à l'œuvre : on a affaire à des systèmes en perpétuel changement, dans lesquels chacun des acteurs essaie de s'adapter aux défenses développées par les autres, avec des réactions en cascade des uns par rapport aux autres. Entrent ainsi en jeu :

- la répartition, l'abondance, le comportement, la dynamique, la structure génétique des populations d'organismes vecteurs ;
- la répartition, l'abondance, le comportement, la dynamique des populations des vertébrés qui jouent le rôle de réservoirs, et/ou de disséminateurs du parasite, qu'il s'agisse d'animaux sauvages ou domestiques, ou de l'homme ;
- l'agent infectieux lui-même, du fait des processus de mutation et de la sélection génétique de populations qui pourront s'avérer plus ou moins virulentes (par exemple le virus de la grippe).

Cette complexité explique en partie l'échec relatif des programmes d'éradication de ces maladies. De fait, l'émergence récente d'agents pathogènes nous rappelle que les maladies

infectieuses et parasitaires ne disparaissent pas entièrement, mais qu'elles se modifient en s'adaptant aux pressions de leur environnement.

Se diversifier pour mieux assurer la transmission : moustiques et paludisme

Le cas du paludisme est exemplaire. Cette maladie, endémique dans plus de 100 pays situés en zones tropicale et sub-tropicale, concerne 2,5 milliards d'individus. Avec 300 à 500 millions de cas détectés chaque année dans le monde et environ 1 million de décès dont plus de la moitié chez les enfants, le paludisme est l'une des maladies les plus meurtrières de la planète. L'agent causal est un protozoaire, le *Plasmodium* – dont plusieurs espèces sont pathogènes pour l'homme –, transmis par des moustiques du genre *Anopheles*. Plusieurs espèces du genre *Plasmodium* sont pathogènes pour l'homme. Dans les années 1940, des insecticides et des médicaments antipaludéens, efficaces et bon marché, ont été mis au point. On pensait alors juguler rapidement cette endémie qui devint une priorité pour l'OMS lors de sa fondation en 1948. Après une période encourageante grâce à l'utilisation du DDT, force fut de constater que ce produit avait non seulement des effets sérieux sur l'environnement, mais que certaines populations de moustiques développaient des résistances aux insecticides.

Il en résulte qu'à l'heure actuelle le paludisme demeure l'une des grandes endémies. La lutte est certes contrariée par plusieurs facteurs, dont la désorganisation des systèmes de santé dans certains pays en développement, le coût des traitements, les difficultés rencontrées dans la lutte contre les moustiques vecteurs de la maladie, etc. Mais une difficulté majeure réside dans la variété et la complexité des systèmes de transmission de la maladie.

Complexité des vecteurs d'abord. Ainsi, en Afrique, cinq espèces d'anophèles sont des vecteurs efficaces : *Anopheles gambiae*, *A. arabiensis*, *A. funestus*, *A. nili* et *A. moucheti*. Mais pour chacune de ces espèces, il existe aussi une grande variabilité intraspécifique. Ainsi, *A. gambiae*, le vecteur principal du paludisme, a d'abord été considéré comme une espèce. On sait maintenant qu'il s'agit en réalité d'un complexe d'au moins 7 espèces jumelles. Cette complexité résulte probablement de la capacité de cette espèce à s'adapter rapidement à des environnements qui évoluent, et notamment aux habitats créés par l'homme.

En bref, plusieurs vecteurs sont susceptibles de transmettre le paludisme au même endroit, parfois simultanément, parfois à des saisons différentes. On comprend ainsi les difficultés rencontrées pour contrôler ce parasite car les espèces, ou « formes », n'ayant pas toutes les mêmes caractéristiques biologiques et écologiques, les méthodes de lutte doivent être diversifiées en conséquence. La complexité réside également dans la variabilité génétique du parasite, *Plasmodium falciparum*. Il est capable, en outre, de développer des résistances aux médicaments antipaludéens, ce qui rend la tâche encore plus difficile et impose une recherche permanente de nouveaux médicaments efficaces.

Des situations comparables quant à la diversité génétique des vecteurs existent pour d'autres endémies parasitaires. Ainsi dans le cas de l'onchocercose humaine, il existe plusieurs espèces d'insectes vecteurs de la maladie (le complexe *Simulium damnosum*), ainsi que différentes souches du ver parasite ayant des pathogénicités différentes.

L'insaisissable virus de la grippe

Les « gripes » sont des zoonoses affectant de nombreuses espèces animales parmi lesquelles les chevaux, les porcs et de nombreuses espèces d'oiseaux. La grippe est également l'une des maladies humaines les plus fréquentes en Europe. Son existence et son caractère épidémique étaient déjà mentionnés dans un texte d'Hippocrate trois siècles

avant J.-C. À partir du ^{xvi}^e siècle, sur la base des archives disponibles, on a identifié en moyenne trois grandes épidémies ou pandémies sérieuses de grippe humaine chaque siècle.

Le vaste genre des *Influenzavirus* comprend des virus responsables de la grippe humaine « classique », et de nombreux autres affectant un grand nombre d'oiseaux ainsi que les porcs et d'autres mammifères. Certains de ces virus ont une tendance à muter fréquemment et peuvent s'adapter à un nouvel hôte avec une pathogénicité spécifique, ce qui explique que toute épizootie grippale est considérée maintenant comme une menace potentielle pour l'homme.

On ne sait pas quand le virus est apparu chez l'homme, mais on peut expliquer l'origine et les causes de la réémergence périodique des pandémies de grippe. En effet, le virus A de la grippe a la capacité d'évoluer sans cesse, soit par mutation, soit par un phénomène appelé « cassure ». Celui-ci est caractérisé par des changements radicaux des protéines antigéniques du virus de telle sorte que l'on se trouve en présence d'un nouveau virus. Les populations humaines ne sont pas immunisées contre ce dernier car les vaccins protègent seulement contre les souches connues. Il peut en résulter des pandémies dramatiques comme celle de la grippe dite « espagnole » qui a sévi entre 1918 et 1919 et a tué entre 20 et 40 millions de personnes, plus que la Première Guerre mondiale. Ce fut probablement l'une des plus grandes catastrophes naturelles ayant frappé l'humanité. Depuis, on a connu la grippe asiatique en 1957 et la grippe de Hong Kong en 1968. Cette dernière épidémie a pu être jugulée rapidement en abattant toutes les volailles de Hong Kong (poulets, canards, oies), qui constituaient le foyer initial.

Le virus de la grippe espagnole reconstitué à partir de fragments préservés dans des tissus de soldats morts de cette maladie, est une souche d'influenza aviaire H1N1 fortement pathogène ayant muté et s'étant adaptée à l'homme. Ce précédent explique les craintes qu'inspire aujourd'hui le virus de la grippe aviaire si un tel type de mutation se produisait à nouveau. De fait, le virus H5N1 appartient à la catégorie des virus hautement pathogènes qui affectent de nombreuses espèces d'oiseaux, mais aussi des mammifères. Le virus a été repéré pour la première fois en 1997, lors d'une épidémie à Hong Kong qui a alors causé la mort de six personnes. Il est réapparu fin 2003, provoquant d'abord des épizooties chez les volailles dans plusieurs pays d'Asie, suivies des premiers cas humains.

Les réservoirs animaux jouent un rôle important dans l'apparition de nouveaux variants de la grippe chez l'homme. Les oiseaux sont vraisemblablement l'hôte principal des virus de la grippe. Les pandémies de grippe prennent souvent naissance en Extrême-Orient, où la population humaine très dense vit en contact étroit avec les animaux, comme dans les élevages mixtes de porc et de volailles (canards, poulets, dindes). Ces animaux sont contaminés par des oiseaux sauvages migrateurs (canards, sternes, puffins, etc.), et les porcs sont infectés par les virus aviaires. Chez le porc contaminé par un virus, des réassortiments génétiques peuvent apparaître et conduire à l'émergence de nouveaux agents pathogènes. Ils peuvent alors s'adapter à l'homme et se répandre dans la population. C'est ainsi que serait apparu le virus de la grippe espagnole. On peut craindre que des processus similaires puissent se reproduire assez facilement. Une nouvelle pandémie peut surgir n'importe quand avec la même virulence que la grippe espagnole.

On a longtemps pensé que ces virus n'infectaient pas l'homme directement, mais que le porc servait d'intermédiaire entre l'homme et l'oiseau. Depuis, on a émis de nouvelles hypothèses. Ce que l'on craint maintenant, c'est la possibilité de mutation ou de recombinaison du virus. Car si deux virus grippaux infectent simultanément le même hôte, ils peuvent s'échanger des éléments génétiques et donner naissance à un nouveau virus

recombiné susceptible d'avoir une virulence accrue. Cette recombinaison peut se produire chez le porc, infecté à la fois par des virus aviaires et humains, ou chez un homme infecté simultanément par le virus de la grippe et le virus aviaire. Un nouveau virus adapté à l'homme et transmissible d'homme à homme pourrait alors apparaître. Jusqu'à présent, l'infection de l'homme par le H5N1 relève de cas isolés dus à des contacts étroits avec des oiseaux malades. Il n'y aura d'épidémie que si le virus s'adapte à l'homme. Cette menace est néanmoins prise très au sérieux !

Les ravages des tiques

Les tiques sont de petits acariens parasites existant sous toutes les latitudes qui se fixent dans la peau des mammifères. On en parle peu, mais ce sont des vecteurs de maladies tout aussi redoutables que les insectes. Elles se nourrissent du sang de leur victime et « vampirisent » les animaux sauvages et domestiques. Rien que dans l'hémisphère Sud, on dénombre 870 espèces porteuses de pathologies pour les hommes ou les animaux. Ces maladies déciment les troupeaux et causent des pertes économiques considérables dans les pays du Sud. Chez l'homme, les tiques transmettent des encéphalites et des fièvres hémorragiques (arboviroses, borrélioses). En Europe, nos amis les chiens sont particulièrement vulnérables lorsqu'ils se promènent dans les hautes herbes. Ils peuvent être infestés et contracter des piroplasmoses qui tuent chaque année de nombreux animaux.

Les pathogènes font de la résistance

Les organismes vecteurs ou pathogènes sont loin d'être démunis face à l'important arsenal de moyens chimiques et thérapeutiques que l'homme a développé à leur rencontre. Dans cette fameuse « course aux armements », les capacités d'adaptation des organismes sont importantes. On peut les illustrer par deux grands types de phénomènes : le développement de la résistance aux pesticides chez les insectes vecteurs de maladies parasitaires, et celui de la résistance aux antibiotiques chez les bactéries.

Résister aux pesticides

L'apparition de résistances aux produits chimiques utilisés dans la lutte contre les organismes indésirables (vecteurs de maladies, ravageurs de cultures, etc.) est un phénomène de plus en plus courant touchant tous les embranchements des êtres vivants, des bactéries aux eucaryotes les plus évolués. Un phénomène qui a des conséquences importantes en médecine vétérinaire (traitement antiparasitaire du bétail), en agriculture (protection des végétaux) et en santé humaine (traitement contre les vecteurs de maladies et contre les « nuisances »).

L'apparition de résistances aux insecticides est tout simplement la manifestation du processus darwinien d'adaptation à de nouvelles conditions environnementales. L'évolution de cette résistance dépend de plusieurs facteurs :

- les mutations spontanées à l'origine de l'apparition de nouveaux allèles, dont des allèles responsables de la résistance, chez des gènes existants ;
- la sélection qui trie les gènes les mieux adaptés à l'environnement. En présence d'insecticides, les gènes de résistance sont sélectionnés et, peu à peu, leur fréquence augmente ;
- la migration qui permet à ces nouveaux gènes de se disperser hors de leur zone géographique d'origine.

Les conséquences en matière d'environnement sont d'une part la tentation du surdosage pour pallier les effets de la résistance et/ou l'utilisation de nouvelles molécules produites par l'industrie chimique.

Résister aux antibiotiques

Les antibiotiques sont des substances chimiques naturelles produites par certains micro-organismes (champignons, bactéries du sol). Ils ont la propriété, à faible concentration, de détruire ou d'inhiber la croissance d'autres micro-organismes. Le premier antibiotique (la célèbre pénicilline) a été découvert en 1928 par Alexander Fleming et introduit en thérapeutique en 1941. Les antibiotiques ont permis notamment de contrôler pendant plusieurs dizaines d'années les bactéries pathogènes responsables des grandes épidémies.

Les premiers succès ont fait croire qu'il serait possible de maîtriser l'ensemble des maladies infectieuses. On ne savait pas encore que l'utilisation des antibiotiques aurait comme corollaire quasi inéluctable l'apparition des résistances bactériennes. Dans certains cas, une mutation intervient sur le chromosome bactérien ; dans d'autres cas, la bactérie acquiert une information génétique provenant d'une autre bactérie déjà résistante qui lui permet de détruire ou de neutraliser l'antibiotique. Car les bactéries s'échangent facilement des informations génétiques. Ceci explique la rapidité avec laquelle le phénomène de résistance peut se disséminer au sein du monde bactérien.

Toujours est-il que l'émergence de bactéries résistantes aux antibiotiques est un phénomène inquiétant sur le plan de la santé publique. Lorsqu'en 1941 on a commencé à utiliser de la pénicilline, moins de 1% des souches de *Staphylococcus aureus* – le fameux staphylocoque doré – étaient résistantes à cet antibiotique. En 1994, 90% des souches de ce même micro-organisme sont devenues résistantes à la pénicilline. Depuis quelques années, plusieurs espèces bactériennes sont devenues résistantes aux quelque 200 antibiotiques mis au point depuis 60 ans. Un problème qui va en s'amplifiant, au point que l'OMS s'inquiète de ce phénomène croissant de pharmacorésistance risquant d'entraîner une érosion des progrès accomplis par la médecine au cours des dernières décennies. L'Institut Pasteur indique en effet qu'aucune nouvelle classe d'antibiotiques n'a été découverte depuis 20 ans, d'où la crainte d'une perte rapide d'efficacité des médicaments actuels.

On connaît l'une des causes de cette situation : une trop grande utilisation des antibiotiques augmentant la probabilité de voir se développer des résistances chez les micro-organismes. Dans les pays riches, les médicaments sont souvent prescrits sans que le malade en ait vraiment besoin. En outre, la moitié des antibiotiques servirait à traiter les animaux malades, à promouvoir la croissance du bétail et de la volaille ou à débarrasser les cultures d'organismes nuisibles. Nous utilisons ainsi trop d'antibiotiques, de telle sorte que la pression de sélection sur nos bactéries pathogènes est plus forte, favorisant l'émergence de souches résistantes. Un autre exemple qui illustre ce phénomène est celui des infections nosocomiales acquises dans les hôpitaux. Ces derniers offrent des conditions propices au développement de la résistance aux antibiotiques : prescription élevée d'antibiotiques qui favorise l'émergence de bactéries résistantes ; concentration de population favorisant la dissémination rapide des souches résistantes. Sans compter que plus la résistance est élevée et plus on prescrit d'antibiotiques ; la spirale infernale de la résistance en quelque sorte. Cette situation oblige à développer de nouveaux antibiotiques afin d'éviter de se trouver démunis devant une infection grave. Un nouvel antibiotique produit par la bactérie *Streptomyces platensis* est à l'étude et paraît prometteur. Ce serait une bouffée d'air, pendant un certain temps, pour les malades.

Les maladies émergentes et réémergentes

Les infections virales et bactériennes ont longtemps constitué la principale cause de mortalité humaine. Avec les progrès de l'hygiène et le développement des vaccinations, ces facteurs de mortalité ont régressé de manière considérable. On pouvait espérer les contrôler de manière plus efficace. Force est de constater qu'il n'en est rien, et que la tendance s'est même inversée depuis une dizaine d'années.

Des maladies anciennes réapparaissent. C'est le cas du paludisme, de la tuberculose, de la fièvre jaune, du choléra. L'apparition de formes résistantes aux traitements thérapeutiques, liée à la progression de l'urbanisation, a ainsi favorisé le retour de la tuberculose. Selon l'OMS, un tiers de la population mondiale serait infecté, et la maladie aurait tué 1,7 millions de personnes en 2004. Mais en plus des maladies infectieuses et parasitaires anciennes qui restent une cause de mortalité non négligeable, des affections nouvelles, appelées « maladies émergentes », apparaissent, qui font de très nombreuses victimes partout dans le monde. Une trentaine d'entre elles ont été identifiées depuis le début des années 1970. On peut citer l'hépatite C dont le virus, identifié en 1989, provoque des dizaines de milliers de morts chaque année. Mais c'est le cas aussi des fièvres virales hémorragiques d'Amérique du Sud (fièvre d'Argentine, fièvre du Venezuela), d'Afrique (fièvre de Lassa), et d'Asie (fièvre de Corée). Ou encore de pathologies associées à des germes jamais décrits comme la polyarthrite de la maladie de Lyme, la fièvre hémorragique de Marburg, ou le sida.

Le sida : de nouvelles transmissions sont possibles

Le sida (syndrome d'immuno-déficience acquise), apparu dans les années 1980, touche actuellement 60 millions de personnes dont les deux tiers vivent en Afrique sub-saharienne. C'est un exemple de maladie émergente due au passage chez l'homme d'un virus qui vit naturellement chez des primates. Les deux types majeurs de virus, HIV-1 et HIV-2, ont respectivement pour origine le chimpanzé en Afrique centrale et le Mangabey en Afrique de l'Ouest. L'épidémie par le HIV-1 est largement répandue dans le monde alors que celle due au HIV-2 est restée endémique à l'Afrique de l'Ouest. Les voies de transmission possibles à l'homme ont été la préparation de la viande de chasse ou d'éventuelles morsures.

Des recherches menées sur des singes des forêts camerounaises ont montré que de très nombreuses espèces de singes (plus d'une trentaine) sont porteuses du virus, et que ce virus est par ailleurs très diversifié chez les primates sauvages. Autrement dit, il existe un risque potentiel mais réel pour de nouvelles transmissions de virus HIV, différents de ceux déjà identifiés, chez les hommes qui manipulent la viande de chasse ou qui possèdent des singes domestiques.

Beaucoup de maladies émergentes sont dues à des pathogènes présents de longue date dans l'environnement, introduits récemment chez l'homme à partir d'une autre espèce et à la suite de changements dans l'environnement ou dans le comportement, qui créent des conditions écologiques ou pathologiques nouvelles. Un exemple de maladie émergente est la nouvelle variante de la maladie de Creutzfeldt-Jacob, décrite pour la première fois au Royaume-Uni en 1996. Son agent est considéré comme identique à celui de l'encéphalopathie spongiforme bovine qui a fait son apparition dans le courant des années 1980 et a frappé des milliers de bovins en Europe.

Les maladies émergentes sont au centre de l'actualité. En réalité, il semble que l'humanité soit entrée dans une transition épidémiologique majeure, marquée par la multiplication à la fois des risques locaux et globaux. Quelles sont les causes de cette situation ? Déjà, on

Tableau 9. Quelques exemples de maladies émergentes/ré-émergentes.

Virus	Symptômes	Répartition	Transmission	Hôtes naturels	Causes de l'émergence
Fièvre jaune	Fièvre	Afr, Amér. Sud	Moustiques	Primates	Barrages, eaux stagnantes, urbanisation favorisant la prolifération des moustiques
Dengue	Fièvre avec ou sans hémorragie	Afr, Asie	Moustiques	Hommes/singes	Idem
Fièvre de la vallée du Rift	Fièvre avec ou sans hémorragie	Afr.	Moustiques	Ongulés	Idem
Fièvre de Lassa	Fièvre hémorragique	Afr. occidentale	Contact excréments rongeurs	Rongeurs	Contacts avec des rongeurs
Ébola	Fièvre hémorragique	Afr.	Manipulation animaux porteurs du virus	Chauve-souris ?	Consommation viande de primates
Grippe	Fièvre, céphalées	Mondiale	Voie aérienne	Oiseaux sauvages ou domestiques, porc	Contacts hommes oiseaux
Hantaan	Fièvre hémorragique	Asie, Eur, É-U	Rongeurs	Rongeurs	Contact dans les rizières avec rongeurs
HIV	Sida	Mondiale	Contacts avec viande de singe	Singes	Transmission sexuelle, sang
Maladie de Lyme	Arthrite inflammatoire	Hémisphère Nord	Tiques	Petits mammifères, ongulés	

identifie mieux les micro-organismes responsables des maladies infectieuses connues depuis longtemps. Ensuite, de nouvelles maladies apparaissent suite au bouleversement de nos écosystèmes et de nos comportements. Plus on voyage et plus on intensifie les échanges intercontinentaux – et les pathogènes se répandent ainsi que les organismes vecteurs. Plus on bouleverse les chaînes alimentaires naturelles, et plus on augmente la probabilité de voir surgir des agents pathogènes non conventionnels comme le prion. Là où l'on exploite de nouveaux territoires, on augmente la probabilité de nouveaux contacts entre les hommes et des nouveaux réservoirs de virus (insectes, rongeurs, primates), ce qui accroît les risques d'infestation. Les modifications de l'environnement résultant des activités humaines sont également à l'origine de l'apparition et du développement de nombreuses maladies : extension des périmètres irrigués et mise en eau de barrages favorisant la prolifération de vecteurs de maladies dépendants de l'eau, comme les moustiques. Il faut ajouter également les modifications du climat qui doivent agir en synergie.

L'exemple de la maladie de Lyme montre comment certaines maladies peuvent se propager suite à des modifications de nos modes de vie et de nos comportements vis-à-vis des animaux. L'agent pathogène est une bactérie nommée *Borrelia burgdorferi*. Dans le nord-est des États-Unis, la progression de cette affection est due à la prolifération des cervidés qui ne sont plus chassés. Ces derniers viennent brouter à proximité des maisons possédant de grands jardins sans barrière et, par la même occasion, amènent les tiques porteuses de la bactérie, qui piquent volontiers l'homme, ou les animaux domestiques. Il

en résulte une augmentation spectaculaire de cette maladie infectieuse dans les régions exposées. L'homme est finalement bien mal récompensé de la protection accordée au gros gibier ! En France, cette maladie existe également mais pourrait suivre une autre voie. Jean-Louis Chapuis a pu montrer qu'une espèce introduite, l'écureuil de Corée (tamia de Sibérie), est un porteur sain de la maladie. Ces petits animaux achetés pour amuser les enfants et relâchés parce qu'ils deviennent encombrants ont proliféré dans de nombreuses forêts européennes. Ils transportent aussi les tiques qui transmettent la maladie à l'homme. Néanmoins, la forêt doit héberger également des gros mammifères (chevreuils, cerfs ou sangliers) pour que la maladie puisse accomplir son cycle.

Le réservoir « sauvage » : un danger à long terme ?

Il n'y a pas que sous les tropiques que de nombreuses maladies circulent au sein d'espèces sauvages. En France, le réservoir de la grippe aviaire est constitué par les oiseaux sauvages aquatiques ; celui de la maladie de Lyme par différents petits mammifères, des sangliers, des chevreuils ; celui de l'échinococcose alvéolaire par les renards. La douve du foie est diffusée par le ragondin ; la rage par les renards et les chauves-souris. Les rats sont porteurs de la peste. Quant aux maladies des animaux domestiques, citons la brucellose porcine et la peste porcine qui infestent les sangliers, la tuberculose qui affecte les cervidés. Mais la liste serait longue. Ainsi, il existe un conflit potentiel entre la préservation de certaines espèces et la santé de l'homme ou de ses animaux domestiques. On a détruit des renards pour contenir la rage. Mais les populations de sangliers et de cervidés ont fortement augmenté au cours des dernières décennies. Le réchauffement climatique pourrait faciliter l'apparition d'autres maladies impliquant des populations d'espèces sauvages comme réservoirs en favorisant le développement d'arthropodes vecteurs.

On a également signalé de nombreux cas de maladies émergentes chez les animaux sauvages. Les causes sont diverses :

- le passage de pathogènes d'animaux domestiques à des espèces sauvages vivant à proximité. On peut citer parmi d'autres le passage du *Morbillivirus* canin (maladie de Carré) au lion, qui a provoqué de très fortes mortalités en 1991 dans le parc du Serengeti en Tanzanie ;
- le passage de plus en plus fréquemment observé de pathogènes d'une espèce sauvage à une autre. Des mortalités massives ont ainsi été constatées récemment chez des animaux marins tels que les mammifères et les coraux. Les épidémies sont plus fréquentes et de nouvelles maladies apparaissent. L'origine de la plupart de ces maladies s'expliquerait par le passage d'un pathogène à un nouvel hôte et non pas par l'apparition de nouveaux pathogènes. Il est probable que les changements climatiques et les activités humaines ont mis en contact des hôtes avec des pathogènes auxquels ils n'avaient pas été exposés jusque-là ;
- mieux encore, il semblerait que l'homme lui-même transmette des pathogènes aux espèces animales. Ainsi une population de gorilles du Nord Congo aurait été exterminée par le virus Ébola, et des singes du continent sud-américain auraient été infestés par le *Plasmodium*, agent de la malaria.

En définitive, comment un virus peut-il émerger et provoquer une maladie jusqu'alors non identifiée chez l'homme ? D'une part, en raison de la rapidité de leurs cycles de vie, les virus ont la capacité de s'adapter très vite aux changements de l'environnement par rapport aux hommes et autres animaux à durées de vie plus longues. D'autre part, à la faveur d'une transformation de l'environnement (déforestation par exemple), nous entrons en contact

Recrudescence des maladies émergentes transmises par les rongeurs

Les occasions d'interactions entre les humains et les populations de rongeurs sont nombreuses et constantes, tant en milieu urbain, qu'en milieu agricole ou forestier. Or un grand nombre de pathogènes concernent aussi bien les hommes que les rongeurs qui sont des « réservoirs naturels » de virus transmissibles à l'homme. Ils abritent en particulier des *Hantavirus* et des *Arenavirus* responsables respectivement de maladies respiratoires et de fièvres hémorragiques graves. Les rongeurs infectés qui ne présentent pas de symptômes apparents excrètent les virus en permanence dans leurs déjections. La contamination peut se faire par contact direct avec le réservoir ou ses excréments, ou par ingestion d'aliments souillés. Chaque espèce, à la fois réservoir et vecteur, héberge un virus particulier, de telle sorte qu'il existe de nombreuses pathologies humaines identifiées jusqu'ici – et d'autres restent à découvrir. Il semblerait que des rongeurs ont été infestés par l'ancêtre des *Arenavirus* il y a 40 millions d'années ; il y aurait eu ensuite coévolution entre les souches de virus et leur hôte au fur et à mesure de la diversification des espèces de rongeurs, aboutissant à cette grande diversité de virus actuellement observée. Comme le rappellent l'épidémiologiste Jean-Paul Gonzales *et al.* (2000), la coévolution des rongeurs et des *Arenavirus* est un exemple d'efficacité de la biodiversité à s'imposer dans la nature par la variété d'associations entre espèces et des niches écologiques qu'elles peuvent coloniser.

En Afrique de l'Ouest, plusieurs espèces de rats sont impliquées dans la transmission de l'*Arenavirus* responsable de la fièvre de Lassa, fièvre hémorragique foudroyante proche de la fièvre Ebola. En Amérique du Sud, plusieurs espèces de rongeurs servent d'hôtes à des virus de la famille des *Arenavirus* responsables des fièvres du Venezuela, du Brésil, de l'Argentine, de la Bolivie. En Amérique du Nord, la souche Sin Nombre d'*Hantavirus* est véhiculée par la souris à pattes blanches. Les hommes s'infectent par l'inhalation d'excréta (urine et fèces) de rongeurs contaminés.

Les risques inhérents aux interactions hommes/rongeurs augmentent parallèlement à la densité des rongeurs, à la diversité des espèces et à la proximité des humains. La création d'habitats nouveaux peut favoriser la pullulation de certaines espèces de rongeurs, augmentant les risques de contact. De même, l'homme peut, par son comportement, développer des activités comme le déboisement qui le mettent en contact permanent avec certaines espèces de rongeurs qu'il n'avait pas beaucoup d'occasions de rencontrer jusque-là. Sans oublier le fait que la disparition de prédateurs chassés par l'homme favorise la pullulation des rongeurs. Dans la nature, tout se tient...

avec des virus existant depuis longtemps dans l'environnement. Les rongeurs servent souvent de réservoirs animaux aux virus, la création de barrages favorise la pullulation des moustiques, vecteurs de nombreux pathogènes... Sans oublier que l'intensification des échanges intercontinentaux facilite le transfert de ces maladies et de leurs vecteurs à travers le monde.

Les microbes apprécient nos nouveaux modes de vie

Les modes de vie ont changé. Nous utilisons de nouvelles technologies pour notre vie courante, notre alimentation et notre confort. Les micro-organismes n'ont pas laissé échapper ces nouvelles opportunités. L'homme peut ainsi entrer en contact avec des pathogènes auxquels il n'était pas exposé jusque-là.

Légionelloses et circuits de refroidissement

Un cas célèbre est celui des légionelloses. À la suite d'une réunion des membres de l'American Legion en 1976, de nombreux anciens combattants contractèrent une pneumonie accompagnée de fortes fièvres, dont certains succombèrent. On isola le coupable : une

bactérie en forme de bâtonnet qui recevra le nom de *Legionella pneumophila*. On identifia également le responsable : la climatisation de l'hôtel qui avait projeté des bactéries sur les congressistes. Depuis, de nombreux cas ont été signalés un peu partout dans le monde.

Le diagnostic de la maladie du légionnaire, mortelle dans 15 à 20 % des cas, est difficile. Le genre *Legionella* comprend plusieurs dizaines d'espèces et de nombreux groupes sérologiques ont été identifiés. Dans 85 % des infections humaines il s'agit de *L. pneumophila* du sérotype 1, mais dans 5 % des cas il s'agit d'autres sérotypes. Enfin, 10 % des infections sont dues à d'autres espèces du genre *Legionella* que l'on trouve à l'état naturel dans les eaux douces et les sols.

Les sources de contamination les plus fréquentes sont les réseaux d'eau chaude (douches, jacuzzi, saunas, jets d'eau décoratifs), les climatiseurs et les tours de refroidissement du secteur tertiaire. La seule voie d'exposition pour l'homme se fait par inhalation des bactéries qui contaminent le nuage de vapeur d'eau émis par ces installations. La bactérie est d'autant plus dangereuse qu'elle infecte des sujets faibles : immunodéprimés, diabétiques, alcooliques, etc. Il y a eu en France environ 1000 cas déclarés en 2003. On compte entre 8 000 et 18 000 cas par an aux États-Unis. Fin 2003-début 2004, la région de Lens a été frappée par une épidémie de légionellose : 86 cas dont 17 personnes décédées. Elle était due à la tour aérofrigorifère de l'usine pétrochimique Noroxo. Les hôpitaux ne sont pas non plus à l'abri de tels événements : en décembre 2000, l'épidémie de légionellose du tout nouvel hôpital Georges-Pompidou a défrayé la chronique (quatre personnes décédées). Ce n'est pas le seul concerné par cette maladie nosocomiale.

Les aliments contaminés

Dans le domaine alimentaire, des changements de comportement ont également suscité l'apparition de nouvelles pathologies, ou du moins le retour de maladies rares mais connues depuis longtemps. Ces maladies transmises par les aliments ont diverses origines :

- les modifications des micro-organismes conduisant à l'évolution vers de nouveaux germes pathogènes ou au développement de nouvelles souches virulentes d'anciens germes pathogènes ;
- la population humaine est plus sensible qu'autrefois car il y a plus de personnes dont le système immunitaire est affaibli en raison du vieillissement ou de maladies. En outre, en vivant dans des conditions relativement aseptiques, nous sommes moins immunisés naturellement que nos ancêtres ;
- l'augmentation des voyages et des migrations ;
- les modifications du mode de vie : restauration de type industriel et restauration rapide. L'éducation sur la salubrité des aliments n'a pas suivi le développement des services de restauration.

Ainsi, l'incidence des épidémies de salmonelloses s'est accrue depuis 20 ans en Europe et en Amérique du Nord où le sérotype *enteritidis* de *Salmonella* est devenu la souche prédominante. Cette infection est liée en grande partie à la consommation d'œufs contaminés. Le sérotype découvert en 1982 de la « bactérie des hamburgers », *Escherichia coli* O157, s'est rapidement répandu, causant des centaines de milliers d'infections à travers le monde (diarrhées sanglantes et insuffisance rénale).

Les listérioses découlent le plus souvent de la consommation de fromages ou de viandes transformées (langue et rillettes de porc par exemple) ayant subi une conservation prolongée en chambre froide. Le genre *Listeria* regroupe plusieurs espèces de bactéries, dont l'espèce *Listeria monocytogenes* responsable de la listériose humaine. Cette dernière peut se multiplier en présence ou non d'oxygène, et à basse température, tout en étant

Les prions

En mars 1996, le gouvernement britannique annonce plusieurs cas d'une nouvelle variante de la maladie de Creutzfeld-Jakob. Ils seraient dus au passage à l'homme de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB). L'agent infectieux est rapidement identifié : un prion (*protein infection*), une mystérieuse protéine cellulaire, ni virus, ni bactérie ; le prion pathogène est un prion muté qui s'attaque au système nerveux central. La nature du prion fait toujours l'objet de discussions, de même que la question des mécanismes qui lui permettent de franchir la barrière des espèces reste entière.

D'autres points obscurs persistent. Le nombre de cas humains est resté faible malgré des prévisions catastrophistes. Ou bien l'agent responsable de la maladie ne se transmet qu'exceptionnellement de la vache à l'homme ou bien, lorsqu'il est transmis à l'homme, celui-ci ne développe que très rarement la maladie. Certains vont même jusqu'à contester la pathogénicité du prion.

relativement résistante au sel, au dessèchement et à la congélation. Les *Listeria* peuvent ainsi survivre, voire se multiplier, dans les ateliers agroalimentaires et dans les réfrigérateurs. La transmission se fait essentiellement par les aliments contaminés. La contamination des aliments peut survenir tout au long de la filière agroalimentaire : les produits à base de lait cru, certaines charcuteries (rillettes, lardons, pâtés), les poissons fumés et les coquillages crus sont plus favorables que d'autres à la multiplication des *Listeria*. La contamination ne modifie ni l'aspect ni le goût, de sorte que la mise en évidence de *Listeria* repose sur des techniques microbiologiques relativement coûteuses.

La listériose est une maladie infectieuse grave, mais rare puisque l'incidence des cas cliniques chez l'homme est actuellement entre 200 et 300 par an en France. Elle affecte surtout certaines catégories de personnes sensibles ou à risques telles les femmes enceintes et les personnes de tous âges présentant une déficience immunitaire.

Allergies et rhumes des foins

L'allergie est une réaction d'hypersensibilité du système immunitaire à des substances spécifiques telles que pollens, poussières, moisissures. Elles n'entraînent chez la plupart des individus aucun symptôme, mais chez le sujet prédisposé génétiquement elles provoquent des troubles tels que rhume des foins (éternuements, yeux larmoyants), asthme, rhinite, urticaire et même des incidents graves comme le choc dit « anaphylactique » après une piqûre de guêpe ou d'abeille. Les pollens, organes de reproduction des plantes, et la poussière des maisons constituent les allergènes responsables de la très grande majorité des manifestations cliniques d'allergie.

La fréquence des maladies allergiques (asthme, rhume des foins, allergie digestive) a beaucoup augmenté au cours des dernières décennies dans les pays développés. Elles seraient au 6^e rang des grandes maladies dans le monde d'après l'OMS. On s'est interrogé sur l'origine de ce phénomène : l'interprétation la plus souvent retenue est que, dans les pays où l'hygiène est très grande, le système immunologique n'est plus soumis aux mêmes stimulations qu'autrefois. En effet, il existe une compétition antigénique : les réponses immunitaires contre les agents infectieux diminuent l'intensité des réponses dirigées contre les allergènes et les auto-antigènes. Les agents infectieux étant mieux contrôlés, il en résulte une plus grande sensibilité aux allergènes.

Tableau 10. Les pollens et le risque allergique (d'après le site de l'Agence méditerranéenne de l'environnement (http://www.ame-lr.org/publications/sante/paysage_pollens). * faible ; ** moyen ; *** fort.

Taxons	Potentiel allergisant
Ambroisie	***
Bouleau	***
Graminées	***
Cyprès	***
Aulne	**
Frêne	**
Charme	**
Chêne	**
Pariétaire	**
Peuplier	**
Platane	**
Saule	**
Tilleul	**
Olivier	**
Chataîgnier	*
Sureau	*
Hêtre	*
Thuya	*

Le pollen est, chez les plantes, l'homologue du spermatozoïde chez les animaux. C'est une microspore produite par les étamines, renfermant le gamétophyte mâle. Leur taille est très petite (de 20 à 200 μm) et ils sont facilement dispersés dans l'environnement par les vents. Les espaces verts sontensemencés avec des graminées, (phléole, dactyle, houlque laineuse...). Elles laissent échapper, au printemps, des millions de grains de pollen transportés par le vent, parfois à très longue distance. Inhalés par des sujets sensibles, ils entraînent des troubles respiratoires (comme le fameux rhume des foins).

D'autres pollens d'arbres ou de plantes peuvent être responsables de réactions allergiques (tableau 10). C'est le cas par exemple de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*), encore appelée « herbe de la Saint-Jean » ou « herbe à poux » par les Canadiens, une plante de la famille des Composées. Originaires d'Amérique du Nord, elle a été introduite en France où elle prolifère notamment dans la vallée du Rhône près des terrains vagues, des friches et des autoroutes. Aux É-U, sa floraison (le *ragweed*) constitue la grande « saison pollinique » qui frappe chaque année 15 % de la population américaine. En France, les fleurs émettent du pollen entre les mois d'août et d'octobre, avec un pic en septembre. Ce pollen est responsable de réactions allergiques graves : rhinites, conjonctivites, asthme, urticaire, eczéma, etc. Il existe d'ailleurs de véritables calendriers polliniques, en Europe comme en Amérique, renseignant régulièrement les patients sur l'intensité journalière et/ou hebdomadaire de la pollinisation régionale.

Environ 30 % des personnes allergiques aux pollens le deviennent également à certains fruits. Ce phénomène est dû à des ressemblances de structure entre les allergènes et certaines substances produisant des réactions identiques. Ainsi, un fort pourcentage de personnes souffrant d'asthme et de rhinoconjonctivites lorsqu'elles sont exposées aux pollens de bouleau, d'aulne ou de noisetier sont sensibilisées à la pomme, la pêche et/ou à la noisette.

La poussière de maison est également à l'origine de nombreux cas d'allergie. On sait que les responsables sont de petits animaux microscopiques, les acariens, que l'on trouve dans

Allergique aux poils de chat ?

Vous aimez les chats mais leurs poils provoquent une crise d'asthme chez vous ? Pas de problème : une firme californienne possède en rayon des chats hypoallergiques obtenus par sélection, dont les poils ne contiennent pas la protéine responsable des réactions allergiques. Juste pour quelques milliers de dollars et au moins un an de délai...

les matelas, mais aussi dans les tapis et moquettes. Leur prolifération est favorisée par un certain nombre de facteurs environnants : la chaleur (température de plus de 25 °C), l'humidité (degré hygrométrique de 60 à 80 %) et les facteurs géographiques. Ils sont très rares dans les régions de haute altitude.

Attention danger : les armes biologiques

En théorie, il n'y a rien en biologie qui ne soit transposable sur le plan militaire. Les informations scientifiques circulent librement pour la plupart ou ne sont pas très protégées, de telle sorte qu'elles sont facilement accessibles. On peut rendre pathogène une bactérie inoffensive bien connue comme *Escherichia coli*, ou modifier des bactéries pathogènes pour les rendre insensibles aux antibiotiques. On peut aussi introduire un virus « silencieux » dans le génome d'une population donnée. Il pourrait être réveillé ultérieurement par un signal chimique. L'exploitation par certains États des progrès de la biologie moléculaire pour créer de nouvelles armes de guerre n'est plus du domaine de l'imaginaire, même si l'évaluation de la menace bioterroriste n'est pas une chose facile. L'Irak, sous Saddam Hussein, avait admis avoir produit, testé et stocké des armes biologiques en grand nombre : toxine botulique, anthrax sporulé, aflatoxine et divers virus.

Dans le cadre du plan Biotox, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé a établi des recommandations thérapeutiques pour les personnes exposées à un agent infectieux. On distingue deux groupes d'agents qui pourraient être utilisés par les bioterroristes. Le premier groupe rassemble les agents de maladies infectieuses et des micro-organismes pathogènes (peste, charbon, brucellose, variole, agents de fièvres hémorragiques, etc.). Le second groupe concerne les toxines (toxine botulique, toxine diphtérique, entérotoxines B du staphylocoque, etc.).

Le bioterrorisme n'est pas un fait nouveau. Qu'on se souvienne du rôle joué par les poisons d'origine animale ou végétale dans l'histoire de l'humanité ! On raconte également qu'au Moyen Âge, des troupes assiégeant une ville auraient envoyé des vêtements appartenant à des pestiférés par-dessus les murailles, à l'aide de catapultes...

Le virus de la variole est une arme potentiellement redoutable : on ne dispose d'aucun médicament efficace contre cet agent hautement contagieux qui se transmet par voie respiratoire et cutanée. Or la vaccination antivariolique a été abandonnée, la maladie ayant été considérée comme éradiquée en 1979. Des stocks de virus de la variole sont conservés dans des sites officiels mais des cas accidentels d'infection ont montré que ce virus avait conservé toute sa dangerosité.

Les toxines botuliques sont considérées comme les plus puissants poisons actuellement connus. Sans aucun traitement disponible. On peut redouter l'introduction de la toxine dans les circuits d'eau potable des grandes cités, ou celle de bactéries productrices de toxine dans certains aliments préparés de manière artisanale ou industrielle.

De nombreux spécialistes craignent une forme de bioterrorisme dont l'objectif serait de déstabiliser la production agricole. En outre, *Bacillus thuringiensis*, largement utilisé par les firmes de biotechnologies pour lutter contre les ravageurs des cultures, est un proche cousin de *Bacillus anthracis*, l'agent de la maladie du charbon...

Dans le cadre de la lutte contre la drogue, les États-Unis tentent de faire accepter l'utilisation de la version génétiquement modifiée d'un champignon (*Fusarium oxysporum*) pour détruire les plantations de coca en Colombie. Ils y ont renoncé jusqu'ici sous la pression des mouvements écologistes. Jusqu'à quand ?

La menace du bioterrorisme n'est pas de la science-fiction. Bien qu'on en parle peu, certains États déploient des moyens importants pour prévenir des attaques potentielles, mais aussi pour mettre au point (au cas où !) des armes biologiques... Les risques supposés des OGM sont bien dérisoires par rapport à ceux qui pourraient résulter d'une « guerre biologique ». Mais les citoyens ne se sentent pas aussi concernés...



Courrier de l'environnement de l'Inra n° 36

L'homme créateur de biodiversité

Si la terre de France est si rapiécée, c'est qu'elle a beaucoup servi.

JEAN GIRAUDOUX

La science décrit la nature, la poésie la peint et l'embellit.

GEORGE-LOUIS LECLERC, COMTE DE BUFFON

L'érosion de la biodiversité résulte des activités humaines, tel est le dogme établi. Sans aucun doute, l'homme mène certaines espèces à l'extinction et détruit divers écosystèmes – nous l'avons vu pour la pêche et pour les forêts. Cet aspect a été largement développé dans la littérature consacrée à la biodiversité, souvent sur un ton catastrophiste. Or l'impact de l'homme sur la biodiversité ne peut être abordé dans un esprit purement manichéen. Ce serait occulter le fait que l'homme n'est pas seulement une espèce nuisible. Il est capable également d'avoir une action « positive » dans son rapport à la biodiversité.

De fait, l'homme interagit avec son environnement depuis longtemps. Pour en tirer profit, certes, mais un profit parfois bien raisonné qui prend en compte l'usage et la valorisation de la biodiversité. Nos paysages ruraux sont ainsi le fruit de cette activité, et beaucoup sont devenus des patrimoines ! Et la conservation de certaines espèces nécessite même l'intervention de l'homme. Et puis, de manière surprenante peut-être, des aménagements réalisés pour d'autres objectifs se sont révélés, à terme, tout à fait positifs pour la biodiversité. Le lac de Der, réservoir artificiel du bassin de la Seine, est ainsi devenu un haut lieu de nature très couru des ornithologues. Sans oublier que notre agriculture, pendant longtemps, a créé et diversifié des milliers de races et de variétés domestiques.

Depuis quelques temps, l'homme s'est mis en tête de réparer ses erreurs. La restauration des milieux dégradés est devenue un objectif pour les gestionnaires de l'espace. Cependant, on ne peut manquer de souligner un point : la capacité de la nature à se régénérer. Car la nature ne se débrouille pas si mal une fois qu'on lui laisse la bride sur le cou. Certes, ce n'est pas le meilleur exemple à donner, mais dans la « réserve de Tchernobyl », les loups sont revenus et les ongulés prolifèrent... Comme le rappelle Jean-Claude Génot (1998), « laissons à l'homme doté de "génie écologique" l'illusion de croire qu'il est capable de recréer la nature, tel un dieu des temps modernes. » Bien entendu, nous manquons d'expérience et notre démarche relève souvent de l'empirisme. Mais l'important n'est-il pas de participer ? Dans ce chapitre, essayons de voir comment l'homme peut contribuer actuellement à maintenir et à entretenir cette biodiversité ordinaire ou pas, qui constitue notre quotidien. Positons...

Les limites floues de la naturalité : le cas de la Camargue

De toute évidence, nous avons une vision biaisée de la nature. Par définition, un système naturel est un système peu ou pas touché par l'homme. Mais l'opposition « naturel » et « artificiel » n'est pas toujours pertinente dans l'analyse du rapport homme/nature. La

Camargue qui, pour tout un chacun, est un haut lieu de la nature en France, est un cas exemplaire à ce titre. Petite incursion sur ce territoire mythique.

La Camargue est fille du Rhône : elle est constituée par les alluvions arrachés aux bassins versants du fleuve qui se déposent à l'embouchure. Le fleuve a changé plusieurs fois de cours dans le passé. Il était fréquent qu'il sorte de son lit lors des crues hivernales pour emprunter un nouvel itinéraire vers la mer. Ce comportement ne posait pas de problèmes jusqu'à ce que les hommes se mettent en tête de développer l'agriculture dans ces régions riches en alluvions. Les premiers aménagements, des ouvrages de protection contre les crues dans le nord, datent du ^{xvi} siècle et devaient permettre d'habiter et de cultiver la Camargue sans craindre les débordements du Rhône. On s'aperçut assez vite que les endiguements ne permettaient plus aux eaux du fleuve de lessiver les sols : les terres devenaient de plus en plus salées – un phénomène classique dans les régions où l'évaporation excède les précipitations. On perça alors des canaux d'irrigation (les roubines) pour introduire l'eau du Rhône, de manière contrôlée cette fois, afin de lessiver et adoucir les terres de surface. Progressivement, en élaborant un puissant réseau d'irrigation et de drainage, les surfaces cultivables dans le nord de la Camargue furent augmentées.

L'histoire ne s'arrête pas là. Vers le milieu du ^{xix} siècle, la compagnie Pechiney avait des besoins importants en sel à usage industriel. Elle construisit des marais salants sur 30 000 ha de la basse Camargue, et créa la cité industrielle de Salin de Giraud. En matière de gestion hydraulique, il s'agissait cette fois d'introduire de l'eau salée. Vers le milieu du ^{xix} siècle, des inondations catastrophiques conduisirent à la construction des digues du Rhône et de la digue à la mer. La Camargue, ainsi devenue un champ clos complètement artificialisé, faisait l'objet d'un équilibre permanent et conflictuel entre l'agriculture et l'industrie du sel, entre l'eau douce et l'eau de mer introduites artificiellement l'une et l'autre par des stations de pompage.

Après la Seconde Guerre mondiale, la riziculture prit une ampleur considérable, jusqu'à occuper 15 000 ha en 1964, ce qui imposait de moderniser et de densifier le réseau d'irrigation et de drainage afin de répondre à la demande en eau. Le Vaccarès ne suffisait plus à absorber les eaux de drainage, et des stations de pompage furent installées pour rejeter l'eau d'irrigation dans le Rhône. Le déclin rizicole de 1964 à 1980 a coïncidé avec le développement extraordinaire du tourisme et des loisirs. Les touristes furent attirés par ces 30 km de plages vierges de toute construction, l'image mythologie de Far West européen véhiculée par l'élevage des taureaux et des chevaux, et celle de nature que donne la réserve nationale. Enfin, des propriétaires bénéficiant du réseau d'irrigation mis en place pour la riziculture mirent en eau leurs marais pendant les mois d'été pour attirer la sauvagine et louer leurs terres à des sociétés de chasse.

Ainsi, les aménagements hydrauliques édifiés dans le but de produire du sel et des denrées agricoles ont largement contribué à la mise en place des milieux humides camarguais, et en quelque sorte à la production de nature. Ce delta de 80 000 ha sillonné de digues, de canaux d'irrigation et de drainage, terre agricole et terre de salins, est maintenant un haut lieu de la nature pour la majorité de nos concitoyens. Il héberge depuis 1927 une réserve nationale ; il a acquis en 1970 le statut de parc naturel régional auquel se sont ajoutées des réserves des collectivités territoriales ainsi que des terrains du Conservatoire du littoral. La Camargue est également un site Ramsar, une Réserve de la biosphère, un site Natura 2000. « La Camargue, delta du Rhône, est un haut lieu de nature, c'est actuellement le dernier grand espace naturel intact de toute la côte méditerranéenne » (parc naturel régional de Camargue, 1992). Le dernier grand espace naturel... une véritable consécration !

Qui dit mieux ! Ainsi que le faisait remarquer le sociologue Bernard Picon : « Depuis un siècle on présentait la Camargue comme un espace naturel mais l'on avait oublié que l'on était en réalité dans un polder. » Et il faut donc continuer à le gérer comme tel. Car si la conservation de la nature joue aujourd'hui un rôle majeur dans la gestion du territoire camarguais, les autres activités agricoles et industrielles sont indispensables au maintien de la diversité biologique du delta. Si des milliers de flamants roses trouvent en Camargue un milieu d'élection, c'est grâce aux pratiques agricoles et à l'industrie du sel. Si l'une de ces activités disparaît, qui assurera l'entretien des digues et la régulation du fonctionnement hydraulique ? La Camargue prendra alors un tout autre visage que celui qui attire de nos jours les amoureux de la nature.

Le marais poitevin aussi est une création des hommes...

Le marais poitevin est lui aussi un écosystème artificialisé. Il est né d'un patient travail de conquête sur la mer entamé par les moines au ^{VI}^e siècle. Progressivement, il a fallu s'organiser pour contenir le retour de l'océan et assurer le transit de l'eau dans le bassin versant, d'où les premiers endiguements et les canaux évacuateurs. Les travaux réalisés au ^{XIX}^e siècle sous l'égide de l'État avaient pour objectif de favoriser l'évacuation des eaux et d'atténuer l'effet des crues. Plus récemment, les travaux hydro-agricoles réalisés après la Seconde Guerre mondiale se sont traduits par des remembrements, le recalibrage des canaux et le drainage. Avec en perspective l'assèchement généralisé du marais et l'intensification de l'agriculture. Un coup dur pour la biodiversité. Dans ce contexte, le déclassement du parc naturel en 1997 ne fut donc pas une surprise. Il a provoqué une remise en question des acteurs locaux que d'aucuns espèrent salutaire pour l'avenir du marais.

Nature et paysages : la main créatrice de l'homme

La biodiversité n'existe pas que dans les aires protégées : elle est présente partout, y compris dans les endroits les plus inattendus. Que ce soit dans les grands fonds marins – dont on a longtemps prétendu qu'ils étaient dépourvus de vie, ou les talus de chemins de fer, constructions artificielles s'il en est, copieusement arrosées d'herbicides chaque année.

L'une des manifestations les plus évidentes de l'action de l'homme sur la biodiversité est la transformation des systèmes naturels en paysages de production tels que les espaces agricoles ou forestiers. Les agriculteurs ont en effet profondément modifié les paysages et les écosystèmes : déboisement, assèchement des zones humides, modification de l'hydrologie, anthropisation du paysage, etc. Ces paysages, le plus souvent hybrides, sont composés de vestiges des écosystèmes originaux et de systèmes complètement aménagés en fonction des pratiques agricoles et des cultures régionales. Le paysage est au géographe ce que l'écosystème est à l'écologiste...

La notion de paysage recouvre différentes réalités. Pour les géographes et les écologistes, le paysage est un espace physique hétérogène constitué d'une juxtaposition d'écosystèmes. L'écologie du paysage s'intéresse en particulier à la dynamique des interactions entre ces divers écosystèmes, à leur agencement dans l'espace, aux flux et aux échanges d'espèces, etc. Mais pour les non-spécialistes, le paysage est tout simplement ce que l'on voit lorsqu'on regarde son environnement. Il peut s'agir du regard du romantique ou de l'esthète, ou

de l'agriculteur ou du jardinier qui contemplent leur travail. La Convention européenne du paysage propose la définition suivante qui est une forme de compromis : « Le terme "paysage" est défini comme une zone ou un espace, tel que perçu par les habitants du lieu ou les visiteurs, dont l'aspect et le caractère résultent de l'action de facteurs naturels et/ou culturels (c'est-à-dire humains). » Cette définition renforce l'idée que le paysage constitue un tout dont les éléments naturels et culturels sont considérés simultanément. Ce qui est d'ailleurs reconnu dans le préambule de la Convention pour qui le paysage « représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe, contribuant à l'épanouissement des êtres humains et à la consolidation de l'identité européenne »

Dans les pays de vieille tradition agraire, que ce soit en Europe ou en Asie, l'agriculture et ses pratiques sont à l'origine d'un paysage construit, aménagé par l'homme dans le cadre de ses activités productives. Les paysages français n'ont plus grand-chose de naturel, chacun le sait. Ce que nous appelons « nature » est en réalité un environnement plus ou moins artificiel, combinaison d'éléments hérités du passé, façonnés par des siècles de pratiques visant à le rendre plus productif et/ou moins dangereux pour l'homme. L'agriculture, la lutte contre les inondations, l'industrie hydroélectrique, pour ne citer qu'eux, ont ainsi modifié durablement les écosystèmes terrestres et aquatiques. La nature, en métropole, est donc pour partie une production sociale.

Le paysage préféré des Français

Un concours photo organisé dans les années 1990 à l'occasion de l'exposition « Mon paysage, nos paysages » a clairement mis en évidence que le paysage est massivement identifié au paysage rural traditionnel. Il s'agit rarement de paysages sauvages, mais le plus souvent de nature aménagée, paisible et domestiquée. Les archétypes de ce paysage national sont le bocage et le paysage agropastoral de montagne. Les photos de champs cultivés ou de vignoble sont rares. Un autre thème important est l'architecture et la vie rurale traditionnelle, avec ses villages, ses moulins au bord de l'eau, ses églises de campagne. Un paysage patrimoine en quelque sorte. Le paysage urbain était le grand absent du concours : il n'a semble-t-il pas encore sa légitimité. Bref un attachement au paysage assez conservateur et passéiste.

Agriculteurs, éleveurs et paysages

La Révolution française a été une période de changements dans de nombreux domaines. Un grand nombre de paysans accédèrent à la propriété, et le paysage rural s'est profondément modifié. Les paysans propriétaires défrichèrent, plantèrent des haies, empierrèrent les cours d'eau. Le développement de l'élevage et l'introduction des plantes sarclées permirent de supprimer les jachères. Les landes cédèrent la place aux prairies. Chacune des régions agricoles a construit sa propre identité qui s'est progressivement reflétée dans la structure et l'organisation du paysage.

Parallèlement à ces évolutions sociales et techniques, les intellectuels développèrent une pensée paysagère un peu romantique. L'harmonie des paysages devait refléter la richesse créée par l'homme et l'harmonie sociale dans les campagnes. Et les voyageurs, ces touristes de l'époque, d'admirer la qualité des paysages – la France acquit même la réputation d'être le jardin de l'Europe –, paysages dont le modèle était pourtant copié sur les riches campagnes anglaises avec leurs bocages et qui ont fait le régal des peintres paysagistes du XVIII^e siècle. Ainsi se sont forgées des références esthétiques autour des paysages naturels

humanisés, qui accordent une grande place à la prairie, à l'arbre, ainsi qu'à l'animal domestique. Mais l'eau et la pierre y avaient aussi leur place. Ces modèles bucoliques continuent à influencer fortement notre conception actuelle du beau. La prairie, avec sa diversité des couleurs selon les saisons, offre un aspect reposant et naturel. L'arbre champêtre donne du volume au territoire et contribue à construire, par des formes typiques, l'identité paysagère de chaque région. L'animal quant à lui insuffle de la vie dans le paysage par sa présence, ses mouvements et la variété de ses races ; le paysage est habité, vivant, domestique. Oserais-je le dire, le paysan lui-même, avec son habitat « typique », constitue également, pour les voyageurs fortunés ou les citadins déracinés, un objet d'intérêt. Un peu à la manière des touristes avides de photos de populations indigènes vaquant dans leur cadre de vie. La pauvreté a souvent des airs d'authenticité...

En Europe, le paysage familier issu des usages agricoles est volontiers assimilé à un patrimoine. *A contrario*, les friches véhiculent une image d'échec, de retour à l'état de nature sauvage de terres domestiquées par des siècles de travail. Aujourd'hui, ces paysages remarquables sont un des moteurs de l'industrie touristique en France. Mais ils sont soumis à des dynamiques contradictoires. Dans certaines régions, la culture intensive conduit à l'agrandissement de la taille des parcelles et à la simplification des systèmes de production, banalisant le paysage. Dans d'autres régions, l'abandon des parcelles les moins riches suite à l'exode rural a favorisé le développement de la forêt, et dans une certaine mesure à la fermeture du paysage. Les politiques d'implantation comme celle de pins noirs et d'épicéas en zones de montagne ou de peupliers dans les bas-fonds participent elles aussi à une certaine banalisation. Sans compter que la déprise agricole a contribué également à faire disparaître des structures paysagères (chemins, murets, bergeries, etc.). Enfin, l'espace rural est fortement concurrencé par l'étalement urbain, la construction de grands équipements, l'implantation de centres commerciaux qui dégradent la qualité des paysages.

Touche pas à mes bocages

Le bocage est un de ces paysages construits auxquels les citoyens se sont attachés car chargés de valeurs. C'est vers la fin du Moyen Âge que l'on a construit les enclos (pierres, levées de terre, etc.) ou que l'on a planté des haies pour séparer des parcelles. Ce bocage s'est constitué en Bretagne, en Normandie, dans le nord de la France et de l'Allemagne, aux Pays-Bas et autour de la Baltique, ainsi qu'en Grande-Bretagne. Il est caractérisé par une fragmentation du paysage, un habitat dispersé et des cultures diversifiées. La haie plantée présente des avantages économiques et écologiques : elle fournit du bois, protège contre le vent, l'érosion, la sécheresse ; elle héberge en outre toute une communauté animale. L'enclos protège également les animaux domestiques et réduit les conflits de voisinage. Ces parcellaires adaptés à une agriculture paysanne sont le fruit d'une longue histoire agraire.

Les bocages sont des constructions humaines élaborées durant des siècles et perdurent en partie pour des raisons parfois différentes. Toutefois, après la Seconde Guerre mondiale, le développement de l'agriculture mécanisée et motorisée a été confronté à la petite taille des enclos : les haies, considérées comme des obstacles à la modernisation, ont fait l'objet de campagnes d'arrachage. C'est alors qu'a commencé une polémique – loin d'être close –, car l'arasement des talus et l'arrachage des haies ont provoqué une modification radicale des paysages perçus. On parle de 750 000 km linéaires de haies végétales arrachés en France, mais les chiffres varient d'un auteur à l'autre. Quoi qu'il en soit, il est incontestable que le bocage a fortement régressé et ses défenseurs ont largement reproché au remembrement d'être à l'origine de désordres écologiques et hydrologiques : accélération de l'érosion, inondations plus fréquentes. On ne peut nier que l'arasement favorise

l'écoulement brutal des eaux et que les bocages jouaient un rôle de tampon et d'écrêtage des crues. Il est vrai aussi que d'autres pratiques culturales, comme la transformation de prairies en terres arables, ou le drainage accompagnant les opérations de démembrement, l'extension des cultures de maïs avec la mise à nu pendant plusieurs mois des labours, ont peut-être une responsabilité plus grande dans les désordres observés.

On a donc encouragé la replantation de haies, avec des résultats mitigés. Car pour certains agriculteurs c'est un retour sur le passé : la destruction du bocage avait été vécue comme une manifestation du progrès.

Les introductions d'espèces, facteurs de diversification ?

Le discours actuel sur les introductions d'espèces tenu par les ONG et beaucoup de scientifiques est le plus souvent alarmiste. Les espèces introduites mettent en péril la biodiversité autochtone... Ainsi, après des siècles d'efforts pour acclimater en Europe et ailleurs des espèces venant d'autres continents, on considère maintenant que les introductions constituent de réels dangers pour la flore et la faune autochtones. Une volte-face qui se justifie parfois, mais qui correspond également à une position quelque peu intégriste. Car toutes les espèces introduites ne sont pas dangereuses, bien au contraire. Et si l'on met l'accent sur les conséquences économiques négatives des invasions biologiques, on a tendance à ignorer les avantages que nous avons pu tirer des introductions d'espèces, notamment en agriculture. D'autres, très nombreuses, n'ont pas d'effet connu, bénéfique ou négatif, sur l'environnement. Cependant, certaines espèces naturalisées ont trouvé des conditions écologiques particulièrement favorables au point de pulluler et d'envahir de nouveaux écosystèmes, naturels ou anthropisés. Ce sont les espèces invasives dont les effets peuvent se faire sentir dans divers domaines : dommages aux cultures, domination d'écosystèmes et élimination d'espèces indigènes, modification des processus écologiques, nuisance, etc.

On peut certes diaboliser les introductions d'espèces ; il n'en reste pas moins que depuis quelques siècles, avec la vague des grandes explorations, le volume des échanges intercontinentaux d'espèces s'est accru. Les anciennes barrières naturelles comme les océans ou les chaînes montagneuses limitant autrefois les possibilités de déplacements sont maintenant transgressées en permanence par les moyens de transport. Le résultat est une tendance, au niveau mondial, au mélange et à l'homogénéisation de flores et de faunes restées isolées géographiquement jusque-là.

Les échanges intercontinentaux d'espèces peuvent-ils être considérés comme une catastrophe comme on le lit parfois ? Cette question, face à laquelle la société entretient une attitude ambiguë, mérite une réflexion qui ne peut se limiter à la simple dénonciation des introductions. Le public n'en fait de toute façon pas une question d'environnement prioritaire, à quelques exceptions près – notamment lorsque ces espèces invasives sont une source de nuisance comme l'ambrosie. Les pouvoirs publics ne se donnent pas réellement les moyens d'appliquer les diverses réglementations existantes. D'ailleurs, est-il réellement possible de contrôler les flux migratoires ? Les scientifiques quant à eux ont des attitudes souvent partisans, comme refuser toute introduction sous le prétexte de protéger la biodiversité. Ils ne se donnent pas souvent les moyens de développer un discours scientifiquement construit. Ce discours doit prendre en compte les exigences de la conservation, celles du développement et la réalité du monde. Et cette réalité, aujourd'hui, est une intensification des transferts d'espèces, malgré les discours des experts.

Regards sur le passé

Tout d'abord, rappelons que l'un des principaux facteurs responsable de la diversification des espèces est l'isolement géographique. La spéciation par vicariance se produit lorsque deux populations d'une même espèce se retrouvent isolées, à la suite d'événements géologiques ou climatologiques par exemple. Elles évoluent alors d'une manière indépendante et donnent naissance, à terme, à de nouvelles espèces. C'est ainsi que se seraient formées la majorité des espèces que nous connaissons actuellement.

Mais pour bien comprendre la distribution actuelle de la diversité biologique à la surface du globe, il nous faut remonter dans le lointain passé de l'histoire de la vie. À l'échelle du globe et il y a plus de 200 millions d'années, les continents actuels étaient réunis en un continent unique, la Pangée. Elle possédait, du moins en théorie, une flore et une faune relativement homogène si l'on en croit les archives fossiles. La Pangée s'est fragmentée par la suite, et les différents continents se sont isolés peu à peu. Par exemple, l'ouverture de l'Atlantique Sud a commencé il y a quelque 120 millions d'années, séparant progressivement l'Amérique du Sud de l'Afrique. La faune et la flore de chacun de ces continents ont alors évolué séparément, certains groupes disparaissant, d'autres au contraire se diversifiant activement, en fonction des événements géologiques et climatiques du continent, et du hasard. À l'heure actuelle, la diversité biologique, si l'on se réfère aux seules espèces, est effectivement bien différente sur chacun des continents. Mais à des niveaux taxonomiques supérieurs (familles, ordres, etc.), on retrouve des similitudes entre les continents. Ainsi, il n'est pas rare qu'une même famille soit représentée sur différents continents par des espèces différentes bien entendu, mais présentant de fortes affinités.

Dans l'histoire géologique, les échanges floristiques et faunistiques entre les différents continents ont probablement été peu nombreux. Sauf lorsque des masses continentales sont entrées en contact. Ce fut le cas par exemple lorsque la plaque indienne est entrée en contact avec la plaque asiatique il y a environ 50 millions d'années – on retrouve des groupes de poissons communs à l'Afrique et à l'Asie sur le continent indien. Plus récemment, au Miocène (15 millions d'années), la collision de la plaque africaine avec l'Arabie a ouvert la voie aux échanges entre l'Afrique et l'Eurasie.

Une expérience en vraie grandeur a été la réunification de l'Amérique du Nord avec l'Amérique du sud après 50 millions d'années d'isolement, il y a environ 3 millions d'années – hier, pour les géologues. L'isthme de Panama ouvrait ainsi la voie à des échanges intercontinentaux. Et qu'arriva-t-il ? Poussées par un refroidissement du climat, les espèces nord-américaines migrèrent vers le sud. Elles se réfugièrent dans les forêts tropicales, entrant en compétition avec les espèces sud-américaines. Les archives fossiles nous relatent que l'affrontement a tourné en faveur des espèces nord-américaines. De nombreuses espèces sud-américaines ont disparu dans la compétition avec les migrants venus du nord. Ces derniers représentent maintenant plus de la moitié des mammifères sud-américains. Pourquoi ont-ils supplanté leurs homologues austraux ? On n'a pas de réponse à cette question.

On peut prévoir que dans plusieurs millions d'années, l'Australie entrera à son tour en collision avec l'Asie du Sud-Est. Si les marsupiaux ont survécu, ils entreront alors en concurrence avec les mammifères placentaires asiatiques. Il serait hasardeux de pronostiquer qui en sortira vainqueur.

Mais des échanges entre continents ont probablement existé de manière plus fortuite et épisodique. Des graines ou des pollens peuvent être transportés par le vent ou par flottage. Les naturalistes ont souvent invoqué l'existence de radeaux naturels pour expliquer que

Le héron garde-bœuf à la conquête du monde

Un exemple d'installation spontanée est celui du héron garde-boeuf (*Bubulcus*). Originnaire d'Afrique tropicale, cette espèce vit dans les plaines où elle suit les troupeaux. Elle fut observée pour la première fois dans les années 1880 en Amérique du Sud. On suppose qu'elle a parcouru les 2 900 km qui la séparaient de l'Afrique à la faveur de vents favorables. Le garde-boeuf s'est établi en Guyane entre les années 1930 et 1950, puis a été repéré pour la première fois à la frontière des États-Unis en 1951. Depuis, il a colonisé la totalité du Nouveau Monde depuis la Terre de Feu jusqu'au Canada. Il s'est parfaitement adapté aux champs de cultures irriguées et aux pâturages créés par l'homme. Il a également atteint l'Océanie en s'installant en Australie et en Nouvelle-Zélande depuis les années 1950. Ainsi cette espèce a, en un peu plus d'un siècle, colonisé la quasi-totalité des zones tropicales.

des primates et des rongeurs africains aient pu coloniser l'Amérique du Sud il y a environ 40 millions d'années. Il existe également des exemples récents et documentés, comme celui du garde-bœuf, de migrations d'espèces suivies de naturalisation qui démontrent l'existence de ces phénomènes.

Les échanges de faunes et les processus de colonisation par des espèces exogènes font partie du processus de l'évolution et de l'histoire de la vie. La compétition entre espèces a toujours existé, et les confrontations se sont soldées par des vainqueurs et des vaincus, des espèces qui disparaissent et d'autres qui prolifèrent.

De manière un peu iconoclaste, on pourrait penser que la mondialisation de la diversité biologique est aussi un facteur favorable à la diversification du vivant. À condition de changer d'échelle de temps. Car en transportant une espèce sur un autre continent isolé géographiquement, on crée une situation dans laquelle deux populations d'une même espèce vont pouvoir évoluer de manière indépendante. Une situation qui s'est produite naturellement lors de la dérive des continents ou lorsque des îles se sont détachées du continent. Mais il faudra du temps ; le temps nécessaire à l'évolution, pour que ces populations se différencient. L'homme ne sera peut-être même plus là pour le vérifier.

L'arbre qui cache la forêt...

La question des invasions biologiques revient souvent à dramatiser une situation en stigmatisant l'envahisseur. On n'hésite pas à parler de catastrophe écologique et à désigner le coupable responsable de l'élimination d'espèces autochtones ou dont le développement a des conséquences économiques. Réponse simpliste à une situation souvent bien plus complexe car ignorant le contexte de l'invasion, bien souvent liée à des modifications dans le fonctionnement de l'écosystème en cause.

Un exemple largement médiatisé est celui du lac Victoria en Afrique de l'Est, où un grand poisson prédateur, le *Lates niloticus* ou « capitaine », a été introduit dans les années 1950 pour développer la pêche. Ce lac, comme les lacs Malawi et Tanganyika, hébergeait alors quelques centaines d'espèces de poissons endémiques appartenant à la famille des Cichlidés. Un véritable patrimoine biologique. Mais le développement des populations de *Lates* s'est accompagné de la disparition apparente dans les années 1980 de plusieurs espèces de Cichlidés. Ces observations ont naturellement conduit à stigmatiser l'introduction du *Lates*, considéré comme responsable d'un véritable désastre écologique, avec l'élimination de dizaines d'espèces endémiques de poissons. On a parlé à ce propos, et c'est vrai, de la

destruction d'un véritable laboratoire naturel pour l'étude de l'évolution. L'exemple du lac Victoria a largement été utilisé pour dénoncer les méfaits des introductions d'espèces.

Or il apparaît que l'une des raisons majeures de la disparition des Cichlidés pourrait être en réalité un processus d'eutrophisation du lac Victoria, conséquence du développement des activités agricoles et de l'urbanisation du bassin versant depuis la fin du XIX^e siècle. L'eutrophisation se manifeste par un développement algal plus important, une réduction de la transparence des eaux et leur désoxygénation, autant de facteurs susceptibles de perturber profondément la reproduction des Cichlidés. On a montré aussi que l'introduction de nouveaux engins de pêches dans les années 1970, tels que les chaluts, avait également fragilisé les populations de ces poissons qui se reproduisent pour la plupart sur le fond du lac. Enfin, depuis quelques années, le lac Victoria est envahi par la jacinthe d'eau qui modifie elle aussi les conditions écologiques.

On voit donc que les conséquences sur la faune lacustre de l'introduction d'un grand prédateur comme le *Lates* s'inscrivent dans un contexte plus général de modification de l'écosystème. Sans nier pour autant l'effet du prédateur, il est probable qu'il a été d'autant plus important que les populations de poissons du lac Victoria étaient déjà fragilisées par d'autres perturbations. Et l'on peut même penser que les Cichlidés auraient quand même régressé en l'absence du capitaine.

Une leçon que l'on peut tirer est qu'il est facile de trouver un coupable et de le stigmatiser. C'est toujours payant sur le plan médiatique. En même temps, on occulte plus ou moins le fait que la pollution du lac est une question cruciale. C'est plus banal. Pourtant l'avenir du lac Victoria et de ses poissons passe d'abord par le rétablissement d'un état écologique compatible avec la vie des Cichlidés, ce qui suppose concrètement d'envisager la dépollution... Au-delà des discours, il faudrait passer à l'action. Mais dans ce domaine, les volontaires et les sponsors ne se bousculent pas... Ni les ONG, d'habitude si promptes à dénoncer les envahisseurs.

Pour une vision plus positive des introductions

Les introductions d'espèces se poursuivent à une fréquence sans précédent, l'homme se substituant aux phénomènes naturels pour transférer des espèces d'un continent à l'autre. On parle avec un humour un peu cynique de « macdonaldisation ». Parmi les espèces introduites, celles qui se révèlent envahissantes sont pointées du doigt comme l'un des principaux facteurs responsables de l'érosion de la biodiversité. À court terme c'est souvent vrai. À long terme cela reste à démontrer.

Espèces introduites : des constats contradictoires

Dans le sud-ouest de la France, il y a près de 850 espèces végétales exotiques naturalisées. 10 % sont très fréquentes et entre 1 et 5 % se révèlent envahissantes. Dans les milieux ouverts, elles peuvent localement réduire la diversité des communautés autochtones, mais on n'observe pas une réduction de la diversité des espèces, et encore moins l'éviction d'espèces autochtones à l'échelle régionale. Dans le cas de l'Adour, les espèces invasives n'ont pas réduit la diversité végétale du couloir fluvial (près de 2 000 espèces). Dans les milieux naturellement perturbés, le nombre d'exotiques est proportionnel à celui des autochtones (25 % en moyenne). Cette situation contraste avec des observations ponctuelles d'une végétation quasiment monospécifique composée d'envahisseurs tels que les jussies ou le sénéçon du Cap le long de certains cours d'eau.

Mais ne peut-on réfléchir autrement et positiver au moins partiellement ce discours catastrophiste ? Il mène à des attitudes intégristes et au refus, qui reste complètement stérile, des introductions d'espèces. Car le flux des espèces a plutôt tendance à s'intensifier et l'on voit mal comment y remédier sans remettre en cause complètement notre mode de vie actuel.

L'histoire comparée du Léman et du lac Tanganyika, déjà évoquée p. 83, illustre bien le fait que la question des introductions d'espèces ne se pose pas de la même manière selon l'histoire des lacs. Les peuplements en poissons des lacs d'Afrique de l'Est sont le produit d'une longue coévolution et peuvent être considérés comme un véritable patrimoine biologique. Les introductions d'espèces peuvent créer des perturbations dans ces peuplements. Dans le cas du Léman au contraire, où la faune est déjà un assemblage aléatoire et opportuniste, il n'y a pas réellement de patrimoine biologique. Des introductions raisonnées pourraient être considérées comme un moyen d'enrichir un milieu dépeuplé régulièrement par les glaciations.

Retour à la réalité... le commerce d'espèces

Comment vivons-nous ces introductions d'espèces ? Messieurs les scientifiques et les conservationnistes, vous pouvez dénoncer les introductions et jeter l'anathème sur ces étrangers dans des colloques pour initiés, la réalité vous rappelle chaque jour que nous vivons dans un monde un peu schizophrène. Ainsi, pour le citoyen, les introductions d'espèce font partie du quotidien : nous vivons parmi les espèces introduites. Nous ne reviendrons pas sur les espèces agricoles qui, dans leur grande majorité, ont été importées. Regardons simplement dans notre jardin : les nombreuses espèces exotiques cohabitent allègrement avec les espèces autochtones. Alors que certains dénoncent vertement les introductions d'espèces, le commerce horticole et des animaux familiers bat son plein. Il constitue une source inépuisable d'échanges intercontinentaux... Il faut dire que nous n'y allons pas de main morte. Le commerce des arbres et des plantes d'ornement est florissant depuis longtemps et ne fait que s'intensifier, car on recherche toujours de nouvelles espèces pour épater le client. Un client qui réclame toujours du nouveau : des animaux de compagnie, des plantes et des fleurs pour le jardin, des produits alimentaires inconnus...

Des propositions concrètes devraient s'adresser aux « racines du mal ». Interdire le commerce des espèces d'agrément (des lois ont été promulguées, mais encore faut-il avoir les moyens de les appliquer), les ballasts, le transport de containers, etc. ? Beaucoup d'espèces exotiques considérées comme des « pestes » sont toujours en vente libre. Le citoyen ne se sent pas spécialement concerné par cette question. Il est plus sensible aux réintroductions du loup et de l'ours pour lesquels il existe un imaginaire collectif, qu'aux introductions d'espèces dont il n'a pas la mémoire. Et que dire face aux changements climatiques qui s'annoncent ? Comment vont se comporter les « naturalisés » ? Quelles nouvelles espèces invasives vont se mettre à proliférer sur notre territoire ? En quoi le climat va-t-il redistribuer les cartes ? Beaucoup de questions sans réponses.

Une dernière remarque. L'expérience montre que les introductions ne sont pas toujours le fait d'une décision collective longuement réfléchie. De nombreux citoyens rapportent de leurs voyages des « souvenirs » vivants qu'ils plantent dans leur jardin ou mettent en cage. C'est interdit bien entendu, mais la transgression des interdits reste un sport national. Autrement dit, un individu peut en théorie, par son comportement, avoir un impact

déterminant sur l'évolution de la flore et de la faune, dans l'anonymat le plus complet. Comme le font d'ailleurs ceux qui « libèrent » des tortues de Floride dans les systèmes aquatiques.

Les natures du ragondin

Le ragondin, originaire d'Amérique du Sud, est introduit en Europe vers le milieu du XIX^e siècle. Il est d'abord perçu comme un animal exotique, une curiosité digne d'intérêt pour des amateurs éclairés qui l'élevaient dans leurs parcs. Puis, au début du XX^e siècle, on l'élève en cage pour sa fourrure et sa chair. Simultanément, certains l'utilisent comme animal de compagnie, apprivoisé à la maison. Dans les années 1930, avec la faillite des élevages, on le relâche dans la nature. Son statut, de domestique, vire alors à celui de sauvage. On le trouve même très utile pour faucher les herbes des rivières. Mais on découvre aussi qu'il grignote volontiers les cultures et creuse des terriers fragilisant les berges des rivières. Nouvelle promotion au statut d'espèce nuisible avant la Seconde Guerre mondiale. Pour les ruraux, le ragondin est un fléau. Pour les citadins, cette espèce fait partie désormais de notre patrimoine. En quelque sorte, cette espèce est victime de nos rapports diversifiés et fluctuants avec la nature. Elle nous montre la difficulté de trouver un consensus autour du thème « quelles natures voulons-nous ? »

Écologie de la restauration et ingénierie écologique

L'homme modifie sans cesse son environnement, nous l'avons vu. On a souvent tendance à dire qu'il le dégrade, ce qui est en soit un jugement de valeur. Mais peut-on espérer que les connaissances accumulées sur le fonctionnement des écosystèmes soient mobilisables pour réparer les dégâts causés aux écosystèmes ? Car il s'agit bien d'une démarche de type thérapeutique : on identifie les symptômes pour établir un diagnostic et appliquer ensuite une thérapie. L'homme en quelque sorte au chevet de la nature qu'il a par ailleurs pendant longtemps modifiée. Il y a dans ce domaine des demandes de plus en plus explicites de la part du public et des gestionnaires pour « récupérer » des systèmes que l'on estime dégradés. On utilisera ici le terme « restauration » de manière générique, pour désigner les activités consistant à « renaturaliser » des milieux perturbés par les activités humaines. Pour être opérationnelle, cette restauration doit reposer sur des bases scientifiques éprouvées, ainsi que sur la mise au point et la maîtrise de techniques opérationnelles sur le terrain. Mais l'empirisme et l'expérience des ingénieurs est également de mise.

En réalité, il y a bien longtemps que l'homme intervient sur les écosystèmes, soit pour les utiliser à son profit, soit pour rétablir certains paysages ou certaines fonctionnalités. Les écologistes n'ont pas inventé le concept de restauration. Ils ont voulu se l'approprier en proposant une démarche plus scientifique face à un ensemble de pratiques qui allaient de l'empirisme absolu à une démarche codifiée d'ingénieur, le plus souvent sectorielle. Une des initiatives historiques dans ce domaine est attribuée à l'américain Aldo Leopold. Il restaura en 1935 une prairie agricole désaffectée du Wisconsin pour rétablir les communautés végétales et animales d'origine. Ce fut le point de départ de la « science et l'art de la santé des milieux ». Plus tard, l'écologiste américain Howard Odum introduira le terme d'« *ecological engineering* » pour désigner les modes d'intervention utilisant les connaissances acquises en écologie en vue d'une meilleure gestion des écosystèmes. En France, on parlera de « gestion écologique », de « génie écologique », de « génie de l'environnement », mais le terme actuellement consacré est celui d'« ingénierie écologique ».

Restaurer ou renaturer ?

Il existe une terminologie complexe – certains parlent même de verbiage – dans le domaine de la restauration des écosystèmes. En donner une définition qui soit reconnue par tous est un exercice périlleux, car les types d'interventions sont très variés. Ils dépendent de la nature et du niveau de dégradation du milieu ainsi que des objectifs fixés. On peut contrôler la perturbation à l'origine de la dégradation (restauration *sensu stricto*), éventuellement réintroduire des espèces indigènes ayant disparu (réhabilitation). On peut également transformer l'écosystème pour lui donner un autre usage (réaffectation). Et même créer de toute pièce de nouveaux systèmes écologiques qui n'existaient pas auparavant.

Et puis, il y a des écoles. Ne pas confondre « écologie de la restauration » et « ingénierie écologique ». Selon Geneviève Barnaud, experte en la matière, l'ingénierie écologique vise à résoudre un problème d'environnement en utilisant les connaissances écologiques, et en mettant en œuvre des techniques adaptées. Il s'agit de combiner les principes écologiques avec le savoir-faire des ingénieurs. Cette démarche privilégie une approche pragmatique. Elle n'hésite pas, si nécessaire, à recourir à des aménagements, et à s'appuyer sur des savoirs dits « empiriques » parfois plus utiles que le savoir scientifique dans la recherche de solutions opérationnelles. La gestion forestière, par exemple, relève naturellement de l'ingénierie écologique. Elle a développé ses propres outils pour créer des écosystèmes, les piloter et gérer leur évolution dans le temps. L'écologie de la restauration, quant à elle, poursuit globalement le même objectif : « renaturer » des écosystèmes dégradés. Mais elle se fixe comme priorité de conserver la biodiversité. Elle privilégie les techniques « douces » pour reconstituer des écosystèmes diversifiés et autonomes. Une démarche plus en vogue dans les milieux de l'écologie scientifique et de la conservation de la nature.

Ces nuances traduisent néanmoins une différence de philosophie. Pour les puristes, l'écologie de la restauration vise à reconstituer l'intégrité de l'écosystème tel qu'il existait à l'origine : c'est de la restauration au sens strict du terme. En faisant en sorte de rétablir les processus naturels qui permettent l'auto-entretien du système. Mais l'ambition affichée se heurte souvent aux réalités. Parfois la pression exercée sur un écosystème a été trop forte ou trop longue, le rendant incapable de revenir à son état antérieur, même si la pression se relâche. On cherche alors à répondre à une demande fonctionnelle ou à une attente esthétique. Pour les tenants de l'ingénierie écologique, il s'agit le plus souvent de réhabiliter, voire de réaffecter des systèmes écologiques, même si le nouvel état implique une gestion sur le long terme. On est loin de l'état initial. À la limite, on crée des systèmes anthropisés perdurant seulement si l'homme les entretient. Ces écosystèmes sont loin d'être rares : la Camargue, le marais poitevin, ou la forêt des Landes en sont des exemples emblématiques.

En France, le colloque « Recréer la nature », qui s'est tenu en 1994 à Orx, a été le point de départ du Programme national de recherche mis en place en 1995 par le ministère de l'Environnement. Ce programme affichait pour objectif d'élaborer des méthodologies et des outils performants et opérationnels concernant la réhabilitation, la restauration et la création d'écosystèmes. Il posait quatre questions à la communauté scientifique, essentiellement écologique (voir encadré). Ces questions montrent que les théories et principes de l'écologie sont fortement sollicités. Mais que les aspects sociaux et économiques sont également toujours présents. Il est clair également que le point critique est avant tout de dégager des méthodes et des outils opérationnels.



On utilise fréquemment les animaux comme emblèmes, une manière de s'approprier leur force ou leurs qualités. Les oiseaux et les mammifères, en particulier, sont fréquents sur les drapeaux ou sur les armoiries. Ici, le condor des Andes en figure de proue du navire école équatorien, le *Guayas*.



Le chat est l'emblème de la ville de Kutching à Bornéo, car *kutching* signifie « chat » en malais. On trouve ainsi des statues de chats un peu partout dans la ville.



La mise en scène des animaux dans des situations mimant les hommes a donné lieu à nombre de contes à visée ludique ou moralisatrice, dont les fables de La Fontaine. Le taxidermiste allemand Hermann Ploucquet (1816-1878) présenta, lors de la première exposition universelle (Londres, 1851), cette série de fabliaux qui étaient une satire de l'Église et du pouvoir. Le renard, rusé et plein de duplicité, y tient le rôle principal selon un thème traditionnel de la vieille littérature européenne. Cette œuvre, pour laquelle Ploucquet reçut un prix, suscita un grand engouement et fut appréciée par la reine Victoria. *Collection particulière de Pat Morris.*



Chez les Bozos, cette ethnie de pêcheurs vivant sur les bords du Niger, Bama le crocodile est l'exécuteur des hautes œuvres du maître des eaux. Ici une marionnette animée par un homme glissé à l'intérieur. Au festival de Markala (Mali), ces marionnettes participent à des spectacles mettant en scène des contes relatifs aux forces invisibles de la nature.



Le mythe de la femme sirène est largement répandu. Le peuple des femmes-poissons fait également partie des vieilles légendes européennes : les sirènes ont tenté de séduire Ulysse, la petite sirène garde l'entrée du port de Copenhague et la déesse germanique Lorelei hante les eaux du Rhin. En Afrique, Mami Wata, la femme-poisson, est la déesse mère des eaux. Crainte des pêcheurs, c'est aussi une figure mythique et très populaire du culte Vaudou. Mami Wata est souvent représentée sous les traits d'une sirène ou d'une belle jeune femme brandissant des serpents.



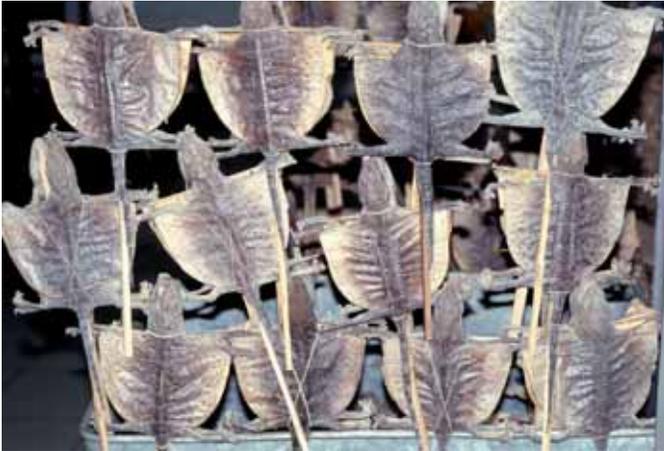
La biodiversité a toujours été utilisée et valorisée par les populations humaines en fonction de sa disponibilité et des besoins. Deux exemples ici de l'utilisation des végétaux aquatiques : dans le lac Tchad les papyrus (Cypéracées) sont utilisés pour fabriquer des barques (kadei). Dans le lac Titicaca, une autre Cypéracées, nommée localement totra, sert également à la fabrication de bateaux.



L'homme a maîtrisé le feu il y a 400 à 500 000 ans, ce qui lui a donné un avantage certain sur les autres espèces. En même temps, le feu lui a permis de conquérir des territoires et de les mettre en valeur. Le corollaire est qu'avec l'usage du feu, l'homme a transformé certains paysages : le paysage méditerranéen en est un exemple. En Afrique, les feux de brousse sont fréquents. Villipendés par les uns comme la cause de la dégradation des ressources forestières, les feux sont considérés par d'autres comme un moyen de favoriser la repousse d'une nouvelle herbe de meilleure valeur nutritive, tout en débarrassant la brousse de ses nombreux parasites.



Les médecines traditionnelles sont toujours très répandues dans le monde, notamment dans les pays en développement où les produits pharmaceutiques sont trop chers. Les tradipraticiens soignent les malades avec des produits à base de plantes ou d'animaux. Ici, une échoppe en Guinée où l'on trouve des remèdes censés guérir presque toutes les maladies.



De très nombreux animaux séchés sont utilisés dans la médecine traditionnelle chinoise. Des millions d'entre eux sont collectés de par le monde et vendus sur les marchés ou dans des échoppes spécialisées. Ici des hippocampes, des lézards (dragons) et des serpents séchés sur le marché de Canton. La demande est telle que certaines espèces sont actuellement menacées de disparition.



Sur tous les marchés du monde, on trouve des fruits et des légumes originaires de tous les continents. La mondialisation n'a pas que des effets négatifs, et l'humanité dans son ensemble a tiré profit de ces échanges. Actuellement, toute l'économie agricole est basée sur des espèces introduites.



Trois exemples de plantes originaires d'Amérique du sud qui ont connu un fabuleux destin. La pomme de terre et le maïs, maintenant cultivés sur tous les continents, ainsi que le cacao dont on tire le chocolat.



Aucun animal sauvage n'est à l'abri de la domestication. L'élevage de l'autruche, par exemple, est en pleine expansion ; en Afrique du Sud, les troupeaux d'autruches voisinent les troupeaux de moutons ou de bovins. D'autres espèces comme l'élan du Cap ou le buffle, ou encore l'agouti (un gros rongeur africain) font également l'objet d'expérimentations.



Il est possible également de maintenir des crocodiles en élevage. Les débouchés et l'intérêt d'une telle domestication sont toutefois plus limités.



Le marché de l'horticulture est particulièrement actif. Des milliers d'espèces de plantes sont commercialisées sur pied ou sous forme de fleurs, et la demande de nouveautés reste forte. Ici, quelques jolies fleurs de la famille des Protéés, originaires d'Afrique du Sud et qui aurait 80 millions d'années d'existence ! On commence seulement à les voir apparaître sur le marché français, mais il y a fort à parier qu'elles égayeront nos jardins méditerranéens dans quelques décennies.



Il existe un peu partout des arbres remarquables qui constituent un véritable patrimoine naturel. Ici, des saules « têtards » probablement centenaires dans la région de l'Avesnois. Ces arbres sont régulièrement taillés.



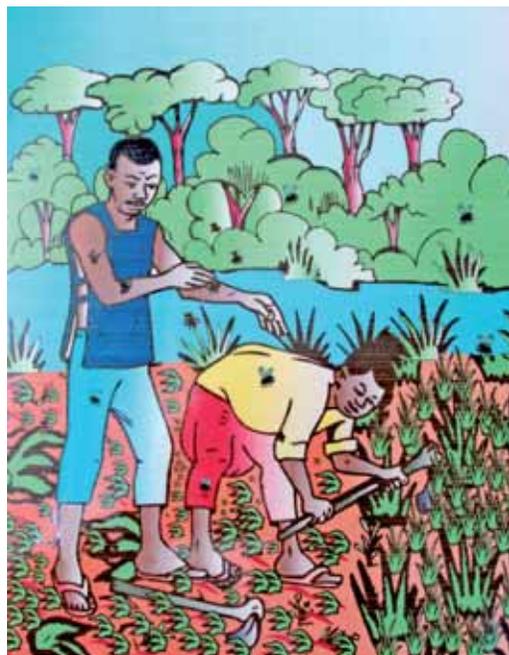
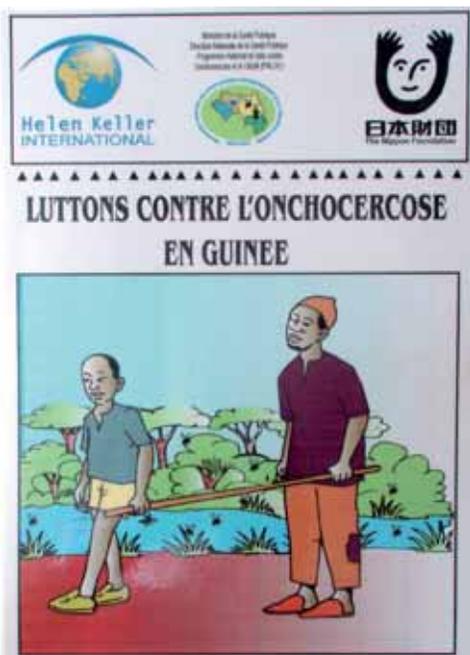
La demande en oliviers multiséculaires pour agrémenter les parcs et jardins est forte. Un commerce florissant a vu le jour entre les pays méditerranéens. Des oliviers arrachés dans le sud de l'Espagne et du Portugal sont revendus à prix d'or dans le sud de la France.



Le cheval de Przewalski serait un précurseur du cheval domestique. Dernier cheval sauvage, il n'a jamais été domestiqué. C'est lui, ou ses cousins, que l'on retrouve sur les peintures rupestres. Considérée comme éteinte, l'espèce fut retrouvée en 1881 près du désert de Gobi. Les derniers troupeaux furent exterminés par la chasse, et l'espèce a disparu à l'état sauvage vers 1970, mais s'est perpétuée dans les zoos. Des individus sont actuellement élevés en France en vue d'être réintroduits en Mongolie.



La disparition des espèces est parfois due à des prélèvements trop importants sur les stocks sauvages. Les requins ont ainsi acquis en quelques décennies le statut d'espèces menacées du fait de la demande en ailerons pour la cuisine chinoise. Ici, un magasin de vente d'ailerons de requins à Bornéo.



Protéger la biodiversité, certes, mais pas n'importe laquelle ! Car beaucoup de nos maladies ont pour origine la diversité biologique. Dans les régions tropicales, où elles sont nombreuses, les parasitoses sont souvent associées à l'eau. Ici, une affiche pour la prévention de l'onchocercose ou « cécité des rivières » qui a fait l'objet d'un vaste programme de lutte en Afrique de l'Ouest. Le parasite, un ver du groupe des Helminthes, est transmis par des petits insectes piqueurs, les simulies. Ces dernières, même en l'absence de parasites, constituent de redoutables nuisances à cause de leur abondance et de leurs piqûres douloureuses. Une situation qui peut conduire à l'usage inconsidéré d'insecticides pour se protéger des simulies.



Elle est jolie, la fleur de la jacinthe d'eau ! Cette espèce, envahissante en milieu tropical, est toujours en vente libre dans les jardinerias alors qu'elle est dénoncée comme une véritable peste. Ici le lac de barrage de Taabo en Côte-d'Ivoire colonisé par cette plante exotique.



Les animaux familiers comblent les manques affectifs. Leurs maîtres leurs sont très attachés. Ainsi, au cimetière des animaux d'Asnières, ces derniers sont enterrés dans un cadre qui n'a rien à envier aux cimetières humains.



Le public aime les reconstitutions en vraie grandeur. Les dinosaures, notamment, ont fait le bonheur des cinéastes. Qui ne connaît Jurassic Park et ses reconstitutions, plus vraies que nature, des dinosaures disparus il y a 65 millions d'années. Plus modestement, divers parcs animaliers nous invitent à faire connaissance avec une faune plus récemment disparue et qui peuple encore notre imaginaire : mammouth, bisons, aurochs, etc. Ici, une reconstitution du rhinocéros laineux qui vivait dans les steppes froides d'Europe et d'Asie. L'espèce a disparu il y a environ 10 000 ans. *Photo prise au parc du Thot dans le Périgord.*



Certains d'entre nous gardent la nostalgie des campagnes colorées. Coquelicots et bleuets ont disparu avec l'agriculture moderne. Par chance, les jachères ont permis le retour de ces fleurs des champs. Pour combien de temps ? La marée jaune du colza risque de les sacrifier de nouveau sur l'autel des biocarburants.

Recréer la nature : questions en suspens en matière de restauration

- *Quels sont les déterminants des choix et les motivations des intervenants ? Faut-il reconstituer une biodiversité optimale ou au contraire privilégier un fonctionnement donné de l'écosystème, des fonctions utiles aux besoins économiques, ou une combinaison des deux ? Quels sont les critères de choix ? D'un point de vue fondamental, existe-t-il un degré acceptable de « mise en spectacle de la nature », et qui le définit ? Les choix sont-ils éclairés par des évaluations micro- et macroéconomiques des coûts et des bénéfices sociaux, y compris sous forme de dommages évités et par rapport à des solutions alternatives (non-intervention, exploitation agricole) ?*
- *Comment les systèmes de référence sont-ils choisis ? Doivent-ils être des systèmes comparables, des modèles existants ou théoriques, des écosystèmes ayant évolué spontanément en parallèle ? Quels sont les avantages et les inconvénients entre un site réaménagé et un même site laissé à la recolonisation naturelle (gain de temps, biodiversité, fonctionnalité) ? Quelles sont les caractéristiques indicatrices de la structure et du fonctionnement de l'écosystème à un stade donné de son développement ?*
- *Quelles sont les échelles spatio-temporelles pertinentes d'intervention ? Quelles sont les superficies minimales garantant d'une opération réussie des points de vue écologique et économique ? Quelles sont les échelles temporelles correctes pour assurer une viabilité à long terme et une possibilité d'expression des dynamiques propres aux systèmes en question ?*
- *Quelles sont les modalités de suivi et d'évaluation de ces interventions ? Comment faire découvrir au public, aux élus et aux maîtres d'ouvrage un certain nombre de thèmes importants de l'écologie par ces opérations ? Des outils opérationnels permettant de juger de la pertinence des actions et intégrant les approches des chercheurs, des gestionnaires et des aménageurs devraient être élaborés.*

Les règles d'or à retenir

Je voudrais donner ici quelques brefs coups de projecteurs sur les grands principes écologiques à la base des activités de restauration.

Tout d'abord et quelle que soit la démarche adoptée, toute tentative de restauration doit nécessairement s'inscrire dans une approche systémique. C'est-à-dire en prenant en compte l'écosystème dans sa globalité et dans ses interactions éventuelles avec les autres écosystèmes. Cela suppose une bonne connaissance du fonctionnement de l'écosystème dans toutes ses composantes physiques, chimiques, biologiques et, pourrait-on dire, sociales. Vouloir restaurer un bief de rivière sans le replacer dans le fonctionnement général du cours d'eau ne peut avoir qu'une portée limitée, on s'en doute : si les pollutions ne sont pas maîtrisées à l'amont, c'est l'échec assuré ! En outre, tout projet de restauration ne peut se concentrer seulement sur une espèce ou un groupe d'espèces. Il s'agit avant tout de restaurer les conditions d'habitat nécessaires à la vie de ces espèces. C'est-à-dire qu'elles y trouvent à la fois des endroits où se nourrir, où se reposer, ou se reproduire. On le voit, la tâche n'est pas simple.

En second lieu, l'écologie moderne a mis en évidence quelques règles simples concernant le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi, les milieux hétérogènes, composés d'une mosaïque d'habitats, sont plus riches en espèces que les milieux homogènes. Il faut donc restaurer en premier lieu l'hétérogénéité de l'écosystème. Par exemple, toujours pour une rivière, essayer de reconstituer des méandres, de rétablir les connexions avec les annexes fluviales (bras morts, zones inondables). De recréer des îles, de revégétaliser les berges. Bref, à partir d'un canal d'écoulement aux berges bien propres et bétonnées, qui était

l'aménagement idéal au siècle dernier, on essaie de reconstituer une vraie rivière telle que nous l'imaginons dans nos rêves. Une autre règle allant souvent de pair avec la précédente est de reconstituer la variabilité temporelle du système. Une rivière « respire » au sens où les étiages alternent avec les crues. Et, au cours des crues, la rivière s'étale dans son lit majeur, rétablissant des connexions avec les annexes fluviales. Certains poissons trouvent dans les zones inondées des endroits favorables à leur reproduction et à la croissance des jeunes. Si les brochets disparaissent, ce n'est pas seulement dû à la pêche. C'est surtout qu'ils ne trouvent plus de prairies inondées pour se reproduire !

Enfin, on ne peut ignorer que dans les objectifs poursuivis en matière de restauration, on retrouve toutes les représentations de la nature des différents acteurs, que ce soient les scientifiques, les ingénieurs, les citoyens, les politiques. Chacun y projette sa propre vision du monde. Aux critères écologiques et opérationnels se mêlent en outre nécessairement des critères éthiques et esthétiques. Quelles natures voulons-nous ? Là réside à la fois la question et la difficulté du problème.

Polémiques sur les systèmes de référence

Beaucoup de scientifiques estiment souhaitable de disposer d'une norme, d'un point de repère, qu'ils appellent « écosystème de référence », pour décrire l'objectif à atteindre. Et pouvoir ainsi évaluer de cette manière le succès ou l'échec d'une opération de restauration ou de réhabilitation. Mais les définitions de cet écosystème de référence divergent. Pour certains, la référence doit être l'écosystème « pristine », c'est-à-dire l'écosystème qui existait avant toute action de l'homme ; on peut penser à l'action de restauration d'Aldo Leopold citée plus haut. Elle s'inscrit dans le contexte de l'Ouest américain et d'une représentation de la nature encore sauvage. Mais pour les systèmes européens modifiés de longue date par l'homme, une telle référence devient sans objet. En aucun cas le but de la restauration ne peut être le retour à un état naturel ancien, si cet état signifie indemne de toute activité humaine. Retrouver des conditions historiques supposées « naturelles » relève d'un rêve inaccessible, d'autant que certaines espèces écologiquement importantes ont définitivement disparu. Et que sont apparues d'autres contraintes aussi bien climatiques que liées à l'occupation des sols. En outre, nous ne disposons pas toujours d'une connaissance précise de la composition, de la structure et de la dynamique des écosystèmes historiques. Enfin, se référer à l'écosystème pristine c'est de toute évidence souscrire à l'idée d'une nature en équilibre dont il existerait un état idéal. Cette vision statique de l'écologie marque toujours les esprits, comme nous en avons discuté dans le chapitre « Mettre un peu d'ordre dans la nature » ; une vision qui n'a pas de débouché opérationnel.

Une approche plus réaliste est de considérer qu'il existe des états alternatifs. Car les écosystèmes ont beaucoup changé au cours de leur histoire, notamment sous l'influence des changements climatiques. Dans certains cas, on recherche des « écosystèmes témoins », peu dégradés, existant dans un contexte similaire. On peut ainsi manipuler l'écosystème dégradé pour le réinsérer dans une dynamique qui conduira à des états plus ou moins similaires au système souhaité. Avec des communautés ressemblantes sans être forcément identiques dans leur composition. En se basant sur la modélisation, on commence également à se référer à des écosystèmes et à des peuplements virtuels en tenant compte des connaissances sur les exigences écologiques des espèces. Et en intégrant les nouvelles conditions d'habitat créées par les travaux de restauration.

Cette difficulté dans la définition des objectifs n'est pas surprenante et renvoie aux incertitudes de l'écologie pour définir et caractériser un écosystème. Il est plus sage, probablement, d'admettre plusieurs représentations de l'état de référence. Ce dernier se comprend

mieux en définissant les objectifs d'un programme de restauration, plutôt que par une démarche théorique. Si l'on veut utiliser une image et que l'on compare la restauration écologique à l'action de remettre une montre à l'heure, on s'interroge d'abord sur l'heure à laquelle on doit régler l'écosystème. L'heure d'un système avant dégradation ou celle d'un système tel qu'il aurait été dans son contexte actuel, s'il n'avait pas subi de graves perturbations. En outre, on s'interroge sur la part de considération sociale, éthique, économique et culturelle à ajouter aux aspects écologiques et techniques.

L'attrait des espèces emblématiques

On trouve souvent dans la littérature des expressions telles que « restaurer les fonctionnalités des écosystèmes ». Une expression bien ésotérique pour le citoyen ordinaire – il n'est pas certain d'ailleurs que les ingénieurs et les scientifiques puissent l'expliquer simplement. En revanche, plusieurs programmes de restauration ont choisi des espèces emblématiques qui ont le mérite d'être des objets concrets. Au lieu de se donner un système de référence, on cherche alors à recréer toutes les conditions pour que cette espèce retrouve le chemin de l'écosystème et s'y installe de nouveau. Finalement, il s'agit aussi d'une approche systémique. Mais le point d'entrée est différent. C'est chez les oiseaux et chez les poissons que l'on recherche souvent ces espèces emblématiques. Le saumon, espèce noble des cours d'eau européens par excellence, est souvent pris comme bannière pour témoigner concrètement du succès des opérations.

Prenons l'exemple de la Tamise. Comme la Seine, elle a payé un lourd tribut au progrès. Le système de tout-à-l'égout, considéré comme une grande conquête sociale au début du siècle, s'est développé au détriment des fleuves. Les Anglais, au cours des années 1970, ont décidé de réhabiliter la Tamise, pour des raisons esthétiques probablement, mais aussi pour des raisons économiques et sanitaires. L'alimentation en eau de Londres se fait presque exclusivement à partir de l'eau du fleuve, où l'on pompe quotidiennement quelque 800 000 m³. Un gouffre financier puisque l'eau doit être complètement recyclée avant de pouvoir la réutiliser.

Mais la réhabilitation de la Tamise s'est également appuyée sur les exigences environnementales des riverains : de l'eau propre, des loutres, des oiseaux, du poisson. Après avoir rénové les stations d'épuration et nettoyé les eaux d'égout, les Londoniens ont réussi leur pari avec la réintroduction d'espèces charismatiques comme le saumon et la loutre. La situation reste cependant délicate, car il faut éviter que de nouvelles pollutions industrielles ou agricoles ne viennent remettre en question les acquis. Un bateau chargé d'oxygéner l'eau en faisant des bulles (le *Bubbler*) est ainsi mobilisé en périodes de fortes chaleurs pour éviter l'asphyxie des poissons.

Dans la Seine et dans le Rhin, la réapparition du saumon est également espérée. On ne manque pas de médiatiser les quelques individus qui tentent l'aventure et qui semblent indiquer que le pari n'est pas stupide.

Aménagement du territoire : restaurer des paysages fonctionnels

Le phénomène d'artificialisation du territoire métropolitain est assez irréversible. Il y a peu d'exemples en effet où les surfaces artificialisées retrouvent des usages plus naturels. Cette extension des zones artificielles résulte de l'augmentation des surfaces utilisées

pour l'habitat, ses espaces de jardins et de pelouses, ses voies d'accès. En moyenne, depuis 1992, 330 km² de terres agricoles ou naturelles sont transformées chaque année pour l'habitat. D'autre part, du fait de l'utilisation de plus en plus intensive des terres, les paysages tendent à s'uniformiser. Autant de facteurs *a priori* peu favorables à la préservation de la biodiversité.

Simultanément, l'un des problèmes rencontrés dans la gestion de la biodiversité est la fragmentation des habitats. Des zones de forêts ou de plaines, autrefois d'un seul tenant, sont maintenant divisées par les aménagements routiers ou ferroviaires, ou par le développement urbain. Des îlots se forment, de plus en plus isolés les uns des autres. La libre circulation de certains animaux est entravée et les échanges génétiques entre populations sont limités.

L'objectif en matière de restauration est de rétablir un réseau de taches d'habitats – des zones d'intérêt biologique – à l'échelle du paysage, reliées entre elles par des corridors. C'est ce qui constitue la « trame verte ». Les corridors peuvent être plus ou moins naturels comme les forêts galeries bordant les cours d'eau ou des structures aménagées du type réseau bocager, talus routiers, voies ferrées, jardins, etc. La trame verte n'est pas nécessairement végétalisée : eau, sable, falaises, peuvent en être des éléments constitutifs.

Plutôt que d'avoir à recréer cette trame verte, il vaudrait mieux prendre en compte, dès l'origine, les exigences de la conservation dans les schémas d'aménagement du territoire – des schémas longtermes focalisés exclusivement sur le développement économique. La loi d'orientation de 1999 pour l'aménagement durable du territoire est un progrès dans ce domaine. Sur le papier tout au moins, elle prévoit de réaliser un réseau écologique national en vue d'assurer la continuité entre tous les sites d'intérêt écologique majeurs.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le réseau européen Natura 2000, un réseau de sites naturels protégés à l'échelle européenne visant à concilier activités humaines et préservation des espèces et des habitats menacés et/ou remarquables sur le territoire européen. Il est constitué de deux types de zones naturelles protégées, à savoir les Zones spéciales de conservation (ZSC) issues de la directive européenne dite « Habitats » de 1992 et les Zones de protection spéciale (ZPS) issues de la directive européenne dite « Oiseaux » de 1979.

Aujourd'hui, 25 000 sites ont été identifiés au niveau de l'Union européenne (celle des 25). Le gouvernement français peut se targuer d'avoir identifié 1703 sites, couvrant plus de 12 % de la superficie du territoire national. Et ce ne fut pas sans peine, la France ayant même été menacée de contentieux par l'Union européenne pour avoir tardé à présenter la liste des sites et, disons-le clairement, pour le manque de volonté politique dont elle a fait preuve lors de la réalisation de ce projet. Comme souvent, ce dernier a été géré de manière jacobine et administrative, sans impliquer les citoyens. Et avec un manque de pédagogie, voire de psychologie, par rapport aux acteurs concernés. Il en a résulté, un peu comme pour la réintroduction des grands prédateurs, une forte contestation des agriculteurs et des chasseurs, entretenue par une désinformation sur les contraintes inhérentes au réseau Natura 2000. Un phénomène assez classique en somme. Mais un exemple de plus concernant le peu d'intérêt porté à la question de la biodiversité dans un pays où l'application des lois est toujours vue de manière « souple » lorsqu'il s'agit de protéger la nature. Un pays où, par ailleurs, les hommes politiques n'ont pas suffisamment de convictions pour afficher une politique proactive et volontariste de conservation de la biodiversité. En invoquant, parfois, de supposés intérêts électoraux.

Quand l'ingénierie écologique marche bien

Restaurer des lacs eutrophisés

Le lac d'Annecy en Haute-Savoie, considéré du temps de Rousseau comme un « pur miroir », était réputé auprès des pêcheurs pour ses poissons nobles tels l'omble chevalier. Dans les années 1950, on constata que l'omble se faisait plus rare et que la transparence de l'eau, qui était d'une dizaine de mètres au début du siècle, s'était réduite de moitié. La cause en a vite été identifiée : les rejets d'eaux d'égouts fortement chargées en nutriments en l'absence de traitements. Le lac était ainsi en voie d'eutrophisation, avec des symptômes évidents : augmentation de la turbidité liée au développement du phytoplancton suite aux apports en nutriments. Un seul remède, traiter les eaux usées pour réduire les apports en nutriments. En 1957, les communes riveraines décidèrent de construire un collecteur faisant le tour complet du lac, et aboutissant à une station d'épuration. Les travaux durèrent jusqu'en 1972. Depuis, le lac a lentement retrouvé des eaux de bonne qualité. En 1993, la transparence était de 12 m soit la même que celle mesurée au début du siècle.

Réaffecter des gravières

Chaque année, on produit et on utilise en France environ 400 millions de tonnes de granulats pour le bâtiment et les travaux publics. Un peu moins de la moitié provient de l'extraction de roches meubles, sables et alluvions. Il en résulte un mitage du paysage avec de nombreuses conséquences sur l'environnement. On peut regretter une telle situation, mais elle répond à des besoins économiques et à l'absence de solutions alternatives. Toujours est-il que la question est posée sur le devenir des carrières en fin d'utilisation industrielle.

À la fois sous la pression des écologistes et pour revaloriser leur image, les extracteurs de granulats ont développé une politique de réaffectation de ces milieux. Celle-ci peut avoir des objectifs agricoles, paysagers, de loisirs, ou écologiques. Dans ce dernier cas, les gravières peuvent constituer des zones humides à fort intérêt biologique. Un inventaire réalisé à la fin des années 1990 sur 17 carrières réaménagées en zones humides a donné des résultats surprenants : plus de 1000 espèces de végétaux, soit 17 % de la flore française ; environ 90 % des espèces d'oiseaux migrateurs observables en France dont des espèces protégées ; 54 espèces d'Odonates, soit 65 % des espèces métropolitaines.

Les gravières peuvent également être utilisées comme éléments paysagers et bases de loisir. Dans la région parisienne, c'est le cas pour le lac de Créteil et les lacs de Saint-Quentin-en-Yvelines. Dans la région lyonnaise, on connaît Miribel-Jonage.

Réhabiliter des sites miniers

En Nouvelle-Calédonie, l'exploitation du nickel s'effectue à ciel ouvert. Des centaines d'hectares sont décapés, et des quantités importantes de matériaux déplacés. Non seulement certains écosystèmes peuvent disparaître, mais les surfaces dénudées, peu esthétiques, sensibles à l'érosion, se développent et deviennent des sources de pollution lors de fortes pluies. Le processus naturel de la revégétalisation de ces zones dénudées est en outre extrêmement lent, les espèces pionnières des sols dénudés étant des espèces à croissance lente. La restauration (réaffectation) des paysages pour lutter contre le ravinement et à des fins esthétiques passe nécessairement par des travaux de génie civil pour fixer en masse les matériaux et par le repeuplement végétal. De nombreux essais ont été réalisés sur différents types de substrats avec des plantes autochtones et des plantes exotiques.

L'intérêt écologique de la réaffectation des sablières

Une étude a été réalisée pendant 20 ans, de 1973 à 1993 dans les sablières de Quincey (près de Dijon en Côte-d'Or). Ces sablières en eau ont été en partie réaménagées avec des berges en pente douce sur une partie du pourtour et quelques hauts fonds, en vue d'être intégrées dans le paysage et réutilisées pour les loisirs.

Il en ressort que les carrières abandonnées sont rapidement colonisées après réaménagement. On assiste à un phénomène de succession de trois stades de colonisation « naturelle » en prenant notamment comme référence les oiseaux :

- de 1973 à 1978, une faune variée d'invertébrés et d'oiseaux ainsi que la végétation (*Typha* et *Phragmites*) colonisent spontanément et rapidement le milieu à partir de sources situées dans un rayon de quelques kilomètres autour du site ;
- de 1979 à 1983, on constate une stabilisation à un niveau de richesse spécifique élevée, et l'abondance du peuplement total d'oiseaux culmine vers 1980-1981 ;
- de 1984 à 1993, la richesse spécifique décroît pour atteindre un niveau médiocre (8 espèces contre 18 en 1983) en ce qui concerne les oiseaux. Il en est de même pour l'abondance totale du peuplement végétal : il chute avec la disparition d'espèces pionnières et la densité baisse pour presque toutes les autres espèces.

L'analyse détaillée de l'évolution du peuplement aviaire met en évidence que ce sont surtout les espèces d'oiseaux jouissant d'un statut de protection officiellement reconnu au niveau national ou européen qui fluctuent et disparaissent au cours du temps. Sur le plan de la conservation, l'intérêt ornithologique du site est donc très important dès l'abandon de l'exploitation des gravières pour culminer quelques années après. Mais sur le long terme, on constate une banalisation du peuplement, et donc un moindre intérêt écologique du site.

Deux espèces ligneuses endémiques fixatrices d'azote, le gâïac (*Acacia spirorbis*) et le bois de fer (*Casuarina collina*), se sont avérées bien adaptées pour des travaux de revégétalisation à grande échelle. Mais le couvert de ces espèces tend à empêcher le retour à des conditions écologiques initiales. On a donc recherché dans la flore indigène de nouvelles espèces herbacées et ligneuses susceptibles d'être utilisées en conjonction avec les espèces précédentes. Diverses espèces de Casuarinacées en particulier, colonisant les sols miniers riches en métaux, ont présenté des bonnes potentialités pour réhabiliter des déblais miniers et des sols dégradés.

Créer des écosystèmes

De nombreux écosystèmes sont créés *ex nihilo*. Nous en avons vu des exemples avec la Camargue, le marais poitevin ou les zones humides urbaines.

Les Landes constituent la plus vaste forêt artificielle d'Europe (1,1 million d'hectares). On exploite le pin des Landes, un résineux indigène adapté aux sols acides de la région, depuis l'Antiquité. Les Landais le plantaient dès le ^{xvi} siècle pour en extraire la résine. À l'époque révolutionnaire, on parlait d'un paysage ravagé et parsemé d'étangs à cause des guerres précédentes opposant Capétiens et Plantagenêts, et d'un pâturage excessif. Ce paysage de landes, balayé par les vents chargés de sable, n'attirait pas les paysans. Vers la fin du ^{xviii} siècle, on entreprit de fixer le cordon dunaire par semis de pin maritime.

Sous le second Empire, le corps des Ponts et Chaussées fut chargé par une loi de 1857 d'assainir cette région où le paludisme sévissait. Du fait d'une demande croissante en

résine (gemme), on planta alors du pin sur les communaux, et la région devint le domaine quasi exclusif du pin maritime. À la production de gemme s'ajouta celle de bois d'œuvre, de poteaux de mine, puis de pâte à papier. Cet espace inculte ou presque est ainsi devenu, avec un million d'hectares, le plus grand massif artificiel d'Europe. Suite à de dramatiques incendies, dont l'un détruit le tiers du massif dans les années 1940, la monoculture fut remise en cause. Mais les Landes ont été reboisées avec du pin...

Restaurer des écosystèmes en éliminant les espèces introduites

Dans les Terres australes et antarctiques françaises, les mammifères introduits par l'homme (chats, lapins, bovins) causent d'importants dégâts aux écosystèmes autochtones. Un grand classique sur les îles. C'est pourquoi les tentatives d'éradication des herbivores (bovins sur l'île d'Amsterdam, lapins à Kerguelen) constituent une expérience intéressante, en vraie grandeur, de restauration d'écosystèmes.

Dans l'île d'Amsterdam, au climat relativement tempéré, la plupart des espèces végétales natives, qui avaient disparu des sites pâturés, sont à nouveau présentes, une dizaine d'années après la suppression des bovins sur une partie de l'île. En outre, le nombre et l'abondance des espèces végétales introduites favorisées par le piétinement des bovins diminuent sur tous les sites. Un réel succès donc.

À Kerguelen en revanche, où les conditions climatiques sont plus rigoureuses, la situation est plus contrastée. Après avoir éliminé le lapin, on a bien observé une augmentation de la diversité des espèces végétales. Mais la recolonisation est lente en raison de la faible vitesse de croissance et de la reproduction tardive des espèces autochtones. En outre, le milieu est envahi par deux espèces végétales introduites : le séneçon et le pissenlit, qui semblent avoir bénéficié de la disparition du lapin qui consommait de préférence ces espèces ; une nouvelle illustration de l'hypothèse selon laquelle les prédateurs limitent la prolifération d'espèces envahissantes. Il est probable que les changements climatiques observés à Kerguelen (déficit hydrique, augmentation de la température) favorisent maintenant les espèces introduites au détriment des autochtones. Rien n'est simple en matière de restauration. Les variations du climat jouent, de toute évidence, un rôle majeur dans la dynamique de ces écosystèmes.



Quel avenir pour la biodiversité ?

*Je ne m'occupe qu'à planter des arbres dont je ne verrai pas l'ombrage ;
j'ai trouvé que c'était là le sûr moyen de travailler pour la postérité.*

VOLTAIRE, *Œuvres complètes*

*Il y a donc des cultures qui font l'apartheid de la nature, qui ne la supportent pas,
qui ont besoin de s'en séparer, de la dominer.*

*Il y en a d'autres qui, sans renoncer à modifier le milieu,
ont choisi la coopération, l'équilibre.*

Les premières sont fières de leurs terres nues et infinies.

Les deuxièmes sont attachées sentimentalement à leurs chemins et à leurs bois.

Ce sont les premières qui sont en train de gagner.

FRANÇOIS TERRASSON, 1991

Les changements globaux survenus dans la seconde moitié du ^{xx}e siècle sont d'une ampleur sans précédent. La biosphère ayant partiellement cédé la place à la technosphère, les grands équilibres de la planète dépendent désormais des agissements de quelques milliards d'êtres humains. L'intensité potentielle du réchauffement climatique résultant de l'utilisation d'énergies fossiles, la corrosion de la couche d'ozone par les CFC, la bioaccumulation des pesticides dans les chaînes alimentaires, rien de tout cela n'avait été prévu par les inventeurs des technologies en cause. Qui plus est, nous pouvons nous attendre à d'autres surprises. Dans un tel contexte, quelle place pour la biodiversité ? Jusqu'ici, cette préoccupation ne semblait pas prioritaire pour les citoyens, d'après les sondages.

L'idée de mettre la nature sous cloche pour la protéger des hommes perdue dans les milieux conservationnistes. Mais l'expérience a montré qu'elle n'était pas viable à long terme. Il paraît maintenant évident que conserver la biodiversité s'inscrit nécessairement dans un projet de société. On ne protège pas des écosystèmes contre la volonté des hommes qui y habitent ou qui en utilisent les ressources pour leur économie. Alors comment faire ? De fait, la logique serait de considérer la relation homme-environnement dans une perspective de coévolution. Et alors de se poser les questions : quelle est notre représentation de l'environnement ? Dans quelle mesure cette représentation détermine-t-elle nos actions ? Les conséquences en sont-elles prévisibles ? En définitive, que voulons-nous faire de cet environnement ? Quelles natures ou quels jardins voulons-nous construire ?

Quelle nature avons-nous ?

Le bilan est assez simple. En Europe, la nature est en grande partie contrôlée par l'homme. Les écosystèmes ont fait place aux anthroposystèmes ; du moins ceux qui nous sont facilement accessibles. Cette nature est gérée pour répondre à deux grands types de critères : optimiser la production agricole et l'élevage et créer des lieux de loisir et de repos. Cette gestion se donne un objectif très clair : faire place nette des espèces indésirables, que ce

soient des espèces nuisibles pour l'agriculture ou des espèces à l'origine de nuisances, de maladies, voire de phobies.

Pour certains, une telle nature est asservie, mutilée, artificialisée, etc. Mais pour beaucoup de Français, c'est un patrimoine naturel correspondant à notre culture et à nos représentations qui s'est construit au fil des siècles. Dans leurs rêves, ou pour se faire peur, il y a cette référence à la nature « sauvage » quelque peu idéalisée par certains mouvements de protection de la nature. Une « nature spectacle » dont ils aiment s'imprégner sur leurs écrans de télévision. Les nombreux safaris, ou l'observation des oiseaux, des baleines ou des mammifères, ainsi que la fréquentation des parcs nationaux, témoignent de cet attrait pour la nature – celle des hauts lieux de l'écotourisme tels que les Galapagos, la Tanzanie, l'Amazonie. Celle de la nature dite « vierge » de certains pays en développement, où l'on peut admirer le spectacle de la nature, ses paysages, ses animaux et, comble de l'exotisme, ses hommes aux coutumes étranges qui se confondent dans l'écosystème...

Selon le sociologue Bernard Kalaora, concevoir la protection de la nature « apparaît en France comme importée et non comme l'expression d'un amour en soi de la nature ». Contrairement à l'approche naturaliste et écologique anglo-saxonne, la protection de la nature est perçue en France comme une atteinte au droit de propriété (voir par exemple les controverses sur Natura 2000). Dans la représentation générale des Français, résultant d'une pratique paysanne, il n'existe de nature que maîtrisée et dominée. L'archétype de cette nature est la forêt aménagée et jardinée.

Donc, d'un côté, la nature fonctionnelle pour l'agriculture et le repos du citoyen. Chez nous, c'est une nature jardinée, contrôlée et épurée de ses nuisances. De l'autre, une nature de rêve, la nature vierge chargée d'exotisme se rapprochant de nos représentations du paradis perdu. La nature mise en scène, « hollywoodienne », que l'on va admirer en groupe. Celle où l'on aime se payer une poussée d'adrénaline en s'approchant des éléphants ou des lions pour mieux les cadrer avec un appareil photo jetable, dans laquelle on se rend à grand renfort de produits anti-moustiques... Dans un cas comme dans l'autre, ce qui compte n'est pas tant la vie en elle-même que le spectacle esthétique de paysages animés. Les animaux sont un élément du décor de ces « *ecolands* ». Le rapport à l'animal, on l'a beaucoup plus à la maison avec son chien, son chat ou ses poissons exotiques. Quand ce n'est pas un python ou une mygale...

Une perception de la nature, en revanche, bien loin de celle des Africains pour qui la nature est le plus souvent un garde-manger ou une menace pour leur vie et pour leurs biens. Mais c'est dans les pays en développement que nous militons le plus activement pour protéger les tigres ou les éléphants. Dans le même temps, l'ours et le loup ne sont pas les bienvenus chez nous. Un autre avatar du phénomène Nimby.

Quelles natures voulons-nous ?

De nos jours, il est fort probable que la nature que peuvent imaginer les Français ne soit pas très différente de celle que nous connaissons. Pour vivre, un jardin planétaire. Pour rêver ou se faire peur, une nature exotique. Notre jardin, nous l'avons aménagé et nous le reconstruisons en permanence. Nous créons des aires protégées, nous restaurons des

écosystèmes. Certes, nous avons donné quelques coups de canifs à la nature. Les infrastructures routières ont morcelé les habitats. Les résidences secondaires ont mité le paysage. Mais, dans ce cadre familier – cette nature domestiquée avec ce rien de « sauvage » – que nous avons créé, nous nous sentons bien. Il reste néanmoins un problème à résoudre bien entendu : la nature exotique se dégrade rapidement. Ces pays en développement ne sont décidément pas sérieux, ils n’ont pas conscience de dégrader leur patrimoine. On leur a pourtant bien dit et répété à longueur de conférences internationales : protéger la biodiversité, c’est protéger les biens et les services fournis par les écosystèmes. Les Nations unies ont même réalisé tout un programme pour les en convaincre. Il va falloir définitivement créer ce « gendarme international » de la biodiversité – le droit d’ingérence écologique en quelque sorte. Le rêve de certaines ONG lors des discussions préalables à la Convention sur la diversité biologique ! Et donc celui de nombreux citoyens qui adhèrent à ces idées...

La conservation de la diversité biologique s’articule ainsi autour de deux traditions bien distinctes, tendant néanmoins à converger. D’une part, la gestion des ressources reconnaît implicitement que protéger les espèces « utiles » est nécessaire au développement économique. D’autre part, préserver des espèces et des écosystèmes remarquables ou ordinaires dans le cadre de mesures réglementaires. Les aires protégées ont longtemps été l’outil privilégié de cette conservation. Mais d’autres outils sont maintenant disponibles.

Un jardin planétaire ?

Où sont les limites de notre emprise sur la biosphère ? Difficile à dire, mais on peut imaginer de nombreux scénarios catastrophe si la pression des hommes continue de croître. Il y a danger. Si de nombreuses espèces sont menacées, on peut penser aussi que l’homme, un animal parmi d’autres, fait partie du lot. Pour certains, les conditions de notre survie sont en jeu. Du moins c’est ce que disent beaucoup d’ONG. Y a-t-il place pour une autre vision du monde ?

Une voie raisonnable serait de trouver des compromis acceptables entre l’usage des écosystèmes et de leurs ressources et la préservation de la biodiversité. La nature ne doit plus être considérée comme une mine à ciel ouvert. Ni d’ailleurs comme un éden à préserver des interventions humaines. Si l’homme fait partie de la nature, il n’y a pas à choisir entre la nature et l’homme. Il faut les protéger tous les deux, lier par exemple la protection de la diversité biologique à celle de la diversité culturelle. Pourtant, comme le dit le sociologue Bernard Picon, « La conception d’une nature nécessairement bonne et belle à préserver d’une civilisation technicienne, forcément malfaisante, est encore largement présente dans les politiques publiques. Elle est largement partagée par certains acteurs institutionnels de l’aménagement du territoire et de la protection de la nature. »

Des idées émergent, comme celle du jardin planétaire de Gilles Clément, avec un succès certain. Le jardin planétaire regarde la mondialisation sous l’angle de la diversité des êtres et des pratiques ; il s’oppose de façon radicale à l’uniformisation. « Il propose une relation homme-nature où l’acteur privilégié – ici le jardinier, citoyen planétaire – agit localement au nom et en conscience de la planète. » Surtout, il considère qu’il n’existe pas un seul modèle d’organisation possible mais reconnaît une infinité de jardinages intégrant la complexité du monde vivant à la diversité des situations politiques et sociales. Une utopie, peut-être, mais une utopie constructive... Très proche du scénario de la « mosaïque adaptative » proposé par l’Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Le scénario qui donnerait les meilleurs résultats dans l’absolu !

Ce sentiment est-il partagé par le paysan du Sahel ? Difficile à dire. Lui, ce qu’il réclame, c’est la pluie. Sa priorité est de nourrir sa famille, comme les paysans français des siècles derniers.

Sus aux nuisibles. Sus aux maladies. Son rêve est peut-être aussi cette nature qui ressemblera étrangement à la nôtre une fois qu'elle aura été maîtrisée. Car nous ne sommes plus dans le monde des ethnologues faisant l'apologie de sociétés mythiques en « harmonie » ou en « équilibre avec la nature ». Trop de bouches à nourrir. Trop de besoins créés par la société de consommation. Les aides internationales, dérisoires, se perdent souvent dans les comptes en banque de quelques dirigeants ou de grandes entreprises. Les paysans ou les citadins, de plus en plus nombreux, n'ont d'autre choix que d'exploiter les ressources naturelles pour se faire un peu d'argent.

La biodiversité est-elle un patrimoine ?

La biodiversité est souvent présentée comme un « bien commun » de l'humanité. La notion de patrimoine commun fait référence, quant à elle, à un ensemble de biens présentant un intérêt pour la collectivité. Gérer ce patrimoine dans le but de le transmettre à des héritiers implique de développer de nouveaux comportements à l'égard des milieux naturels. Pas si simple de passer du discours à l'action !

Dans le droit français, le patrimoine est une notion juridique s'appliquant à un ensemble de biens ayant une histoire et rattachés à une personne qui en est titulaire. Parler de patrimoine c'est parler d'héritage, c'est l'instrument légal de transmission des biens. Pour le juriste Michel Prieur, « [le] patrimoine fait appel à l'idée d'un héritage légué par les générations qui nous ont précédés et que nous devons transmettre intact aux générations qui nous suivent. » Le terme « intact » est probablement un peu restrictif en la matière. Mais il se réfère, comme souvent, à l'idée d'une nature en équilibre... Quoi qu'il en soit, le concept de patrimoine commun fait référence à des biens en propriété collective, gérés et pris en compte par l'ensemble des citoyens. Mais aussi à la notion de pérennité dans le temps : un héritage que l'on a reçu et que l'on doit transmettre.

La notion de patrimoine naturel apparaît dans le droit français en 1967. Depuis, on l'a appliquée à tout ce que l'on entendait protéger : les espèces animales et végétales, les ressources naturelles renouvelables, les paysages, les systèmes écologiques où les espèces se reproduisent, etc. Mais aussi les variétés végétales et les races animales issues de la domestication, ainsi que les pratiques et les savoirs liés à l'agriculture et à l'élevage. Et encore les plantes à usage médicinal. Bref, un vaste domaine recouvrant aussi bien des systèmes naturels que des systèmes construits par l'homme. On pourrait dire que l'ensemble de la biodiversité est un patrimoine.

La notion de patrimoine naturel renvoie également à celle de patrimoine artistique. Les flores, les faunes et les milieux naturels se trouvent assimilés aux œuvres d'art. Nous ne sommes pas loin d'une nature « musée », dont la préservation relève alors de la responsabilité nationale. D'ailleurs, les artistes sont les premiers à avoir attribué une valeur patrimoniale à la nature. En France, les peintres de l'école de Barbizon ont obtenu la création en 1851 des « réserves artistiques » en forêt de Fontainebleau. La notion de patrimoine s'inscrit également dans l'esprit de la Convention du patrimoine mondial de 1972 et de la défense des « monuments naturels » prônée par l'Unesco et l'UICN : il s'agit de paysages et de zones naturelles de valeur esthétique et culturelle participant du patrimoine de l'humanité.

Mais la patrimonialisation a aussi des effets pervers. D'une certaine manière, on porte un jugement de valeur dès lors qu'on assimile un paysage, un animal ou une plante à un patrimoine. On fait implicitement des choix. On a tendance à privilégier la nature spectaculaire au détriment de la biodiversité ordinaire, ou de celle qui ne plaît pas au public. Ces choix ne vont pas nécessairement dans le sens de la protection de la biodiversité dans son ensemble.

Ainsi, les listes d'espèces protégées sont plus riches en espèces emblématiques qu'en espèces « nuisibles ». Une autre dérive serait de sanctuariser, au nom du patrimoine, des paysages ou des territoires présentés comme des lieux de nature vierge, comme les forêts au détriment des formations herbeuses. Et de considérer leur statut comme immuable, alors que nous l'avons répété à maintes reprises : la biodiversité, c'est aussi le changement. Autre paradoxe, on a également tendance à considérer comme patrimoine naturel des milieux fortement transformés par l'homme. Ainsi, pour les Asiatiques, les rizières font partie du patrimoine. De même pour les bocages de nos contrées. Pourquoi pas ?

Bienvenue aux immigrés ?

Il faut un peu d'humour pour parler de cela, car la question divise les citoyens. Ou plutôt elle oppose des écologistes maintenant hostiles à toute introduction d'espèces.

L'« essuie-glace » des glaciations parcourant l'Europe tous les 100 000 ans environ nous a laissé une biodiversité bien appauvrie par rapport aux régions tropicales. Notre continent est ainsi très régulièrement une terre de reconquêtes pour la biodiversité décimée par les glaces. Au moment du réchauffement, certaines espèces sont plus aptes que d'autres à reconquérir rapidement les terres libérées. D'autres suivent à pas plus lents. D'où viennent toutes ces pionnières ? Certaines proviennent encore des zones refuges du sud de l'Europe. Mais beaucoup ont emprunté le bateau lors des grandes expéditions de découverte du monde. De nos jours, les espèces utilisent également l'avion pour voyager... Elles peuvent donc venir de plus loin.

Beaucoup de nouvelles espèces sont accueillies avec joie par les jardiniers, les aquariophiles ou les collectionneurs. Les particuliers eux-mêmes s'y mettent et n'hésitent pas à ramener de leurs voyages des espèces « curieuses » ! Quand on les maintient en captivité, elles trouvent toujours un moyen de s'échapper – à moins que les hommes eux-mêmes ne leurs rendent la liberté. Certaines deviennent encombrantes, s'étalent, envahissent les écosystèmes : une toute petite minorité, mais on leur accorde beaucoup d'importance. Que leur reproche-t-on ? De prendre la place des espèces autochtones ? De ne pas se prévaloir du droit du sol ? Reconnaissons qu'il y a une forme de xénophobie dans notre attitude par rapport aux introductions d'espèces. Alors même que beaucoup d'entre elles sont des compagnes de tous les jours. Elles éclairent nos jardins, amusent les enfants, animent nos maisons. Bienvenue aux immigrés !

Ces ravissants écureuils de Corée

Le tamia de Sibérie, connu sous le nom d'« écureuil de Corée », est en passe de peupler les forêts d'Ile-de-France, où des colonies de plusieurs milliers d'individus sont déjà présentes. On les retrouve aussi dans les forêts autour de Bruxelles. Ce gentil animal brun gris au dos rayé, moins craintif que « nos » écureuils, met enfin un peu de vie dans les sous-bois si déserts. À qui la faute ? À tous les citoyens qui en ont acheté comme animal de compagnie, puis les ont relâchés car ils devenaient trop encombrants. Un petit bémol pourtant : cette adorable petite bête serait pleine de puces... et porteuse de la maladie de Lyme !

Pour faire bonne mesure, les perruches apportent maintenant quelques jolies taches de couleur dans les arbres. La perruche à collier s'est bien installée en Ile-de-France, à Bruxelles, à Londres et à Marseille. Là aussi, des individus échappés ou relâchés. Et d'autres espèces de perruches sont venues la rejoindre. Une jolie volière en perspective.

C'est vrai que la police des frontières est plutôt laxiste : il n'est pas rare de trouver dans les jardineries des espèces protégées dont l'exportation est interdite. Mais il faut dire que peu de douaniers sont spécialisés dans l'identification des animaux et des plantes importées. Et que n'importe quoi, ou presque, a la possibilité d'être introduit. Il y a quelques années, j'avais essayé d'obtenir des renseignements quantitatifs sur les espèces de poissons introduites en France pour les aquariophiles. Mission impossible. Je n'ai eu que le tonnage des importations (poissons, eau et conteneur). Dans ces conditions comment faire appliquer la Convention sur les espèces protégées ?

L'ibis sacré est-il ou non indésirable ?

La plupart des discours sur la biodiversité stigmatisent les introductions d'espèces. Ce serait l'un des principaux facteurs de l'érosion de la biodiversité, selon beaucoup d'ONG et de scientifiques. Très bien. Dans ces conditions, on pourrait donc s'attendre à voir mener des campagnes d'éradication des hôtes indésirables. Pour certaines espèces c'est difficile, car elles sont dispersées, ou peu visibles. Mais qu'en est-il pour ces espèces que l'on peut identifier et localiser sans problème ?

Ainsi, on peut avoir la surprise, aujourd'hui, sur les côtes du golfe du Morbihan ou dans les marais de Guérande, de voir passer un vol d'ibis sacrés (*Threskiornis aethiopicus*). Ces échassiers, originaires de l'Afrique du nord tropicale et bien connus des Égyptiens qui les momifiaient, se sont échappés d'un parc animalier et sont maintenant « naturalisés » en France. Mais qui a parlé de lutter contre les invasifs à leur propos ? Qui a parlé de les éliminer ? Les oiseaux doivent avoir un statut spécial : quand on en parle, vous avez sans doute remarqué que le discours change de ton...

Le flux de ces immigrés est intarissable. D'ailleurs, avec le réchauffement climatique, le nombre de migrants ne peut qu'augmenter. Tout ça vous rappelle quelque chose ? Vous devez vous tromper... D'ailleurs, qui est capable de citer les espèces indigènes en Europe aujourd'hui ? Avec le temps, on considère des espèces parfaitement acclimatées comme indigènes. La carpe commune ? Un immigré ! Le platane ? Un immigré ! La liste est très longue en réalité...

Le principe de responsabilité

Pendant longtemps, nos sociétés occidentales ont ignoré l'éthique en matière d'environnement. Or, nous voyons bien que la question de la biodiversité n'interpelle pas la seule rationalité scientifique. L'idée que l'on peut en permanence corriger la technique par la technique a fait long feu : on ne trouve pas de solutions techniques au réchauffement climatique. La gestion de notre environnement et de la biodiversité ne peut se concevoir sans faire appel à notre responsabilité individuelle et collective.

Nous baignons dans une ambiance générale de catastrophisme. Les médias, les discours officiels autour du thème « la maison brûle » sont légion. C'est ce que le philosophe allemand Hans Jonas appelle « l'heuristique de la peur ». Étant donné la menace qui se profile, nous nous trouvons dans l'obligation de protéger notre environnement en anticipant la catastrophe par des mesures appropriées. En d'autres termes, l'homme devient responsable de son avenir : c'est le principe de responsabilité. Il se trouve investi d'une mission de sauvegarde pour ne pas compromettre sa propre survie. Il a la responsabilité devant les générations futures de leur transmettre un patrimoine commun, dont un accès aux ressources naturelles suffisant pour leur permettre de mener, elles aussi, une existence correcte.

En outre, avec la disparition des espèces, l'homme est confronté au problème moral de son rapport avec les autres formes de vie, de sa responsabilité dans le maintien de la diversité des formes vivantes. Comme Hans Jonas, on peut s'interroger sur le droit, et donc sur la responsabilité d'une génération ou d'un peuple à s'approprier et à éliminer le produit d'une évolution qui a duré des centaines de millions d'années. N'avons-nous pas le devoir de léguer à nos descendants un monde équivalent à celui que nous avons reçu en héritage ?

Un discours culpabilisant et relativement efficace, faisant appel aux bons sentiments. Mais ce discours ne touche qu'une faible partie de la population, celle qui n'a pas à songer chaque jour à la nourriture du lendemain. Toujours est-il que ce sentiment de culpabilité motive l'action de beaucoup d'ONG et de leurs adhérents.

Des scénarios pour réfléchir

Comment se projeter dans le futur ? Comment prendre aujourd'hui des décisions engageant l'avenir, en se donnant le maximum de chances de ne pas trop se tromper ? Autant de questions auxquelles la prospective essaie d'apporter quelques éléments de réponse.

La prospective, ce n'est pas la boule de cristal qui va nous permettre de prédire l'avenir. Cette démarche scientifique propose des scénarios sur ce que pourrait être le futur en fonction de certaines hypothèses de base. On peut ainsi poser comme hypothèse que la température moyenne va augmenter de 4 °C d'ici l'an 2100, et essayer d'imaginer les conséquences sur la biodiversité à partir des informations scientifiques disponibles. Ou envisager les modifications de la Pac (politique agricole commune) sur l'occupation des terres, et les pratiques agricoles.

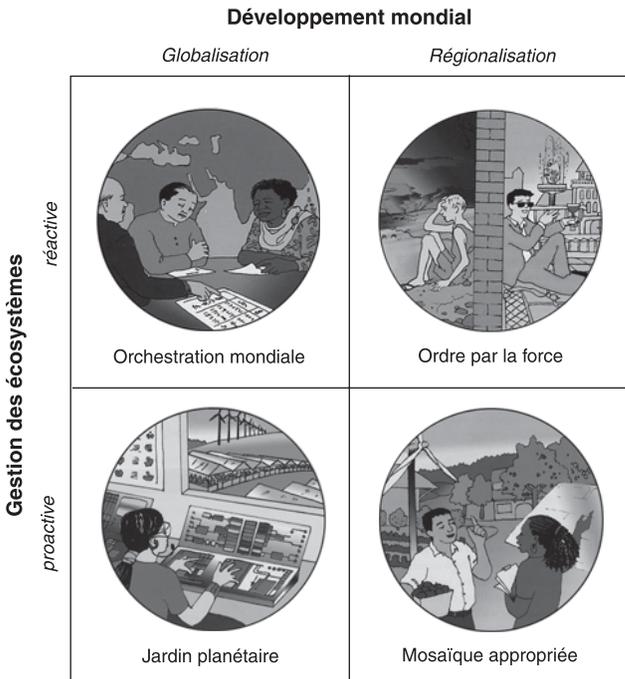


Figure 6. Hypothèses concernant la gouvernance de l'environnement, émises dans des scénarios prospectifs par l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Démarche proactive ou réactive d'une part, gouvernance mondiale ou régionalisée d'autre part.

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire a testé quatre scénarios prospectifs du monde tel qu'il pourrait être d'ici 50 ans (figure 6). Il s'agissait de réfléchir aux avantages et inconvénients de divers modes de gouvernance en vue de maintenir la qualité des services rendus par les écosystèmes. Ces scénarios ont été élaborés en partant de deux catégories d'hypothèses.

1. L'ouverture des pays par rapport au reste du monde : soit la planète devient graduellement mondialisée, soit elle devient de plus en plus régionalisée. Autrement dit, un gouvernement mondial ou le maintient d'une diversité culturelle ?

2. Une approche réactive ou proactive de la gestion des écosystèmes : laisse-t-on les choses aller en réagissant seulement quand les problèmes se posent, ou prend-on les devants par des mesures de prévention ?

En croisant deux à deux ces hypothèses on obtient ainsi 4 scénarios.

– Approche réactive de la gestion des écosystèmes : les problèmes ne sont résolus que lorsqu'ils se posent de manière évidente.

- *Orchestration globale*. C'est un monde ouvert sur le commerce international dans un cadre de totale libéralisation. Les sociétés investissent dans les infrastructures, l'éducation, les mesures de lutte contre la pauvreté. La croissance économique est forte mais, globalement, l'état de l'environnement se dégrade fortement.
- *Ordre par la force*. Dans un monde régionalisé, fragmenté, avec des rivalités entre États, on accorde la priorité à la sécurité et aux intérêts régionaux. Les résultats sont décevants de manière générale, et toutes les catégories de services se détériorent.

– Approche proactive : on prend les devants en cherchant à maintenir de manière volontaire les services rendus par les écosystèmes.

- *Technojardin*. Un monde ouvert, interconnecté combinant préoccupation de l'environnement et fort investissement technologique. L'humanité parvient à concilier son développement avec les capacités de régulation des écosystèmes. Mais les services culturels sont en déclin.
- *Mosaïque d'adaptation*. Les activités politique et économique sont régionalisées. Les écosystèmes sont gérés à l'échelle locale, par des institutions *ad hoc*. Toutes les catégories de service connaissent une amélioration.

Trois scénarios sur quatre laissent à penser que des actions significatives peuvent être menées pour atténuer certaines des conséquences des pressions exercées sur les écosystèmes. Seul le scénario « ordre par la force » fait apparaître une dégradation générale des écosystèmes.

Quelles conclusions en tirer ? En matière de réformes institutionnelles, il s'agit de mieux intégrer les objectifs de gestion des écosystèmes au sein des autres secteurs d'activité. En particulier, mieux responsabiliser l'État et le secteur privé afin de réduire les impacts des activités agricoles ou industrielles sur les écosystèmes. Les préoccupations environnementales doivent peser de tout leur poids sur les décisions. C'est un point clé : faire en sorte que l'« intérêt » des États et du secteur privé pour l'environnement se transforme en « préoccupations majeures ». Il s'agit d'une véritable démarche proactive.

Pour l'agriculture, l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire conseille de favoriser la diffusion de technologies permettant de soutenir la demande croissante de nourriture sans utiliser trop d'eau, d'engrais ou de pesticides. Elle propose aussi de mettre un terme aux subventions favorisant les usages démesurés des ressources. C'est le cas notamment du secteur de la pêche, extrêmement subventionné, qui conduit à l'épuisement des stocks

de poissons. Cela n'exonère pas d'appliquer la réglementation. Tout le monde sait, par exemple, que les quotas ne sont pas respectés.

Souignons une recommandation originale de l'EM : des changements de comportements non pas influencés seulement par des considérations financières, mais aussi par des facteurs culturels et éthiques. Ils pourraient participer à une réduction de la consommation mondiale de biens et services fournis par les écosystèmes. L'éducation bien entendu est amenée à jouer un rôle clé dans cette démarche.

Safari dans les villes

La ville est loin d'être un milieu homogène. On y trouve des lambeaux de milieux naturels plus ou moins détériorés comme les cours d'eau ou les forêts, et des milieux complètement aménagés (parcs et jardins) pour l'agrément des citadins. On y trouve aussi des milieux spécifiquement urbains comme les friches ou les remblais des voies ferrées. Les systèmes urbains construits sont autant de nouveaux écosystèmes pour les espèces, qui peuvent s'adapter à ces nouvelles conditions écologiques. C'est un peu ce que nous observons à l'heure actuelle.

La biodiversité à la conquête des espaces urbains

Il fut un temps où la ville était perçue comme un milieu hostile aux animaux. Rechercher la nature dans la ville, et la trouver, aboutit en définitive à casser l'idée stéréotypée de « ville » s'opposant à nature. Il y a une dizaine d'années, quelqu'un avait proposé de faire de New York une réserve de la biosphère – suscitant l'hilarité générale. Et pourtant, on s'aperçoit de plus en plus que la ville n'est pas un désert pour la flore et la faune, bien au contraire. Les scientifiques ont découvert avec surprise qu'elle était fort peuplée, et pas seulement d'espèces banales !

À partir d'inventaires parfois anciens de faune et de flore spontanées, on a montré l'existence de formes vivantes adaptées au milieu urbain. Dans Paris, environ 1500 espèces animales et plus de 1200 espèces végétales ont été recensées en 2005. Les citadins connaissent surtout les oiseaux : il y aurait 51 espèces nicheuses à Paris et 17 visiteuses occasionnelles. Le pigeon ramier (ou « palombe ») est venu rejoindre son cousin, le pigeon biset, ou « pigeon domestique ». Le choucas des tours a trouvé des édifices lui rappelant ses falaises d'origine. Tout comme le faucon crécerelle, dont certains couples se sont installés sur Notre-Dame, la tour Eiffel ou le Sacré-Cœur. Certaines espèces, comme le moineau domestique, semblent par contre en déclin. Bien sûr, il n'y a plus le crottin de cheval dont il était friand, mais il y a aussi moins d'insectes... On a également recensé à Paris 32 espèces de mammifères sauvages dont 11 sont intégralement protégées. La fouine et le renard sont les plus fréquents.

Parcs et jardins : la nature reprend des droits

La nature existe dans la ville, notamment sous la forme d'une « technonature » de parcs et jardins. Car les pratiques paysagères spécifiques à la ville sont surtout fondées sur les sciences horticoles. Elles sont héritées de l'art des jardins et de l'art urbain au XIX^e siècle. L'objectif était de réinstaller la nature en ville pour des raisons à la fois hygiénistes et

esthétiques. Ainsi, on insiste sur les capacités de la végétation à dépolluer l'air, sur l'aptitude des bandes boisées plantées sur talus à atténuer le bruit, etc.

Les pratiques sont en train de changer ; une véritable révolution dans la manière de gérer les parcs et jardins. On « refabrique » de la nature en ville en installant des mares sur des bâches en plastique, en lieu et place de bacs à sable abandonnés, en végétalisant les murs. Le gazon ras fait place aux herbes folles. On tond partiellement et moins souvent les pelouses de manière à laisser les plantes arriver à maturité. On réhabilite les orties et les ronces afin de préserver des zones où les insectes peuvent se reproduire. Le concept de « mauvaise herbe » en prend un coup ! On bannit les pesticides, les désherbants et les engrais chimiques. Officiellement, dans certains arrondissements, 90 % de ces produits ont été supprimés pour l'entretien des jardins et des bois. Les citoyens non informés se plaignent d'ailleurs du manque d'entretien : des pelouses non tondues, cela fait désordre dans nos images du « végétal correct ». Il faut alors argumenter, rééduquer les citoyens. Ils ont toujours vécu dans l'idée de parcs et jardins « bien entretenus » par rapport aux friches rurales et à une nature sauvage exubérante. Mais soyons sérieux, il ne s'agit pas de laisser la nature s'exprimer toute seule. Les paysagistes sont là pour planter le décor.

Ces pratiques de « naturalisation » de l'urbain sont inspirées des pays nord-européens, où la taille et la répartition des espaces verts favorisent la vie animale. À une ingénierie basée sur des formes végétales plantées et semées vient ainsi s'ajouter une ingénierie de la restauration de milieux capables de produire de manière spontanée des formes végétales et animales. Les mauvaises herbes deviennent alors souhaitables. L'espace vert se transforme en patrimoine vert.

Les abeilles en ville

Pour un propriétaire de ruches, Paris est un eldorado. Il semble en effet que l'abeille des villes soit plus en forme que l'abeille des champs, selon les apiculteurs. D'une part, les traitements phytosanitaires y sont moins abondants, en particulier le Gaucho et le Régent tant redoutés, et d'autre part les arbres mellifères y sont légion. Les floraisons se succèdent tout au long de l'année permettant un butinage plus long sur une plus grande variété de fleurs. Les abeilles y apprécient aussi la température un peu plus élevée. Toujours est-il que d'après les experts, le miel de ville, plus riche en arômes que celui des campagnes où règne souvent la monoculture, est particulièrement savoureux et la production est plus importante qu'à la campagne. Il est même récompensé lors de concours agricoles. L'apiculture urbaine semble avoir de l'avenir...

Mettre de la nature en ville

Un autre type d'approche concerne les expériences de création de milieux naturels dans ou autour des agglomérations. Il peut paraître incongru de vouloir créer de toutes pièces un espace naturel. Pourtant l'ingénierie écologique a mis au point des techniques pour créer des zones humides. On connaît surtout les bassins de lagunage à macrophytes construits pour épurer les eaux usées de petites collectivités. Ces infrastructures naturelles remplacent avantageusement des stations d'épuration.

Une expérience intéressante a été menée en région parisienne. Deux marais artificiels ont été aménagés dans des parcs urbains, le marais de Sausset, près de Villepinte, et la Plage bleue à Valenton. Au départ, tout commence en plantant certaines espèces herbacées adaptées aux marais. Les processus d'évolution spontanée sont ensuite encadrés par les

gestionnaires des parcs et des paysagistes. Le marais de Sausset s'est fortement enrichi en espèces végétales au fil des années. Les plantations initiales en ont été profondément bouleversées. On y retrouve maintenant des plantes typiques de marais tels que les roseaux, les massettes, les iris, les salicaires, etc. La réorganisation des peuplements végétaux a été moins importante dans la roselière de la Plage bleue. Mais des bouleaux pleureurs, des aulnes, des saules ont été plantés ultérieurement.

Ces marais sauvages en zone urbaine répondent aux aspirations récréatives des citoyens. Ils apprécient d'y trouver une nature moins domestiquée qu'ailleurs, agréable à l'œil et reposante. Une nature sauvage mais sécurisée. Une « vraie » nature dans laquelle volent des oiseaux.

Ne retrouve-t-on pas, dans une certaine mesure, le même type de relation avec des parcs animaliers paysagés développés en périphérie des villes ? Les citoyens peuvent y circuler en voiture comme dans les safaris africains. On recrée ainsi, à proximité, des « *ecolands* ».

Protection de la nature : des barbelés dans la sierra ?

Les politiques actuelles en matière de protection de la nature – et donc des écosystèmes – sont bien entendu héritières du passé. Leur histoire se rattache à l'histoire des représentations de la nature parmi les différents groupes sociaux impliqués. Chacun agit en fonction de ses motivations et développe des stratégies pour s'approprier l'espace. De fait, la protection de la nature donne souvent lieu à des affrontements conflictuels.

Conserver ou protéger ? Il y a souvent confusion des termes. Un délit pour les puristes, mais qu'importe ? On sent bien que l'idée est de soustraire des espèces ou des écosystèmes à la destruction. Qu'elle soit due le plus souvent aux activités humaines, ou à d'autres facteurs. Et, dans ce domaine, les idées ont bien changé.

En France, la protection de la nature a connu différentes phases que Geneviève Barnaud résume ainsi :

- une phase au cours de laquelle on a mis l'accent sur la protection de sanctuaires de nature vierge et inviolable, d'espaces de grande valeur paysagère, faunistique ou floristique, en quelque sorte les « monuments naturels ». Dans cette mouvance ont été créés des parcs naturels et des aires protégées dans de nombreux pays ;

- une seconde phase au cours de laquelle on a pris conscience des limites de la pratique de la « mise sous cloche » et de la nécessité d'intégrer, dans les objectifs de conservation, l'environnement général des sites et les activités humaines. Le concept de réserve de la biosphère, développé par l'Unesco dès le début des années 1970, prend en compte les critères écologiques et socio-économiques. L'espace est réparti en différentes zones en fonction de son degré d'usage ;

- une troisième phase qui correspond à la prise de conscience du caractère artificiel de beaucoup de territoires. Elle a mené au développement du génie écologique dans le but de gérer des espaces et des espèces avec des techniques biologiques et physiques adaptées.

On se heurte bien entendu à la question récurrente : faut-il protéger une nature sans l'homme ou avec l'homme ? Car le mythe de la nature vierge surgit d'abord avec la notion d'aire protégée. Certes les idées ont beaucoup évolué sur cette question. Mais à l'origine, il s'agissait bien de mettre la nature sous cloche, en écartant l'homme de ce paradis recréé, les seuls éléments de perturbation étant les phénomènes naturels. L'idée de nature sans l'homme ressurgit aussi régulièrement dans les programmes de restauration des habitats.

« La nature est en crise et cette fois nous, les protecteurs de la nature, avons également nos parts de responsabilité. En effet, nous nous sommes laissés enfermer dans nos réserves naturelles et autres espaces confinés à faire des expériences de “génie écologique” et à aménager la biodiversité, tout heureux d’avoir enfin des lieux d’expression, des moyens techniques et financiers pour notre jardinage écologique et une reconnaissance de la société. Pendant ce temps, à l’extérieur des réserves, les aménageurs détruisent la nature ordinaire au risque de rendre caduques des réserves isolées dans des milieux surexploités et très appauvris sur le plan biologique. En acceptant les réserves, nos “acquis sociaux” gagnés de haute lutte, nous n’avons pas vu que nous acceptions en même temps, les principes qui les sous-tendent, à savoir la destruction de la nature partout ailleurs. » Génot, 1998

Le mot « restauration » lui-même évoque le retour au fonctionnement d’origine, avant les perturbations dues à l’homme, ce qui est rarement possible dans les faits.

On ne peut parler des aires protégées sans évoquer l’histoire pleine d’enseignements du parc amazonien de Guyane. Sa création, promise par le président Mitterrand en 1992 lors de la conférence de Rio, a été effective en 2007. Mais après combien de discussions et de rebondissements, et sous quelles conditions ! Un premier projet au milieu des années 1990 fut refusé car trop intégriste. Il s’intéressait surtout à la protection de la nature et pas beaucoup au sort des populations locales. Un second projet à la fin des années 1990 fut également rejeté, cette fois par les élus indépendantistes. Ils y voyaient une confiscation du territoire. En fait, dans le contexte de cette époque, l’activité aurifère, légale ou pas, apparaissait comme une solution aux difficultés économiques de la région. Le dossier fut donc mis en sommeil... en attendant que la loi française sur les parcs nationaux soit modifiée (en 2006) de manière à ne pas exclure l’homme du territoire du parc. Ainsi, les communautés amérindiennes peuvent continuer à y vivre et à y pratiquer des activités de subsistance ou liées au tourisme. Mais le tracé du parc amazonien a été fait de telle manière qu’une partie du territoire du parc est classée en zone de « libre adhésion ». Petit tour de passe-passe qui, pour certains, laisse entrevoir que l’activité d’orpaillage pourra se développer au sein du parc. À peine créé, le parc voit déjà ses frontières contestées.

Réintégrer l’homme dans la conservation

Il est clair maintenant que la protection de la biodiversité ne peut reposer sur la seule approche réglementaire. Il faudrait pour cela un corpus juridique plus cohérent et adapté aux différentes situations. Et une « police de la nature » dotée de moyens bien plus importants que ceux dont elle dispose actuellement. Cette situation ne fait que traduire en réalité le peu d’intérêt porté à la protection de la biodiversité face à des opérateurs économiques puissants. Faire régner l’ordre par la force est un scénario, nous l’avons vu, qui donne de piètres résultats. Il faut au contraire motiver et convaincre. Il faut également inciter si nécessaire.

Des aires sous la protection des populations locales... ?

Depuis une vingtaine d’années, la gestion des milieux et des ressources et la protection de la biodiversité ne sont plus considérées comme des activités systématiquement antagonistes. On a surtout pris conscience qu’il était difficile de maintenir des aires protégées sans faire adhérer et participer les populations autochtones. La tendance serait donc de réintégrer

Les réserves de la biosphère

Le concept de réserve de biosphère a été développé en 1974 par le Programme sur l'homme et la biosphère (Mab) de l'Unesco. Le réseau comprend actuellement plus de 300 réserves réparties dans 82 pays. Elles sont conçues pour répondre à la question : comment concilier la conservation de la biodiversité et des ressources biologiques avec leur utilisation durable ?

Chaque réserve comprend en principe (1) une aire centrale qui joue un rôle de protection à long terme, (2) une zone tampon qui entoure et jouxte la zone centrale et qui est utilisée pour des activités de coopération compatibles avec des pratiques écologiquement viables telles l'éducation, les loisirs, l'écotourisme, (3) une zone de transition qui peut comprendre des activités agricoles ou autres exploitations.

La conférence de Séville (1995) a précisé le rôle de ces réserves pour le XXI^e siècle :

- préserver la biodiversité naturelle (des gènes aux paysages) et culturelle ;
- utiliser les réserves comme modèles d'aménagement du territoire et lieux d'expérimentation du développement durable ;
- utiliser les réserves pour la recherche, la surveillance continue, l'éducation et la formation.

l'homme dans la protection de la biodiversité. La philosophie des réserves de la biosphère mises en place par l'Unesco part de ces principes. Ainsi que celle de beaucoup d'ONG de conservation de la nature. Un principe accepté par tous, ou presque, mais parfois à reculons. Car l'idée de protéger la nature sans l'homme reste vivace.

La même philosophie s'applique maintenant à beaucoup d'aires protégées, y compris des parcs nationaux. Ces derniers deviennent ainsi des lieux où les notions de protection sont intégrées à des objectifs de gestion et d'aménagement. Cette démarche n'est pas sans rappeler celle de certains forestiers français du XIX^e siècle, dont on a quelque peu perdu la mémoire. La protection de la nature n'est pas seulement scientifique, elle est également idéologique.

Les parcs naturels régionaux

Un parc naturel régional est « un territoire à dominante rurale dont les paysages, les milieux naturels et le patrimoine culturel sont de grande qualité, mais dont l'équilibre est fragile ». Les PNR ont été créés en 1967. Par rapport aux autres espaces protégés (parcs nationaux, réserves naturelles), ce sont avant tout des territoires ruraux habités, où l'on essaie d'associer développement économique et protection d'un patrimoine de haute valeur naturelle, culturelle et paysagère.

Une agriculture au service des paysages ?

Voilà une idée géniale. La profession agricole est en crise : moins d'exploitations et des difficultés à attirer les jeunes. Nos paysages ruraux vont en pâtir : déprise agricole, dégradation du patrimoine paysager. Tout ça tombe mal, au moment où le tourisme vert est en pleine expansion ! Il faut dire que les paysages ruraux et bucoliques de notre imaginaire en ont pris un coup : remembrement et arasement des haies, assèchement de zones humides, édification de dizaines de milliers de bâtiments agricoles en parpaings et tôle ondulée, utilisation intensive d'engrais et de pesticides, marées vertes, etc. Sans oublier les sacs en

Mettre les citadins au travail ?

Les rizières en escaliers (appelées « tanada ») sont des méthodes de culture traditionnelles au Japon en zones de montagne. Le paysage ainsi créé sur des pentes raides est très attractif pour les visiteurs. Cette méthode de culture repose en grande partie sur la coopération entre agriculteurs, dans la mesure où tous leurs champs sont reliés par le même système d'irrigation. Mais les agriculteurs vieillissent et les jeunes ne se bousculent pas pour prendre la relève. D'autant que les revenus sont bien maigres. Pour sauver néanmoins ce patrimoine culturel, il fallait créer un système incitatif et jouer sur la beauté du paysage. Dans le cadre d'une coopération urbains-ruraux le « Système du propriétaire » a été mis en œuvre dans plusieurs villages. Les citadins, appelés en l'occurrence propriétaires (mais ils ne les sont que de manière temporaires...) paient pour des « vacances de travail » avec des agriculteurs, apprennent à préserver les Tanada et conservent une partie de la production. Cette forme de tourisme connaît actuellement un certain succès, mais on ne peut pas dire encore elle a vraiment de l'avenir. A quand les vacances de travail à la ferme pour entretenir nos paysages ?

plastique et les odeurs de lisier qui accompagnent les promenades en campagne. L'agriculteur est accusé de détruire la nature, non sans raisons parfois... Une nature, pourtant, que ses ancêtres avaient construite.

Dans les années 1980, la profession agricole a été quelque peu sceptique quand on a fait allusion à des fonctions possibles de « jardiniers du paysage ». Elle s'est même indignée d'en être réduite à cette fonction, non productive... Depuis, l'idée a néanmoins fait son chemin. Pourquoi pas une agriculture conservant ses fonctions de production, mais qui participerait simultanément à la gestion, à l'entretien et à l'amélioration de l'environnement ? Bien entendu, « l'encouragement » viendra des primes incitatives perçues par les agriculteurs pour rémunérer un service rendu à la société. Car l'agriculteur, pas plus que n'importe qui, n'est naturellement enclin à voir baisser ses revenus (souvent bien trop maigres, chez les petits agriculteurs) pour protéger l'environnement. Et puis, c'est une occasion de revaloriser l'image de la profession.

La protection des espèces et des milieux a d'ailleurs ses paradoxes. Dans certains cas, il est nécessaire de maintenir des activités humaines pour protéger des espèces ; de la protection à la gestion en quelque sorte. C'est le cas pour certaines fleurs de prairies, comme l'iris des Glénan. Au début du xx^e siècle, ce dernier formait d'immenses tapis de fleurs blanches. Il a disparu progressivement sous l'effet du piétinement par les touristes, de la cueillette sauvage et de l'arrachage des bulbes. On a donc pris des mesures, créé une réserve et clôturé le site. Pas de chances, on a vu se développer une épaisse broussaille de ronces et de fougères aigles étouffant les stations où vit le narcisse. Pour sauver l'espèce, il est apparu nécessaire de débroussailler. On a fait appel pour cela à un troupeau de moutons puis à des ânes. Il y a donc des endroits où la présence et l'action de l'homme sont devenues un facteur favorable au maintien de la diversité. Des endroits où une coadaptation entre les activités humaines et l'écosystème s'est instaurée.

Les mesures agro-environnementales (MAE) sont les premières formes officielles de politique environnementale en agriculture. Ces MAE sont des contrats signés entre l'État et un agriculteur sur 5 ans, afin que celui-ci adopte des pratiques agricoles bonnes pour l'environnement moyennant une rémunération. Elles ont été introduites pour accompagner la réforme de la politique agricole commune (Pac) de mai 1992. Officiellement, ces aides doivent compenser les pertes de revenus ou les surcoûts qui peuvent résulter de la mise en œuvre de nouvelles pratiques par les agriculteurs. Pour bénéficier de ces aides, les agriculteurs doivent s'engager à réduire l'utilisation d'engrais et de pesticides ; diminuer

Protéger la nature... contre la nature

La nature n'a rien de figé. Le devenir d'un marais en dehors de toute intervention humaine est le comblement et la colonisation du site par des espèces ligneuses. Un biotope intéressant aujourd'hui sera peut être « banal » demain parce que la dynamique de la végétation aura conduit à modifier le site. Il peut donc sembler paradoxale que l'homme intervienne pour conserver un site dans sa forme « naturelle ». C'est pourtant ce qui arrive parfois. De même, l'existence de certaines espèces est inféodée à des pratiques agricoles. On touche ici aux limites de la conservation. Il n'y a plus aucun respect des dynamiques naturelles, mais bien gestion de la biodiversité par l'homme. Nous ne sommes pas loin des *ecolands* !

la charge du cheptel bovin ou ovin ; introduire ou maintenir l'agriculture biologique. Ils doivent en outre procéder à une reconversion des terres arables en herbages extensifs et entretenir des terres agricoles abandonnées.

La « prime à l'herbe » mise en place en 1993 pour encourager les élevages extensifs avait pour objectif d'enrayer la forte régression des prairies. En région méditerranéenne, on favorise l'élevage dans le cadre du dispositif de défense contre les incendies. Ovins et caprins servent à l'entretien des pare-feux, et à la réduction de la masse ligneuse combustible dans les secteurs sensibles. Dans le domaine montagnard, les objectifs agro-environnementaux sont davantage tournés vers la prévention des avalanches et des risques d'érosion. L'entretien d'herbages pentus, peu productifs, par la fauche ou le pacage contribue à la gestion de la qualité paysagère de l'espace rural. Pour les agriculteurs, il s'agit d'une source supplémentaire de revenus pour autant que les contraintes imposées par le cahier des charges ne soient pas trop fortes.

Le « génie français » va pouvoir s'exprimer dans la mise en œuvre de mesures dites « agro-environnementales ». Un système on ne peut plus complexe ! En 1999, la loi d'orientation agricole introduit, en France, le principe de multifonctionnalité de l'agriculture. Il reconnaît les fonctions économiques, sociales et environnementales des exploitations : le contrat territorial d'exploitation (CTE). Puis, après 2003, le contrat d'agriculture durable (CAD). Ce dernier porte sur la contribution de l'exploitation agricole à la préservation des ressources naturelles et à l'occupation et l'aménagement de l'espace rural en vue notamment de lutter contre l'érosion, de préserver la qualité des sols, la ressource en eau, la biodiversité et les paysages. Entre 2004 et 2006, environ 22 000 CAD ont été signés, pour une durée de 5 ans. Mais les lignes budgétaires afférentes semblent en voie de disparition dans les ministères concernés.

Le bilan des MAE est en effet très mitigé. La rémunération prévue est souvent insuffisante pour que l'agriculteur trouve intérêt à modifier ses pratiques. Les MAE se traduisent souvent par un saupoudrage peu efficace de mesures relativement peu rémunérées dont le cahier des charges est proche des pratiques existantes. Ainsi, on a constaté que les subventions allaient de préférence aux agriculteurs dans les zones qui n'étaient pas spécialement sensibles aux pollutions ; raté, par rapport à l'esprit initial ! On est amené alors à s'interroger sur l'efficacité du mécanisme de contractualisation. Une question qui n'a pas fini de susciter des débats...

Vivre avec le feu

Chaque année, des milliers d'hectares brûlent en Europe du Sud. Chaque année, on s'interroge sur la manière de s'en protéger. Les grands incendies de l'été 2003 ont

particulièrement touché les forêts méditerranéennes : plus de 400 000 ha ont brûlé au Portugal, contre environ 130 000 ha en Espagne et 60 000 en France. Des chiffres qui, en dehors du Portugal, n'ont rien de très exceptionnel. Les départs de feu sont en majorité d'origine humaine – négligence le plus souvent, ou malveillance. Contrairement à d'autres forêts du monde, (la taïga, Yellowstone), la foudre n'est responsable que de 5 % des incendies.

La forêt méditerranéenne n'est pas fragile, comme on le lit trop souvent. Dans cette forêt remaniée par l'homme depuis des millénaires, le feu est une réalité inscrite dans la durée. La répétition des feux depuis les temps préhistoriques était un fait culturel, un mode de gestion paysanne. Qui plus est, la forêt méditerranéenne est en pleine expansion : elle aurait progressé de 11 % en 10 ans, notamment du fait de la déprise agricole.

La prévention des incendies, entamée au XIX^e siècle, a eu pour objectif de réduire les risques dans un système en transition, dans lequel les usages traditionnels étaient en voie de disparition. La lutte contre les incendies devient une institution vers la fin du XIX^e siècle avec tout son arsenal législatif : interdiction des brûlages en forêt, débroussaillage, pare-feux, création d'un service de lutte avec des agents spécialisés, etc., et une limitation drastique des droits d'usage.

Actuellement, la forêt du sud de la France est de plus en plus « mitée » par l'urbanisation. À chacun sa villa isolée, la vue, le calme et la tranquillité. Avec des permis de construire obtenus plus ou moins légalement, et des contraintes somme toute assez faibles : débroussailler un espace de 50 m autour des habitations. Dérisoire, quand on sait que le feu peut franchir des pare-feux de 500 m... bien entretenus. D'autant plus que les propriétaires sont souvent réticents à débroussailler leur parcelle. La lutte contre le feu retrouve ainsi un semblant de légitimité dans la protection de biens et de personnes, le plus souvent des néo-ruraux pour qui le feu n'est qu'une menace.

Dans cette ambiance laxiste, c'est bien sûr à la collectivité d'assumer la protection contre les incendies. Car ces mêmes propriétaires, pourtant bien informés des dangers, sont les premiers à tenir des discours désespérés ou dramatisants lorsque les feux sont passés, à fustiger l'inaction des pompiers, à réclamer des indemnités... Et à vitupérer contre l'État qui ne met pas assez de moyens pour protéger quelques privilégiés ayant transgressé les règles de sécurité les plus élémentaires. Un discours comparable à celui que tiennent ceux qui construisent dans les zones inondables et qui s'étonnent ensuite que l'État ne les protège pas des inondations. À chacun sa vérité !

On peut s'étonner aussi de lire parfois que les feux sont une menace pour la biodiversité. Les expériences acquises dans diverses régions du monde ont montré que le feu peut contribuer au contraire à entretenir la diversité biologique ; gérer cette biodiversité revient à gérer une mosaïque de régimes de feu différents en intensité, en superficie, en fréquence selon la saison. De fait, la politique de prévention des incendies longtemps prônée s'avère être une impasse. On sait pourquoi : avec le temps, les débris végétaux s'accumulent, constituant une biomasse combustible de plus en plus importante. Lorsqu'elle s'enflamme, elle provoque des feux beaucoup plus violents. Et puis, après avoir mis au point des méthodes très sophistiquées (SIG, télédétection, modélisation...), on redécouvre les mérites d'une des méthodes de gestion paysannes : introduction de troupeaux débroussailliers, reconstitution de mosaïques paysagères. On commence également à pratiquer des feux tactiques avec des objectifs précis : ouvrir des espaces à certaines espèces comme l'aigle de Bonelli dans le Lubéron, ou la perdrix bartavelle dans les Alpes-Maritimes, ou lutter contre des plantes envahissantes qui réduisent la biodiversité.

En Afrique du Sud, le brûlage dirigé est pratiqué couramment afin de réduire la biomasse combustible et de limiter les incendies de grande ampleur. Cette technique est deux fois moins chère que le débroussaillage mécanique et son impact est limité.

Les plans de prévention des forêts contre l'incendie instaurés en France par une loi de 2001 visent à impliquer plus largement les élus locaux. Mais les spécialistes considèrent que la meilleure protection contre les incendies serait d'engager une véritable politique de valorisation des productions directes (bois, liège, gomme, plantes médicinales...) ou indirectes (élevage, tourisme...), et de développer la gestion participative de ces milieux. On est loin de la démarche jacobine de gestion des forêts.

Vers une obligation de résultats ?

Depuis deux décennies, notre attitude a beaucoup changé. Nous sommes passés d'une approche traditionnelle centrée sur la protection des espèces et des espaces « remarquables » à un intérêt de plus en plus affirmé pour la « biodiversité ordinaire ». On ne se satisfait plus du classement réglementaire de quelques pour-cent du territoire : on essaie de développer une approche plus globale dans une perspective de développement durable. Avec toutes les difficultés que cela comporte en termes d'outils à mettre en œuvre et de surfaces concernées. Une approche moins spectaculaire, plus dynamique, mais aussi moins facile à faire accepter. Cette approche n'exclut pas la protection conservatoire. Elle concerne de plus en plus d'espaces et nécessite de diversifier les outils de la politique de protection. Parmi ces derniers, l'outil contractuel avec une politique d'incitations fiscales est actuellement mis en œuvre.

Et puis, l'Europe se fait de plus en plus pressante. Merci l'Europe, dans ce domaine tout au moins, car elle oblige l'État français à bouger. Empêtré dans ses jeux de pouvoirs administratifs, il ne l'aurait certainement pas fait tout seul. On a vu par exemple les difficultés de mise en place du réseau Natura 2000 pour lequel la France a failli être condamnée par la cour européenne de justice... Tout comme elle avait été condamnée en 2002 pour insuffisance de désignations de « zones spéciales de conservation » au titre de la directive Oiseaux.

La France n'est guère la seule à montrer si peu d'empressement. Les pays du sud de l'Europe sont traditionnellement moins motivés que les pays du nord pour protéger la biodiversité. Ils sont d'ailleurs aussi plus réglementaristes que ceux du nord qui recourent beaucoup plus à la négociation, au débat public, à la cogestion. L'équilibre entre les prérogatives de l'État central et celles des collectivités territoriales est d'ailleurs un autre domaine possible d'évolution. La gouvernance locale ou régionale, préconisée par l'Europe, reste difficile à faire accepter dans un État jacobin.

L'Europe s'oriente maintenant vers des obligations de résultats et non plus seulement sur l'élaboration de mesures réglementaires. La politique mise en œuvre sera évaluée et contrôlée... Une véritable révolution dans ce domaine. Ainsi va la directive cadre européenne sur l'eau (DCE). Elle engage les pays de l'Union européenne dans un objectif de reconquête de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. Elle affiche une ambition : améliorer l'état des milieux aquatiques (cours d'eau, plans d'eau, lacs, eaux souterraines, eaux littorales et intermédiaires) d'ici 2015, sauf si des raisons d'ordre technique ou économique justifient que cet objectif ne peut être atteint. Elle se fixe des échéances : « Les États membres protègent, améliorent et restaurent toutes les masses d'eau de surface [...] afin de parvenir à un bon état des eaux de surface au plus tard quinze ans après la date d'entrée en vigueur de la présente directive... » (art. 4a de la DCE).

La DCE fixe un calendrier précis aux États membres pour parvenir aux objectifs qu'elle leur assigne. Par exemple en 2004, produire un état des lieux ; en 2006, mettre en place

un programme de surveillance ; en 2009, publier un plan de gestion fixant notamment les objectifs à atteindre pour 2015 ; en 2015, faire un point sur les résultats obtenus par rapport aux objectifs, etc. La DCE introduit également des innovations en matière de protection des systèmes naturels, notamment une obligation de transparence et de participation des différents acteurs. Ainsi, le grand public devra être consulté avant l'approbation des différents programmes de travail, de mesures, et plans de gestion des eaux continentales. En outre, l'analyse économique doit constituer un outil d'aide à la décision, notamment pour justifier les éventuelles dérogations demandées.

Une stratégie nationale... ou un simple effet d'annonce ?

La vie est un combat. La survie de la biodiversité est menacée. Le mieux est encore de définir des stratégies pour y remédier. Dans ce domaine, nous avons depuis 2004 – mais oui – une stratégie nationale pour arrêter de perdre de la biodiversité d'ici 2010. Un document à la fois lyrique et guerrier où l'on rappelle que la France est présente sur « quatre continents et trois océans » (ça fait penser un peu à l'empire colonial ?), ainsi que notre « responsabilité de premier plan dans la mobilisation planétaire pour la préservation de la biodiversité ». Tous les mots clés y sont : il s'agit d'un « enjeu vital » ; il faut stopper la perte de biodiversité d'ici 2010 ; « il faut changer radicalement de focales pour rendre les politiques existantes plus pertinentes et plus efficaces au regard de la conservation de la biodiversité » ; « la stratégie doit être le fer de lance de l'intégration de la biodiversité dans les politiques publiques », etc. Un vrai discours militant ! En partie préparé, il est vrai, par des ONG. Avec des plans d'action sectoriels élaborés avec d'autres ministères. Des activités à réaliser en partenariat avec des acteurs économiques, la société civile, les collectivités territoriales et le monde de la recherche.

Mais comment tous ces beaux élans se concrétisent-ils ? Et surtout, que vaut une stratégie élaborée par le seul ministère de l'Écologie ? Bien entendu, on y fait mention de la nécessité d'intégrer la biodiversité dans les politiques sectorielles. Mais dans la réalité, cette intégration n'est pas bien vécue. La biodiversité apparaît comme une contrainte supplémentaire qu'il faut, au mieux, assumer. Plus généralement on fait l'impasse.

Après trois ans de mise en œuvre, le comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), qui avait beaucoup contribué à l'élaboration de la stratégie nationale, juge le bilan globalement décevant. Peu d'actions annoncées dans les plans ont pu être concrétisées. « Pour les plans "agriculture" et "mer", le comité estime que les mesures prises en faveur de la protection de la biodiversité ne sont pas assez significatives pour limiter les impacts importants engendrés par des pratiques encore très productivistes. » À propos du ministère de l'Équipement, « la biodiversité n'a pas été réellement appropriée ni intégrée dans ses politiques, où elle n'est souvent vécue que comme une contrainte imposée ». Et la liste est longue de ce qui n'a pas été réalisé !

Oh, bien sûr, on a organisé une conférence internationale « Gouvernance et biodiversité ». Qui s'en souvient ? Il faut dire que la déclaration finale (« Appel de Paris en faveur de la biodiversité ») ne fait que reprendre des idées maintenant banales. Il faut plus de recherches (est-ce bien la priorité ?), d'éducation, d'intégration de la biodiversité dans les décisions économiques et politiques. Certes, mais que fait-on concrètement ? La France milite également pour la mise en place d'un mécanisme international d'expertise scientifique sur la biodiversité (Imoseb), l'équivalent du Groupe international d'experts pour le climat. Peut-être, mais c'est un problème trop sérieux pour le laisser dans les mains des seuls

scientifiques. Quoiqu'il en soit, tout cela reste au niveau du discours. Pas d'actions concrètes, pas d'obligation de résultats... Parole, parole...

L'objectif d'interrompre l'érosion de biodiversité d'ici 2010 paraît maintenant dépassé. Mais peut-on raisonnablement se fixer de tels objectifs alors que la mobilisation est pour le moins minimale ?

Et si le climat s'en mêle ?

Cela a déjà été dit, mais répétons-le : la biodiversité est née du changement. Et notamment des variations du climat, qui n'a cessé de se modifier aussi bien localement qu'à l'échelle du globe depuis des dizaines de millions d'années.

On nous annonce quelques degrés de plus pour la fin du siècle. Un changement assez important dont nous serions responsables. Est-ce une catastrophe pour la biodiversité comme d'aucuns le clament ?

Le changement climatique va sans aucun doute engendrer des modifications significatives de la biodiversité un peu partout dans le monde. Que peut-on y faire ? Pas grand-chose probablement. La mobilisation tant nationale qu'internationale pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre reste bien frileuse. On peut déclarer une fois de plus la nécessité de prendre des mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. On voit depuis plusieurs années maintenant que le protocole de Kyoto n'a guère engendré une lame de fond en la matière. Et même si l'on stoppe complètement demain les émissions de gaz à effet de serre – un rêve tout à fait improbable –, l'inertie du système est telle qu'il faudra plus d'un siècle avant d'en ressentir les effets. C'est le groupe international d'experts sur le climat qui le dit ! Donc, nous sommes partis *a priori* pour un réchauffement global.

On va donc faire la politique de l'autruche en espérant que « la nature fera bien les choses », qu'elle sera capable de trouver des mécanismes de régulation. Et puis quelle différence pour la biodiversité entre le réchauffement du climat tel que nous le connaissons, et les changements ayant eu lieu dans le passé sans que l'homme en ait été responsable ?

Dans ce contexte, que vont devenir les aires protégées ? Et que vont devenir les espèces pour lesquelles elles ont été créées ? Selon Claude Martin, directeur général du WWF (World Wide Fund for Nature), « il est devenu de plus en plus évident que les changements climatiques constituent une menace nouvelle et majeure pour les aires protégées ». Dont acte, mais encore ? La sécheresse, la fonte des glaciers vont s'accroître dans certaines régions. D'autres régions, en revanche, seront plus clémentes et mieux arrosées. Mais on ne sait pas encore où ni quand. Les modèles climatiques ne sont pas suffisamment précis pour prédire les conséquences régionales des changements annoncés du climat. C'est bien gênant pour faire des projets.

Claude Martin, toujours, suggère que « si l'on veut préserver toute la gamme de biodiversité, les autorités gérant ces aires protégées pourraient avoir à les déplacer, afin de suivre les habitats et écosystèmes naturels ». Belle pétition de principe. Elle sera très certainement plus difficile à mettre en œuvre sur le terrain. Comment déplacer des îles ou des sommets de montagne ? Que faire des zones humides, ces écosystèmes particulièrement sensibles aux changements climatiques ? À titre d'exemple, le lac Tchad était, en 1960, le quatrième plus grand lac d'eau douce du monde, avec une superficie de 25 000 km² et une profondeur moyenne de 5 à 6 m. C'est en réalité une grande cuvette d'évaporation, en zone aride. Sans exutoire, il est alimenté par les pluies et les apports en eau du fleuve Chari. Actuellement,

il ne demeure qu'un marécage de 3 000 km². La raison ? Non pas l'utilisation de l'eau par les hommes comme ce fut le cas pour la mer d'Aral, mais les variations du climat. Depuis le début des années 1970, la pluviométrie a sensiblement diminué dans le Sahel, et les apports en eau ne compensent plus l'évaporation très importante dans cette région du monde (environ 2,5 m par an). Le lac Tchad a presque disparu. Mais il avait déjà connu de tels changements dans les temps historiques. La diversité biologique en zone sahélienne a été sélectionnée en fonction de ses capacités à surmonter de telles périodes de sécheresse. Il ne s'agit pas là d'une catastrophe mais du cours normal des événements. Par contre, les modifications du climat sont particulièrement dramatiques pour les hommes de plus en plus nombreux dans ces régions.

Toujours est-il que de nombreuses zones humides vont disparaître. Mais d'autres vont apparaître sans aucun doute. Les animaux qui les utilisent vont, pour certains, se déplacer. C'est le cas des oiseaux, capables d'effectuer des milliers de kilomètres au cours de leurs migrations. Mais le cas des zones humides n'est pas généralisable. Beaucoup d'aires protégées vont subir de plein fouet le changement de climat. Il est probable qu'elles ne pourront plus remplir la fonction qui avait justifié leur création : protéger des espèces ou des écosystèmes remarquables. Faut-il pour autant les abandonner ? Certainement pas disent les conservationnistes. Un nouveau rôle pourrait leur être assigné : être des espaces de liberté dans lesquels la dynamique de la biodiversité pourra s'exprimer. Il va falloir néanmoins convaincre les citoyens de la nécessité de préserver des terres qui ont perdu leur fonction initiale !

Conflits, jeux de rôles et enjeux de pouvoirs autour de la biodiversité

Face au poulailler, on le sait bien, c'est toujours le renard qui plaide pour l'abaissement des obstacles à la libre circulation. Mais confronté au chasseur, il fait subitement sienne la cause des parcs naturels protégés. Ainsi en a-t-il été de tous temps...

RENÉ PASSET, 2001

Nous avons vu au cours des différents chapitres que la biodiversité était tout à la fois un objet d'études scientifiques, un enjeu économique, une question d'éthique, un élément de notre santé physique et de notre équilibre psychologique, etc. Le contexte dans lequel nous évoluons est souvent conflictuel. Comment protéger la biodiversité tout en exploitant les ressources et les écosystèmes ? On sait aussi que la conservation ne va pas toujours de pair avec les exigences de santé publique. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que différents groupes sociaux aient essayé de s'appropriier la biodiversité et de promouvoir leurs idées, que ce soit par le prosélytisme ou sous forme de groupes de pression. Ces différents acteurs sociaux ont tous leurs convictions, leurs objectifs, leurs enjeux de pouvoirs. Chacun cherche à imposer sa représentation de la biodiversité pour en tirer un avantage, soit financier, soit social, soit moral. Participent à ce jeu de rôles les conservationnistes, souvent représentés par les ONG mais aussi par des corps de l'État, les corps techniques en charge du développement, des acteurs économiques (agriculteurs, pêcheurs, industriels), le corps médical, des politiques, des médias, les scientifiques, et bien entendu les citoyens. Ce sont ces différents acteurs avec leurs représentations du monde, leurs objectifs et leurs conflits d'intérêts qui donnent un sens à la biodiversité. Nous allons brièvement illustrer cette situation pour quelques-uns d'entre eux.

Les ONG internationales, des « syndicats » de la nature

Les ONG dites « environnementalistes » constituent le fer de lance des mouvements de conservation et de protection de la biodiversité. Ces « syndicats de la nature » forment une véritable nébuleuse composée de multinationales de taille imposante (UICN, WWF, etc.) aussi bien que de petits groupes plus spécialisés ou plus locaux. Ce sont, en théorie, des moyens d'expression des citoyens sous forme associative.

De puissantes multinationales

Dans les années 1980 puis 1990, avec la montée en puissance des questions d'environnement, la publication du rapport Brundtland et la conférence de Rio de Janeiro sur le développement durable, de nombreuses ONG ont été créées, et le nombre des adhérents s'est fortement accru. Ainsi, le WWF est passé de 100 000 adhérents en 1984 à 1,2 millions



en 1999, puis s'est stabilisé lorsque d'autres organisations sont venues à leur tour saturer le marché de l'adhésion.

Les grandes ONG internationales (tableau 11) vivent des cotisations de leurs adhérents, mais surtout des subventions octroyées par leurs gouvernements, et des dons provenant de riches citoyens ou d'entreprises. Dans les années 1970, ces ONG avaient un rôle « d'évangélistes et de mendiants » selon les termes d'Edward Wilson, dénonçant la dégradation de la flore et de la faune, et menant des campagnes avec des petits budgets. Les choses ont bien changé. L'argent étant le nerf de la guerre, les ONG internationales sont devenues d'énormes machines à drainer les financements. Elles fonctionnent maintenant avec des budgets annuels compris entre 50 et 100 millions de dollars. The Nature Conservancy (TNC) a même lancé en 2000 une campagne afin de collecter et d'investir 1 milliard de dollars pour des acquisitions de réserves. Au cours de son existence (une cinquantaine d'années), cette ONG a acquis près de 50 000 km² de terrains, soit l'équivalent de la superficie de la Suisse. Pour le WWF, le budget annuel était de près de 400 millions de dollars en 2002, soit trois fois le budget du Programme des Nations unies pour l'environnement. Celui de l'UICN, à la même époque, était de l'ordre de 80 millions de dollars.

Tableau 11. Principales ONG internationales concernées par la protection de la biodiversité.

Nom		Date de création	Siège
Friends of the Earth	Amis de la Terre	1969	États-Unis
Greenpeace international		1971	Canada
International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	Union mondiale pour la nature	1948	Suisse
World Wide Fund for Nature	Fonds mondial pour la nature	1961	Suisse
Birdlife International		1922	Grande-Bretagne
Conservation International		1987	États-Unis
World Resource Institute		1982	États-Unis
Wetlands International		1995	Pays-Bas
The Nature Conservancy		1951	États-Unis

Outre les dons et les cotisations de leurs membres, les ONG internationales ont aussi développé une stratégie de lobbying pour capter les financements internationaux. Depuis les années 1990, la Banque mondiale est devenue un acteur essentiel du champ de l'environnement, en multipliant les collaborations avec les ONG. Les grandes ONG, d'origine anglo-saxonne pour la plupart, ont également un bureau à Bruxelles. Elles sont présentes dans les couloirs de l'Union européenne, là où se discutent des programmes sur l'environnement.

Il ne faut pas croire que tout se passe dans la plus parfaite harmonie. La concurrence pour les moyens financiers est parfois féroce. Il peut y avoir des alliances de circonstances. Mais la stratégie de chacune des ONG est de capter le maximum de crédits. Leurs pouvoirs de persuasion auprès des États est à ce prix. Ceci explique l'organisation très managériale des ONG, le lobbying intensif auprès des bailleurs de fonds, un secteur communication particulièrement développé.

Les relations avec le monde industriel se sont également renforcées. Elles se concrétisent par des participations aux comités de direction et des financements importants. Le WWF a lancé en 1998 un programme, *Conservation Partners*, avec les entreprises industrielles. Il permet à ces dernières de valoriser leur image contre contribution financière. Près de la moitié des membres du conseil d'administration de WWF international sont des présidents ou directeurs d'entreprises commerciales ou industrielles. Et toutes ne sont

pas des entreprises vertes, loin de là ! Une situation paradoxale, considérée comme une compromission par certains.

Plusieurs ONG internationales ont un mode de fonctionnement plus ou moins similaire et s'appuient sur une gouvernance à plusieurs niveaux. Elles ont des bureaux ou des antennes dans divers pays. Ces sont des ONG nationales de plus petite taille qui mènent les opérations de terrain. Elles peuvent ainsi articuler une stratégie mondiale avec des actions locales de conservation, notamment dans les aires protégées. Certaines ONG nationales servent de couverture aux grandes ONG, leur donnant une légitimité pour intervenir dans les pays. Ces ONG nationales sont chargées d'élaborer des stratégies au niveau national. C'est en Amérique latine que les ONG nationales sont les plus nombreuses et les plus puissantes. Elles sont à l'interface des mouvements conservacionnistes internationaux, des structures politiques locales, et des organismes de financement internationaux. Certaines ONG, au Brésil par exemple, accordent une grande attention aux problématiques sociales et aux luttes des minorités.

Une expertise en matière de conservation

Les ONG ont joué un grand rôle dans la formulation des politiques de protection de la nature. Dès la fin du XIX^e siècle, des réserves de chasses, des réserves forestières et des parcs nationaux sont créées en Amérique du Nord (le parc de Yellowstone notamment) et en Afrique subsaharienne sous la pression de mouvements conservacionnistes anglo-saxons. Dans les réserves, on peut utiliser certaines des ressources, mais pas dans les parcs nationaux, où tout prélèvement est interdit. L'américain John Muir, fondateur du Sierra Club en 1892, est à l'origine de la création de nombreux parcs nationaux américains : Yosemite, Yellowstone, Sequoia, Mont Rainier, etc. Il s'agissait de protéger la nature des dégâts occasionnés par les troupeaux. Il faut dire que préserver la nature aux États-Unis s'inscrivait alors dans une vision du monde fortement connotée. L'avancée de la civilisation dans l'Ouest américain était perçue comme une atteinte au paradis sur Terre, mythe fondateur de la nation américaine.

Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, le mouvement conservacionniste s'est organisé : nombreux congrès internationaux sur la protection de la nature, signature de conventions internationales, création d'ONG, etc. L'Union internationale de protection de la nature (UICN, maintenant Union internationale de conservation de la nature) fut créée en 1947 à Fontainebleau, avec un statut original associant instances internationales, agences gouvernementales, ONG nationales et internationales et scientifiques. Depuis le début de son existence, l'UICN associait à sa réflexion des commissions de scientifiques sur les aires protégées, les espèces menacées d'extinction, etc. De fait, l'UICN a eu, jusque dans les années 1980, un rôle proche d'une organisation de l'ONU.

Dans les années 1960, les parcs nationaux constituaient l'outil privilégié des politiques de conservation. Des « États dans l'État », comme on a pu le dire. Les ONG internationales se positionnaient dans le domaine de l'expertise internationale en matière de biodiversité. La commission des parcs nationaux de l'UICN jouait à ce titre un rôle fondamental pour diffuser les idées et proposer une assistance technique en matière de création et de gestion des aires naturelles protégées. Elle s'est transformée aussi en groupe de pression auprès des gouvernements, à l'image d'une agence d'assistance technique mondiale.

Au début des années 1960 apparurent d'autres ONG plus actives que l'UICN. Leur objectif : trouver des moyens financiers pour agir concrètement. Le WWF (d'abord World Wild Fund, maintenant World Wide Fund for Nature) est ainsi créé en 1961. Les efforts

de conservation se concentrèrent sur l'Afrique dont les pays venaient d'accéder à l'indépendance. Il s'agissait alors de préserver les acquis des mesures de protection prises par les anciens colonisateurs, et de convaincre les nouveaux dirigeants des pays que la conservation avait des retombées économiques. Les ONG internationales se positionnaient ainsi comme conseillers des États pour leur politique de conservation. Les imbrications étaient fortes avec les administrations en charge de la conservation, que ce soit les structures chargées des parcs et réserves ou les ministères.

Une stratégie mondiale de la conservation

Si les objectifs demeurent la conservation de la diversité biologique, les orientations et les moyens d'action des ONG ont sensiblement évolué dans les années 1970. Le discours mobilisateur a d'abord été focalisé sur des espèces emblématiques telles que le panda, les félins, le rhinocéros et autres grands animaux immédiatement reconnaissables. Il s'est progressivement réorienté vers la protection d'écosystèmes entiers abritant certes des animaux charismatiques, mais aussi beaucoup d'autres espèces. Mais surtout, la manière de concevoir la conservation a beaucoup changé. La mise en réserve intégrale d'une nature dont l'homme est exclu a montré ses limites. Difficile de maintenir une réserve inviolée à côté de populations pauvres qui la perçoivent avant tout comme une réserve de nourriture et de combustible. Les ONG ont alors développé une nouvelle stratégie mêlant conservation et développement afin d'encourager les populations locales à devenir des partenaires. Ces thèses de l'écodéveloppement sont issues de la conférence de Stockholm de 1972 sur l'environnement et le développement. En association avec le WWF, L'UICN publia en 1980 *Stratégie mondiale de la conservation*. Concrétisant un changement de cap fondamental, elle permit aux ONG de se positionner dans la dynamique du développement durable. La diversité biologique fut alors présentée comme l'un des principaux enjeux des politiques de développement. Après avoir exclu l'homme des mesures de protection jusque vers les années 1980, la conservation intègre maintenant les politiques de développement. Elle prend alors des formes nouvelles : programmes intégrés de conservation et de développement, gestion communautaire des ressources, etc. La gestion de la biodiversité est devenue un indicateur du développement durable. Mais ne nous y trompons pas, la gestion des aires protégées et la protection des espèces restent quand même au cœur du dispositif ! Comme le souligne le géographe Étienne Rodary (*in* Aubertin *et al.*, 2005), « la diversification est limitée et, quand elle a lieu, elle a pour objectif d'étendre les mesures de conservation en dehors des aires protégées plutôt que de changer les méthodes employées au sein de ces espaces ». Bien entendu des nuances existent entre les ONG et les situations locales.

On compterait actuellement un réseau mondial d'environ 100 000 aires protégées – un nombre multiplié par 3 en 20 ans. Même si toutes ne sont pas de grande taille ni véritablement « protégées », il n'en reste pas moins que la conservation devient un mode majeur d'utilisation des terres. Au congrès mondial sur les aires protégées de 2003 à Durban, leur rôle d'infrastructures naturelles pour préserver le potentiel d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques est réaffirmé.

L'élargissement de la conservation aux questions de société n'est pas apprécié par tous. Il y a un mouvement de repli sur les aires protégées (*back to barriers*). Car la question réside bien dans la légitimité de la conservation, née d'une réaction aux excès, face à celle du développement durable. Ce dernier amène à faire des compromis dont les limites sont floues. On risque alors d'être débordé par les logiques de l'économie mondiale qui poussent à toujours plus d'exploitation.

C'est dans les pays tropicaux que la diversité biologique est la plus riche. Les échanges « dette contre nature » ont été introduits dans les années 1980 pour motiver les pays en développement à protéger la biodiversité. En échange de l'effacement des dettes commerciales d'un pays, on achète des terres pour en faire des réserves, ou on améliore la gestion des réserves existantes. Puis, dans les années 1990, on propose une autre innovation, la « concession de conservation ». Il s'agit par exemple de concurrencer les compagnies forestières en surenchérissant sur leurs propositions quand on attribue les baux d'exploitation.

Une question se pose néanmoins : quelle légitimité les ONG ont-elles pour acquérir des terrains dans les pays en développement et les consacrer à la conservation de la nature ? L'expérience de certains pays montre que les populations voisines des aires protégées peuvent, à l'occasion de troubles sociaux, se réappropriier les terres ainsi « perdues ». Tous les efforts sont alors anéantis.

La tentation totalitaire ?

Les ONG, dont l'IUCN et le WWF, ont participé à la création et au fonctionnement de conventions comme la Cites ou la CDB. Celles-ci jouent un rôle d'appui technique et revendiquent une légitimité d'acteurs agissant au niveau global : l'espace de la planète et la thématique du développement. Avec des dérives possibles, dont celle de vouloir se substituer aux États ! Celle aussi de vouloir devenir les instances mondiales de conservation de la biodiversité, avec les moyens de contrôle afférents et le droit d'ingérence pour faire respecter la loi écologique ! Elles n'ont pas pour autant les capacités de prendre en charge de manière légitime toutes les préoccupations sociales : l'idéal de conservation n'est pas complètement en adéquation avec la lutte contre la pauvreté. Ni d'ailleurs avec des slogans comme « Bon pour la nature, bon pour les affaires » du programme *Conservation Partners* de WWF ! Le nombre de produits de consommation affichant ce label augmente, mais on ne peut s'empêcher d'être dubitatif quant à cette initiative.

En même temps, certaines ONG ont soutenu les revendications des minorités, avec peut-être comme objectif de les mobiliser en faveur de la conservation. Une certaine autonomie locale conduisant à une démocratie directe peut, en théorie, être un élément favorable au développement durable. Mais les risques de dérapages sont importants, avec des conflits possibles avec le pouvoir central.

Avec un certain réalisme, on peut dire que sur la scène internationale, la conservation de la biodiversité reste marginale par rapport aux considérations économiques et politiques. Les ONG restent ainsi cantonnées à un rôle sectoriel, ce qui ne leur convient guère !

Protéger la nature : le poids des idéologies

Les associations de protection de la nature jouent un rôle important au niveau national ou local. Beaucoup moins riches et moins professionnalisées en général que les ONG internationales, elles compensent par le bénévolat des membres.

Quand on acclimait les espèces

Au début du XIX^e siècle, sous l'impulsion d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, des naturalistes cherchèrent à acclimater des espèces nouvelles pour accroître la richesse du pays. En 1848, le ministère de l'Agriculture et du Commerce mit en place une commission de

« naturalisation et d'acclimatation d'espèces végétales et animales étrangères ». Puis la Société zoologique d'acclimatation (SZA), ancêtre lointain de la Société nationale de protection de la nature (SNPN), fut fondée en 1854 par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, fils du précédent. À cette époque on ne parlait pas encore d'écologie, et la SZA était composée de scientifiques reconnus auxquels s'adjoignaient des personnalités littéraires et politiques et des amateurs éclairés. Cette société savante s'intéressa dès 1856 à des questions de protection des écosystèmes : problèmes de pollution des rivières, d'aménagement des cours d'eau et des excès de la pêche professionnelle – la protection de la nature a été jusqu'au début du xx^e siècle synonyme d'aménagement. À cette époque se créèrent des sections spécialisées : Ligue française pour la protection des oiseaux, Société pour la protection des paysages en France, etc. Des mouvements similaires se développèrent en Europe à la même époque. La Société zoologique d'acclimatation organisait différentes manifestations internationales. Elle abandonna progressivement les projets d'acclimatation pour développer la conservation du patrimoine naturel. Malgré une notoriété certaine et des réussites dans les colonies – création de 5 parcs nationaux en Algérie (1923-1925), création du parc national antarctique français (1924) –, la SZA ne parvint pas à entraîner les pouvoirs publics dans une politique de patrimoine naturel et ne put concrétiser des idées qu'elle défendait. L'une des raisons de ce relatif échec tient probablement au fait que la SZA était restée élitiste. Elle n'avait pas suscité un mouvement d'adhésion populaire comme ce fut le cas dans d'autres pays occidentaux comme la Suisse, la Grande-Bretagne ou les Pays-Bas dans lesquels les sociétés de protection de la nature comprenaient plusieurs dizaines de milliers d'adhérents.

En 1948, la Société zoologique d'acclimatation contribua activement à la création de l'UICN puis, en 1960, elle changea de nom pour devenir la SNPN en restant essentiellement une société scientifique aux faibles effectifs. Des associations de protection de la nature se mirent alors en place dans différentes régions de France, qui couvrirent peu à peu le territoire en dehors de la SNPN. Elles se réunirent en 1968 au sein de la Fédération française des sociétés de protection de la nature (FFSPN) qui comprenait des associations nationales et des associations régionales ou locales. Leur engagement dans la création du parc national de la Vanoise fut un premier succès pour ces mouvements associatifs. Par la suite, la FFSPN prendra le nom de « France Nature Environnement ». Ces sociétés ont été amenées à créer des Conservatoires régionaux d'espaces naturels sous le statut d'association « loi 1901 ». Elles sont progressivement devenues des organismes institutionnels, souvent reconnus d'utilité publique.

La nature et la « lutte des classes »

Au xix^e siècle, les élites urbaines animaient des associations de protection de la nature. Elles se constituèrent d'abord autour d'une approche esthétique de la nature. Le Club alpin français (CAF) et le Touring club français (TCF), à la fin de ce même siècle, considéraient l'espace comme un territoire à vocation récréative, à protéger contre les actions humaines. La montagne devint une œuvre d'art, digne d'être appréciée en tant que telle pour son caractère pittoresque et artistique.

On dit parfois que la notion de réserve est née en France en 1853 sous l'influence des peintres de l'école de Barbizon, qui voulaient préserver des paysages de la forêt de Fontainebleau, une de leurs sources d'inspiration. Cette dimension esthétique correspond à l'avènement de la forêt-loisir, accompagnant la mode de la sortie dominicale en forêt. C'est clairement une vision « élitiste » qui motive ces aménagements : il s'agissait de réserver la plus grande partie des espaces sauvages et naturels à ceux qui avaient les moyens culturels et symboliques d'en profiter, afin de protéger les sites artistiques, historiques ou

exceptionnels faisant partie du patrimoine. Il fallait pour ce faire leur épargner une fréquentation trop importante, et donc trouver les moyens d'écartier la foule, que ce soit par des plans d'aménagement ou l'élaboration de règles. L'idéologie de ces mouvements associatifs composés d'une élite urbaine rejoignait celle du corps forestier cherchant à créer des parcs et réserves. La France allait suivre le modèle des Américains qui avaient créés en 1872 le parc de Yellowstone.

L'oiseau porte-étendard de la conservation de la nature

Le mouvement pour la sauvegarde des oiseaux existe depuis près de deux siècles. La Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) date du début du xx^{e} siècle. La passion pour l'observation naturaliste propre au xviii^{e} siècle, conjuguée au romantisme du xix^{e} siècle, va promouvoir le « monde des oiseaux » au rang de modèle d'harmonie sociale. L'oiseau est perçu comme une créature qui s'apparente à l'homme par sa vie « sociale » et « conjugale ». Buffon, dans son *Histoire naturelle*, souligne la qualité des rapports conjugaux et le dévouement dans les soins aux oisillons. « Les oiseaux nous représentent donc tout ce qui se passe dans un ménage honnête ; de l'amour suivi d'un attachement sans partage, et qui ne se répand ensuite que sur la famille. » Qui plus est, le chant de l'oiseau se rapproche du langage articulé, et on apprécie sa valeur esthétique. Pour Michelet, « comme l'homme, il jase, prononce, dialogue. L'homme et l'oiseau sont le verbe du monde ».

Dès le début du xix^{e} siècle, des savants éminents tels que Geoffroy Saint-Hilaire développent l'idée que les oiseaux insectivores, en détruisant les insectes et leurs larves, sont « les plus précieux auxiliaires de l'agriculture ». L'historien Jules Michelet publie en 1856 un livre, *L'oiseau*, dans lequel il écrit : « L'homme n'eût pas vécu sans l'oiseau, qui seul a pu le sauver de l'insecte et du reptile. » Cet argument de la protection des cultures a été pendant longtemps la pierre angulaire des campagnes menées par les tenants de la protection des oiseaux, et par ceux de la destruction des nuisibles. Une opinion, notons-le, qui n'est pas forcément partagée par tous. En particulier, des luttes sans merci ont été menées contre les oiseaux en Afrique pour éliminer le « mange-mil » qui dévastait les cultures.

La chasse a été accusée très tôt d'avoir des conséquences néfastes sur le monde des oiseaux. Parlant de la Provence, où les oiseaux insectivores sont rares, Geoffroy Saint-Hilaire écrit : « Presque tous les départements du Centre et du Nord les protègent ; il faut donc chercher ailleurs la cause de leur disparition. Nous n'hésitons pas à la trouver dans la chasse acharnée que leurs font les habitants des départements méridionaux. » La *Revue française d'ornithologie* (RFO), créée par le Muséum d'histoire naturelle vers la fin du xix^{e} siècle, se fera longtemps la tribune des attaques contre les chasses méridionales. Faut-il voir dans les accusations portées contre les supposées exactions des méridionaux vis-à-vis des oiseaux un avatar des antagonismes Nord-Sud ? Michelet voyait dans la population de la France du Sud une « populace, mobile et barbare, une race métisse et trouble, celto-grecque-arabe, avec un mélange italien. Nulle n'est plus inquiète, plus bruyante, plus turbulente ». Pour l'élite intellectuelle et politique du Nord, l'image du Provençal à la fin du xix^{e} siècle est celle d'un personnage hâbleur, fainéant et possédant un goût prononcé pour la « galéjade ». Les œuvres littéraires d'Alphonse Daudet et de Marcel Pagnol rendent par ailleurs familière l'image d'un méridional passionné de chasse aux oiseaux. En 1990, Théodore Monod, président du Rassemblement des opposants à la chasse (ROC) soulignait encore le caractère régional des excès de la chasse des « pays latins et méditerranéens ».

Stigmatiser la chasse aux oiseaux et, à travers elle, le midi de la France, c'est aussi mettre en valeur les pays ayant adopté, avant la France, des mesures de protection des oiseaux. La

Suisse interdit dès 1841 la destruction des nids et des œufs d'oiseaux. L'Allemagne protège dès 1850 les oiseaux chanteurs et insectivores. La Grande-Bretagne adopte en 1869 et en 1872 des lois sur la protection des oiseaux de mer et des oiseaux sauvages. La Belgique adopte en 1873 une loi de protection des oiseaux insectivores. Les pays latins comme l'Espagne et l'Italie sont absents de cette liste, ce qui conforte l'hypothèse qu'il existe une relation entre protestantisme et développement du sentiment de nature. L'antagonisme entre le nord et le sud de la France s'inscrirait ainsi dans un affrontement plus large opposant les pays de culture anglo-saxonne et de religion protestante aux pays de culture latine et de religion catholique.

La biodiversité : une affaire d'État

La protection de la biodiversité s'inscrit dans les politiques nationales de protection de l'environnement. L'État joue donc un rôle considérable, au moins sur le papier, dans les politiques de conservation. Mais les idéologies changent au cours du temps. Les motivations sociales et économiques du siècle dernier tendant à protéger une nature productive ont fait place à une autre démarche dont l'éthique et les intérêts touristiques sont les principaux moteurs. Les pressions sont fortes pour protéger les économies et l'emploi, même si les clignotants sont au rouge en matière de biodiversité. Nous en avons de nombreux exemples tous les jours.

La nature vue par les forestiers au XIX^e siècle

Sous la royauté, on manquait de bois de large section pour les besoins civils et militaires, et notamment pour la construction navale. Des espèces à croissance lente et au bois de qualité comme les chênes, les hêtres et les sapins étaient très recherchées. Mais il a fallu un siècle et demi pour produire ce bois. Le bétail paysan (chèvres, moutons) apparut très vite comme l'ennemi des arbres. Un corps de forestiers fut alors mis en place, sur le modèle militaire, pour assurer la protection de ce produit stratégique.

À partir du milieu du XIX^e siècle, le corps forestier français jouera un rôle majeur tant en France que dans les colonies. Ce corps des Eaux et Forêts est conçu à l'image de l'État français, jacobin et centralisateur. Sa mission : « protéger » certaines zones des éléments naturels porteurs de dangers, ainsi que des méfaits de leurs habitants qu'il convient de contrôler, voire d'exclure. « Protéger le territoire et lutter contre l'état de barbarie et la sauvagerie des éléments naturels non contrôlés et des populations, telle est la mission que se donne le corps des Eaux et Forêts, mission légitimée par les encouragements de l'empereur Napoléon III et de son entourage saint-simonien », comme nous le dit l'anthropologue Anne Bergeret. L'État revendique ici le monopole de la protection de la nature au nom de l'utilité publique et de la raison d'État. Cette mission fut d'abord mise en œuvre dans les zones rurales reculées telles les zones de montagne. Les populations pastorales qui y vivaient relevaient encore de « l'état de barbarie », dont il convenait de combattre « l'instinct de perversion et de destruction » ! Des termes forts, mais de l'époque. Car la grande œuvre des forestiers était alors de reboiser les zones dénudées de montagne, nécessitant d'exproprier les habitants. Incidemment, ces expropriés dépourvus de moyens d'existence constituèrent un précieux réservoir de main-d'œuvre pour les colonies, notamment l'Algérie où ils iront valoriser les terres elles-mêmes expropriées...

La protection se fit ainsi autoritaire pour protéger les ressources nationales et les pasteurs contre eux-mêmes. Elle se fit ensuite « défense », car protéger des paysages et des territoires nécessite de les soustraire aux activités humaines. La logique de cette démarche aboutit à créer des réserves et des parcs nationaux. Sous prétexte de protection et de gestion rationnelle du territoire, les habitants gênants furent rejetés à la périphérie de ces parcs. La « nature » était ainsi bien protégée, désocialisée. À l'abri des contraintes imposées par la paysannerie elle put s'exprimer librement. Lors de la création du parc des Écrins en 1913, ne parlait-on pas de créer « une réserve abandonnée aux seules forces de la nature » ? Cette même démarche fut exportée dans les colonies où s'exerçait l'action « civilisatrice » de la France. Les agriculteurs itinérants utilisant le feu, ainsi que les pasteurs nomades et leurs troupeaux dévastateurs, étaient considérés comme des « ennemis permanents ». On créa également des parcs naturels dont l'homme était exclu.

Au ^{xix}^e siècle, l'approche étatiste et centralisatrice ne fit cependant pas l'unanimité. Une minorité de forestiers tentèrent de donner un contenu économique et social à la protection. Le sociologue Bernard Kalaora (1998) résume ainsi leur démarche : l'œuvre de protection et de restauration des forêts ne peut réussir que si elle s'accompagne d'une restauration des conditions sociales d'existence des populations. Il faut maintenir les populations sur leur sol et les amener à trouver un meilleur équilibre entre leurs intérêts et les impératifs de gestion des sols. On sent ici les prémices de ce que nous appellerons bien plus tard le développement durable. Ces forestiers donnèrent un autre contenu à leur mission. Animateurs et conseillers des milieux ruraux, ils cherchèrent à élargir la protection de la nature aux populations rurales, sensibilisés en cela par l'exode rural. Mais ils étaient loin d'être majoritaires. Lorsque le parc de l'Oisans fut créé, en 1914, les populations autochtones furent spoliées. Leur rôle se réduit à celui de « jardiniers du paysage » pour les amateurs de nature.

Les administrateurs coloniaux et les parcs nationaux

L'entre-deux-guerres a permis d'expérimenter dans les colonies des politiques réglementaristes de protection des milieux naturels. Les premiers parcs nationaux sont créés en Algérie à partir de 1923. La démarche, fortement conservatrice, vise à « geler » en l'état les sites classés.

Les parcs nationaux créés en France entre 1950 et 1960 relèvent du même état d'esprit. Ils ne correspondaient pas à des priorités reconnues en matière de préoccupations écologiques mais étaient le résultat d'une politique volontariste d'aménagement du territoire issue de la conception autoritaire et centraliste du pouvoir portée par le corps des Eaux et Forêts. Sous l'égide de la Datar (Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale) alors toute puissante, ces parcs sont conçus comme des monuments naturels participant à la planification de l'aménagement du territoire. Ils véhiculent l'idée d'une nature composée de paysages pittoresques dont on exclut toute idée de production. On voit d'ailleurs dans le choix des lieux (des espaces vierges de montagne) le souci d'éviter les espaces urbanisés.

Cette œuvre d'intérêt général dans le cadre de l'État-providence coïncide avec la fin de la décolonisation. Les premiers directeurs des parcs seront des administrateurs coloniaux. Ils construiront ces espaces comme des lieux de formation des élites de la nouvelle génération. Toujours selon Bernard Kalaora, « préserver les hauts lieux de nature dans l'objectif de former des hommes sains, libres et courageux et soucieux de servir le modèle entreprise France, tel est le dessein assigné aux parcs nationaux... Dans cette perspective, la

Inventaire à la Prévert des mesures de protection de la biodiversité :

- parcs nationaux ;
- parcs naturels régionaux ;
- réserves naturelles nationales ou régionales, réserves de pêche, réserves de chasse et de faune sauvage ;
- arrêtés préfectoraux de protection de biotope (fixent les mesures permettant la conservation des biotopes d'espèces protégées) ;
- zones importantes pour la conservation des oiseaux issues de la directive Oiseaux ;
- zones spéciales de conservation en application de la directive Habitats ;
- zones de protection spéciale en application de la directive Oiseaux ;
- zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (Znieff) ;
- sites classés et inscrits, de caractère artistique, scientifique, légendaire ou historique ;
- conservatoires régionaux d'espaces naturels ;
- conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres ;
- loi Montagne, loi Littoral ;
- réserve de biosphère ;
- zones humides d'importance internationale (convention Ramsar) ;
- site inscrit, site classé ;
- et bien d'autres encore...

protection de la nature a une fonction de régénération de l'élan vital de la société, dans un contexte de prospérité générale. »

La réglementation : risques d'overdose

La politique en matière de conservation repose sur des outils réglementaires de protection et de gestion ; un domaine où les textes et les mesures réglementaires s'entrecroisent et se chevauchent. Ce n'est pas le manque de mesures réglementaires qui entrave la protection de la diversité biologique, mais peut-être le « trop-plein ». Que penser de ce foisonnement de textes réglementaires (voir encadré ci-dessus) supposés protéger la biodiversité ? Bien sûr, à chaque catégorie d'aires protégées correspondent des objectifs et des moyens d'action un peu différents. Mais il n'empêche que certaines zones cumulent plusieurs statuts. Est-ce bien raisonnable ? Ne gagnerait-on pas à mener une politique plus cohérente ?

Encore faut-il que la volonté politique de faire appliquer les lois se manifeste clairement. Ce qui ne paraît pas toujours évident face à certains groupes de pression. De nombreux exemples montrent par exemple que les zones humides continuent d'être asséchées malgré la réglementation...

Mesures compensatoires : compromis ou marché de dupes ?

Réaliser un projet de développement, d'infrastructure et/ou d'exploitation des ressources biologiques provoque des dommages pour la diversité biologique. Le porteur du projet doit prendre des mesures pour les résorber ou du moins en réduire les impacts. Concrètement, cela signifie que toute perte de diversité biologique dans un écosystème ou un habitat donné doit être compensée au moins de manière équivalente sur un autre site.

Ces mesures ont été définies comme des mesures de conservation destinées à compenser les préjudices résiduels et inévitables que des projets de développement causent à la biodiversité, et à éviter ainsi toute perte de cette dernière. Cette obligation doit être reliée à l'affirmation par la Commission européenne du principe de « zéro perte nette » signifiant que chaque zone humide détruite doit être compensée par la restauration ou la création d'autres zones humides.

Ainsi, pour la « Mitigation Bank » aux États-Unis, le développeur doit compenser tout dommage résiduel causé aux zones humides, soit en développant des actions qui restaurent, recréent ou protègent des zones humides d'importance écologique équivalente, soit en payant une tierce partie pour que ces activités soient réalisées. Le mécanisme de compensation pour les forêts tropicales au Brésil oblige quant à lui les propriétaires à préserver au moins 20 % de la couverture végétale naturelle se trouvant sur leurs terres. Le propriétaire a le choix entre geler 20 % de sa propriété en forêt primaire et acheter l'équivalent en superficie sur des terres se trouvant aux alentours de la zone initiale.

Des expériences internationales ont mis en évidence les avantages et les limites de ce système. La difficulté est de définir clairement les objectifs de conservation, de hiérarchiser les priorités, de déterminer des équivalences entre les zones perdues et celles à préserver. Une évaluation réalisée aux États-Unis a montré que plus de la moitié des opérations n'étaient pas en accord avec les conditions mentionnées dans le permis. Les évaluateurs soulignent en outre l'absence de suivi et de contrôle des administrations concernées...

À titre d'exemple, dans le cas de l'estuaire de la Seine, le projet Port 2000, nouveau terminal à conteneurs pour le port du Havre, a bénéficié d'une enveloppe de 45 millions d'euros au titre de mesures compensatoires sur un budget total d'un milliard d'euros. Ces mesures sont de natures diverses : reposoirs pour l'avifaune et zone de nidification pour l'avocette, renforcement de l'intérêt écologique de la réserve naturelle par des travaux d'hydraulique, création d'une plage d'intérêt écologique de 500 m, fonds d'adaptation des pratiques agricoles, reméandrement pour la création de vasières, création d'îles pour l'accueil des oiseaux et des mammifères marins, etc. Ainsi, dans l'embouchure de la Seine, au large d'Honfleur, un îlot artificiel de 5 hectares à marée basse a été construit. On ne peut s'empêcher de penser que l'avifaune a drainé un maximum de crédits. Les animaux ne sont pas égaux en matière de conservation, mais personne ne s'en émeut ! Toujours est-il que ces mesures compensatoires sont diversement appréciées. La superficie de la réserve naturelle a été augmentée, et l'estuaire est inscrit au réseau Natura 2000. Mais pour certains, les mesures compensatoires sont minimales face aux pertes dues à l'extension du port. Les financements s'arrêtent en 2010 ! Les populations d'avocette sont en déclin. Les zones de non-chasse promises pour compenser les 1000 hectares supprimés ont été choisies plus pour des raisons de « paix sociale » avec les chasseurs qu'en raison de leur intérêt écologique.

Ballet diplomatique autour de la biodiversité

La Convention sur la diversité biologique (CBD), mise au point dans le contexte de la réunion de Rio de Janeiro sur le développement durable, présente un intérêt majeur : c'est le premier accord international offrant un cadre juridique formel pour discuter sur le plan international des questions de conservation et d'exploitation durable des ressources génétiques. À l'origine, les conservationnistes voulaient en faire une convention cadre pour protéger la biodiversité, et mettre enfin de l'ordre parmi les multiples réglementations existantes. Les négociateurs espéraient aussi que des financements conséquents seraient disponibles. Ce rêve s'est en grande partie évanoui lors des discussions préliminaires. Le

texte de la CDB a fait l'objet de nombreux compromis. On peut y trouver, comme pour la bouteille à moitié pleine ou à moitié vide, des raisons d'être optimistes ou pessimistes. Mais il est indubitable que la CBD a été un nouvel avatar de la confrontation Nord-Sud. Les mouvements conservacionnistes des pays du Nord voulaient renforcer une politique de conservation de la biodiversité avec un certain droit d'ingérence, les industriels prônant le libre accès aux ressources génétiques pour le bien de tous... Les pays du Sud voyaient quant à eux dans la biodiversité une source possible de revenus qu'ils entendaient monnayer. En accordant par exemple des permis d'exploitation pour l'or vert, au même titre que pour l'or noir. Les pays du Sud voulaient aussi rester maîtres chez eux. Pas question de leur dire ce qu'ils avaient à faire car le développement reste une priorité, même aux dépens de la diversité biologique.

En reconnaissant la souveraineté des États sur la biodiversité, la CDB ouvre aussi la porte aux droits de propriété intellectuelle (brevets), mais reste muette sur la manière de financer la protection de la biodiversité. On pourrait penser que le marché est le suivant : on vend les gènes pour pouvoir éventuellement financer la protection des écosystèmes ; ou du moins, si l'on peut valoriser la biodiversité, on sera plus enclin à la protéger.

Comme le souligne l'économiste Catherine Aubertin (2005), cette Convention est une initiative des pays industrialisés, où la régulation marchande est la forme dominante de régulation des conflits. Sans surprise, la CBD abandonne l'idée de la diversité biologique en tant que patrimoine commun de l'humanité, défendue par la FAO notamment, au profit d'une vision plus mercantile. Pas si simple, car la Convention a été perçue comme dangereuse par certains pays développés. Elle met en jeu des intérêts économiques considérables dans le domaine des droits de propriété intellectuelle. C'est la raison pour laquelle des pays comme les États-Unis ne l'ont pas ratifiée. La France, quant à elle, a longtemps hésité...

En matière de gouvernance, la volonté initiale était de mettre en place une coordination internationale sur des bases scientifiques, avec des outils réglementaires (définitions d'aires à protéger). On aboutit à un accord portant sur des questions d'équité en matière d'accès et d'utilisation des ressources biologiques. L'enjeu global de la conservation change donc de nature. La logique est alors d'affirmer la souveraineté des États sur leurs ressources qu'ils peuvent commercialiser.

Toujours est-il que la Convention s'est rapidement avérée difficile à gérer : il n'est pas facile de traiter en même temps la protection des éléphants, les OGM et les micro-organismes. Elle a donc donné naissance à une profusion de sous-comités. Une manière bien connue, et éprouvée, de ne pas prendre de décision rapidement.

L'un des objectifs de la Convention était bien entendu de mettre en œuvre une stratégie pour enrayer l'érosion de la biodiversité. La Conférence des parties a mis 10 ans pour adopter en 2002 un plan stratégique. Son objectif est « d'assurer d'ici à 2010 une forte réduction du rythme actuel d'appauvrissement de la diversité biologique aux niveaux mondial, régional et local afin de contribuer à l'atténuation de la pauvreté et de favoriser toutes les formes de vie sur la planète ». Il a été approuvé par les chefs d'État au Sommet mondial pour le développement durable tenu en 2002 à Johannesburg. Récemment, les dirigeants mondiaux réunis au Sommet mondial des Nations unies de 2005 ont confirmé

« L'environnement mondial continue de souffrir. Les pertes de biodiversité se poursuivent, les stocks de poissons continuent de fondre, la désertification touche de plus en plus de terres fertiles. » Extrait de la déclaration de Johannesburg sur le développement durable en 2002.

La biodiversité « diplomatique » : quelques conventions importantes

Convention sur la diversité biologique. Signée à Rio en juin 1992 par 150 chefs de gouvernement, elle vise à enrayer l'érosion de la biodiversité, mais accorde une place importante aux ressources génétiques et à leur valorisation.

Convention internationale relative aux zones humides d'importance internationale (Convention Ramsar). Du nom de la ville iranienne où elle a été élaborée en 1971, elle porte sur la préservation des zones humides comme habitats des oiseaux d'eau. Elle essaie aussi de promouvoir l'utilisation des zones humides.

Convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvages menacées d'extinction (Cites), aussi appelée « Convention de Washington ». Ratifiée à Washington en 1973, elle réglemente le commerce international des espèces sauvages, vivantes ou mortes, ainsi que des parties et produits dérivés de ces animaux et de ces plantes.

Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (Convention de Bonn). Adoptée par les Nations unies en 1979, elle vise à protéger les espèces migratrices menacées dans leur aire de répartition.

Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (convention de Berne). Élaborée en 1979, elle a pour objectif de conserver la flore, la faune et leurs milieux naturels sur le territoire européen. Les espèces visées sont essentiellement migratrices.

leur détermination à réaliser l'objectif de 2010... Un objectif bien entendu irréaliste qui pose la question de l'efficacité de telles structures.

L'accès aux ressources génétiques fait l'objet d'un groupe de travail intitulé « Accès aux ressources génétiques et partage des avantages liés à leur utilisation (Apa) ». Ce groupe a été chargé d'élaborer, « si possible d'ici 2008 et au plus tard d'ici 2010 », la législation qui définira les conditions d'accès aux ressources naturelles et la répartition des bénéfices découlant de leur exploitation. Au mieux donc, 20 ans après on aura peut être un début de cadre juridique !

Le monde médical peine à suivre

Les agents responsables des maladies sont des organismes vivants. Tous les êtres vivants sont attaqués par des parasites et des pathogènes. Autrement dit, il existe des liens étroits entre santé et biodiversité, des gènes aux écosystèmes. Une évidence ? Pas pour tous. Les recherches sur l'« écologie de la santé » sont encore peu développées. En particulier, le corps médical a longtemps ignoré – on pourrait même dire méprisé – les relations santé-environnement. Pendant longtemps, cette thématique a été marginalisée par l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale). Il est vrai que pour ces questions de nature systémique, il est plus difficile de faire des recherches rentables pour la carrière. Et d'obtenir le prix Nobel ! Sans compter que pour faire sérieusement de l'épidémiologie, il faut mettre en place une organisation pour recueillir les données à long terme, seules à permettre l'élaboration et la validation des modèles prévisionnels. Coûteux et pas assez high-tech !

Fort heureusement, certains redécouvrent maintenant que l'homme fait partie d'écosystèmes dans lesquels existent des agents pathogènes. La recherche médicale doit ainsi quitter le champ clos et relativement confortable de la physiologie pour affronter aussi le

vaste domaine de l'épidémiologie. Cette mutation, difficile à réaliser, ne va pas sans mal. On redécouvre que les comportements jouent un rôle majeur dans la transmission de certaines maladies ; qu'il existe des relations entre les sphères écologiques, socio-économiques et épidémiologiques. Quelles sont les conséquences de l'évolution climatique et des transformations du milieu liées aux activités humaines sur la dynamique des pathogènes ? Pourquoi certains pathogènes, anodins jusque-là, deviennent-ils virulents ? Comment vont-ils évoluer dans les mégapoles ? Quel est le rôle des échanges commerciaux dans la transmission des maladies ? Toutes ces questions, et bien d'autres, commencent à susciter un intérêt.

La mémoire collective concernant les grandes épidémies s'estompe un peu dans nos pays développés – à l'exception peut-être de la peur du Sida, qui s'est toutefois émoussée, et de la grippe aviaire qui reste pour beaucoup une question théorique puisqu'il n'y a pas encore eu beaucoup de morts. Mais ces épidémies sont toujours présentes dans les pays en développement, notamment en zones tropicales. Les biologistes Jean-François Guégan et François Renaud nous rappellent que les pays de la zone intertropicale abritent 30 à 35 fois plus d'agents infectieux et parasitaires responsables actuellement de maladies dans les populations humaines que les pays tempérés (Barbaut et Chevassus-au-Louis, 2004). Il s'agit très souvent de maladies transmises à l'homme par l'intermédiaire d'animaux domestiques ou sauvages. Combien de ces pathogènes sont encore inconnus ! Pendant longtemps, ces maladies ne touchaient que quelques touristes téméraires ou imprudents ! Mais avec l'intensification des voyages et des flux migratoires elles deviennent plus fréquentes. Sans compter que le réchauffement climatique nous expose davantage à certaines d'entre elles.

La lutte contre les pathogènes – en santé humaine, mais aussi dans les domaines de l'élevage et de l'agriculture – a toujours été une préoccupation majeure. Elle s'inscrit nettement dans une vision peu orthodoxe de la biodiversité : il s'agit cette fois de détruire une partie de la biodiversité. Scandale ? De fait, on en parle peu dans les cercles bien-pensants de la biodiversité. Des moyens considérables sont pourtant mis en œuvre pour lutter contre ces pathogènes. Pense-t-on en gardant le silence travailler pour la « bonne cause » et ne pas affaiblir le discours sur la protection de la biodiversité ? Surprenant en tout cas ce silence, de la part de scientifiques dont la qualité première devrait être l'objectivité. Peut-être aussi est-ce le reflet d'une situation de fait : la séparation étanche sur le plan conceptuel entre les domaines de l'écologie et de la santé publique.

Pourtant, la lutte contre les pathogènes paraît sans fin, en dépit de déclarations parfois triomphalistes. Rappelons qu'avec le DDT, l'homme croyait détenir l'arme absolue pour contrôler les vecteurs de certaines maladies. Pas de chance, les animaux ont trouvé les moyens d'esquiver. Ainsi, la lutte contre les mouches tsé-tsé a démarré en Afrique centrale il y a presque 50 ans, mais la trypanosomose (maladie du sommeil) est toujours présente. D'autres insectes que la tsé-tsé ont pris le relais de la transmission du parasite, et des foyers de maladie apparaissent maintenant dans les pays les plus fragiles au plan social et économique. La maladie du Rift était une maladie des ruminants domestiques cantonnée à l'Afrique australe. Elle est passée chez l'homme en se répandant dans la vallée du Nil, puis s'est étendue au Yémen et à l'Arabie Saoudite. Que dire de la lutte contre les moustiques, un combat sans cesse renouvelé. Ou de l'épée de Damoclès que constitue la grippe aviaire ! Toujours est-il que la lutte contre les maladies, anciennes ou émergentes, demeure un problème majeur en l'absence d'outils et de stratégies bien adaptées au contrôle de ces fléaux. Et la lutte concerne également les pathogènes des espèces domestiques.

La biodiversité qui dérange, celle que l'on cherche à détruire, est à l'origine d'une activité économique considérable. D'une part, les fournisseurs d'insecticides – des produits

largement employés dans toutes les stratégies de lutte contre les vecteurs de maladies et les ravageurs des cultures. Des centaines de molécules sont disponibles dont certaines très toxiques pour la flore et la faune. En outre, on ne connaît pas l'impact sur l'environnement de beaucoup d'entre elles. Malgré cela, on les utilise dans des programmes de lutte contre les vecteurs, sans trop se soucier de leur devenir. Il est pourtant possible de sélectionner des insecticides relativement peu toxiques pour l'environnement, mais ils coûtent souvent plus cher que les insecticides classiques. On n'est pas toujours disposé à payer plus ! La directive européenne Reach a la prétention de vouloir demander des comptes aux industriels sur la toxicité de leurs produits. Elle va peut-être faire bouger les choses.

D'autre part, l'industrie pharmaceutique. Elle utilise de nombreuses molécules issues de la biodiversité. Mais la « course aux armements » nécessite également de produire en permanence de nouveaux médicaments afin de faire face aux adaptations des pathogènes aux molécules toxiques. Encore faut-il que ce soit rentable... L'industrie préfère développer des produits commercialisés à prix d'or dans les pays développés, que de travailler sur les maladies dites « orphelines » pour lesquels le marché est plus restreint ou moins intéressant. On concentre donc les recherches sur la maladie d'Alzheimer par exemple, la rentabilité d'éventuels médicaments étant assurée. Délaissant par là même nombre de maladies tropicales.

Il existe aussi des situations paradoxales où la conservation de la biodiversité prime sur les questions de santé. Dans ce cas, on se focalise sur les espèces à protéger sans trop se soucier des hommes. Ainsi la Convention Ramsar s'attache-t-elle à créer et à animer un réseau mondial de zones humides protégées. À l'origine, cette Convention concernait essentiellement la protection des oiseaux d'eau. Depuis, elle a quelque peu élargi son spectre d'intérêt, mais les oiseaux restent prioritaires. Le paradoxe ici réside dans le fait que protéger des zones humides en milieu tropical, c'est aussi protéger des habitats parmi les plus favorables à la prolifération de vecteurs de maladies parasitaires. Or, tous les rapports, y compris les nombreuses évaluations économiques commanditées par les ONG pour montrer tout l'intérêt de la préservation de ces zones humides, ignorent systématiquement le problème de la santé humaine. On a même réalisé de belles études économiques pour montrer que les biens et services fournis par ces écosystèmes justifiaient largement leur protection. Mais pas un mot sur la santé. Ignorance ou inadvertance ? Non point, car tous ceux s'intéressant aux zones humides connaissent bien le problème. Il y a donc une attitude délibérée de ne pas évoquer le domaine de la santé en rapport avec la conservation. Probablement pour ne pas affaiblir le plaidoyer en faveur de la protection des zones humides (le fameux « c'est pour la bonne cause »). Pourtant, on a peut-être oublié qu'en Europe, de nombreuses zones humides ont été asséchées pour éliminer la malaria. Disons-le tout net, cette attitude est malhonnête intellectuellement. Car en toute logique, la protection de zones humides tropicales devrait être associée systématiquement à des programmes de santé publique. « Trop cher », m'a-t-on répondu une fois. Une réponse inacceptable sur le fond. Elle repose, plus insidieusement cette fois, la question de la préservation de la nature avec ou sans l'homme. Une véritable question déontologique dans laquelle on peut voir une priorité accordée à la protection (légitime par ailleurs) des oiseaux, mais au détriment du bien-être des hommes.

Ajoutons que cette question de la relation santé-environnement aquatique se pose également pour tous les projets d'aménagement agricole. Créer un réservoir d'eau stagnante, mettre en place un réseau d'irrigation, c'est aussi créer des sites favorables au développement de pathogènes ou de leurs vecteurs. Mais on se garde bien d'associer systématiquement des programmes de santé publique aux programmes de développement. Ce qui pourtant s'inscrirait clairement dans une logique de développement durable. Trop cher... !

La science est-elle hors jeu ?

Comment interrompre l'érosion de la biodiversité due à la croissance démographique et aux activités humaines ? On attend des scientifiques qu'ils éclairent ces débats de société. En quoi et comment se sont-ils mobilisés pour apporter des éléments de réponse ?

En réalité, les spécialistes des sciences de la nature ont été quelque peu désarçonnés par l'irruption du concept de biodiversité au début des années 1990. Notamment les scientifiques français, toujours un peu frileux par rapport aux initiatives venant des pays anglo-saxons. Pour certains, et non des moindres, la première réaction a été de dire qu'il s'agissait de poursuivre tout simplement les recherches botaniques et zoologiques que l'on « savait faire depuis longtemps ». En clair, rien de nouveau sous le soleil, et surtout pas d'affolement. Attendons de voir ce que va devenir ce nouveau terme à la mode. D'autres espéraient au contraire que ce concept allait redonner un nouveau souffle aux sciences naturelles en mal de thématique mobilisatrice et tétanisées par la montée en puissance de la biologie moléculaire. Quelques utopistes rêvaient même d'un grand programme mobilisateur à l'image du programme biologique international achevé vingt ans auparavant.

Lors de la conférence de Rio en 1992, les scientifiques n'avaient qu'un strapontin. Les politiques et les ONG ont mené la danse. De fait, les scientifiques n'étaient pas réellement préparés à traiter de la question de la biodiversité et du développement durable. Les manifestations organisées à cette occasion ont été quelque peu improvisées et relativement confidentielles. D'autant que les discussions se sont focalisées sur les perspectives de valoriser la biodiversité et ont laissé dans l'ombre le problème de la conservation. Rien à voir avec leur savoir-faire de taxinomiste, d'écologiste, voire de conservacionniste. Les spécialistes des ressources génétiques, quant à eux, avaient été mieux préparés et s'étaient organisés plus efficacement.

Dans un premier temps, en l'absence d'un discours réfléchi et structuré, les scientifiques se sont alignés sans beaucoup de recul sur celui des ONG. Celles-ci avaient eu le temps de peaufiner leur argumentaire. Toujours est-il qu'on a vu fleurir dans le discours scientifique les slogans en vogue dans les ONG, comme la sixième extinction de masse, voire l'Amazonie poumon de la Terre ! Et le tout avec une tonalité catastrophiste – certains en sont d'ailleurs restés à ce stade.

Les ONG, très organisées, avaient la visibilité médiatique, alors que les sciences de la nature, beaucoup plus éclatées, avaient du mal à communiquer. Lors des premières réunions de la Convention sur la diversité biologique, on a vu ainsi se déverser des montagnes de brochures produites par les ONG. Ces dernières intervenaient également à la tribune, alors que la communauté scientifique n'avait aucune représentation visible. Chaise vide, ou presque, pour les institutions onusiennes telles que l'Unesco et le PNUE. Absence des grandes sociétés scientifiques internationales représentatives comme le Conseil international pour la science (ICSU), ou autres sociétés savantes internationales.

Mais les chercheurs des sciences de la nature l'ont rapidement compris : la biodiversité est une occasion inespérée de redonner un peu de lustre à des disciplines en voie de marginalisation. Il est peut-être possible de trouver là une justification à des disciplines n'ayant pas beaucoup de reconnaissance sociale. On s'est donc mis à parler un peu partout de biodiversité. Mais chacun avec sa propre vision des choses. Surtout avec un objectif précis en tête : promouvoir ses propres recherches sans trop remettre en cause ce qui se faisait jusque-là. C'est-à-dire, pour beaucoup d'entre eux, de la biologie des populations mâtinée d'écologie.

Ou de la génétique de laboratoire. La course au contrat était ouverte, avant même que les institutions aient suffisamment réfléchi aux implications de ce nouveau concept pour la programmation de la recherche, et défini des orientations novatrices. Le terme « biodiversité » est devenu le mot clé pour obtenir des financements, mais sans réflexion stratégique des responsables de la recherche.

Les recherches se sont donc développées de manière un peu brownienne, en systématique, en biologie, en génétique, en écologie, etc., chacun essayant de mettre en avant sa discipline pour drainer des financements. Ce qui est certain, c'est qu'il n'y a eu aucune tentative sérieuse d'organiser la recherche écologique sur les écosystèmes, domaine dans lequel la France reste à la traîne. On pourrait épiloguer longtemps sur cette vacuité : incapacité à organiser des recherches multidisciplinaires sur des sites instrumentés, peu d'intérêt pour des recherches à long terme peu « payantes » en matière de stratégies de publications, poids des disciplines académiques historiques comme la zoologie ou la botanique, manque de stratégie à long terme des organismes de recherche, etc. Toujours est-il que rien n'a vraiment changé sur le fond, si ce n'est que tout le monde s'est assez rapidement positionné sur la thématique biodiversité.

Loin de moi l'idée de dire que toutes ces recherches ont été mauvaises. Elles ont sans aucun doute contribué à faire avancer les connaissances. Mais combien ont effectivement répondu à la question : comment enrayer l'érosion ? Certes, on en sait plus sur la biologie de nombreuses espèces, sur l'histoire évolutive de certains groupes, ou encore sur la taxinomie en général. Mais bien peu de résultats sont réellement utilisables par les gestionnaires pour répondre concrètement à la gestion de la biodiversité.

« Connaître pour mieux gérer » fut le slogan des recherches sur les milieux naturels dans les années 1980. Un slogan porteur, qui dirait le contraire ? Pour les scientifiques naturalistes c'est vital. Dans le jeu des luttes d'influences, il est indispensable que le rôle de pourvoyeurs de connaissances leur soit reconnu. Une question de survie pour eux aussi. Tous les colloques scientifiques se terminent par de grandes déclarations sur la nécessité d'approfondir nos connaissances. Sans suite... Mais là n'est pas l'essentiel pour répondre à la question précise de l'érosion de la biodiversité. Les connaissances acquises sont suffisamment importantes pour que l'on puisse agir sans retard. On a parfaitement identifié les causes : surexploitation des ressources et gaspillage, dans un contexte tout à la fois de pauvreté et de course au profit à court terme. Pour répondre au problème, la logique serait de traiter les causes. C'est dans le comportement des hommes, dans les choix qu'ils font en matière de développement économique que l'on doit trouver les réponses, et pas nécessairement dans plus de recherches naturalistes. Si les sciences de la nature ont un rôle évident à jouer dans la connaissance de la biodiversité, la question de sa protection n'est pas une affaire de scientifiques. Une réalité difficile à admettre ?

Pourtant, « connaître pour mieux gérer » arrange pas mal de gens. Il arrange les politiques qui trouvent là un bon moyen de reporter des décisions dans l'attente de résultats complémentaires. Et qui favorisent ainsi une recherche alibi qui permet de gagner du temps, mais qui ne fait guère avancer la question de la protection de la biodiversité. Car celle-ci nécessite de passer à l'action. C'est la réalité du terrain, les conflits d'intérêts, nobles ou sordides, qu'il faut affronter, ce qui relève de la gouvernance de la société. Un problème de vision à long terme de ce que nous voulons faire de notre environnement. Un problème de prise de décision par rapport à des intérêts divergents, à des visions différentes du monde. Un problème politique en somme, dans le sens noble du terme.

Alors, puisque la biodiversité relève tout autant du domaine des sciences de la nature que des sciences sociales, tournons-nous vers celles-ci pour trouver des conseils pour l'action.

Car la manière dont on s'approprié la biodiversité, la manière dont on doit se comporter à son égard, sont de véritables questions sociales. Comme le rappelle le sociologue André Micoud : « La biodiversité, ce n'est pas la diversité du vivant, c'est la diversité des formes sociales du rapport au vivant, en ce que chacune de ces formes participe différemment à l'augmentation ou à la diminution de la diversité du vivant à l'intérieur d'une société donnée. » Il ajoute aussitôt que la sociologie française a presque complètement délaissé ce champ de recherche. Les sociologues ne sont d'ailleurs pas les seuls à déserté. En économie, en droit, en histoire, le champ de la biodiversité est tout autant délaissé. La cause n'est probablement pas assez noble ? Ou trop récente pour être culturellement intégrée aux problématiques des sciences sociales ?

Les revendications identitaires : diversité culturelle et savoirs traditionnels

Que penser de l'article de la CDB traitant de la protection et du maintien des connaissances et des pratiques des communautés autochtones ? Celles-ci sont détentrices de savoirs traditionnels et de connaissances empiriques concernant la diversité biologique, les ressources et les milieux naturels, qui ont été mis au point, accumulés et transmis de génération en génération dans les sociétés rurales du monde entier. Ces savoirs pourraient être utiles pour conserver et gérer durablement la biodiversité. Le terme « traditionnel » introduit un flou. Il désigne les connaissances et les techniques plus ou moins anciennes – sans que la question de leur historicité soit réellement posée – différentes de celles des sciences et techniques modernes.

On peut interpréter cette question comme une incitation à préserver la diversité culturelle au même titre que les espèces ou les gènes. Mais cette vision probablement occidentale du monde renvoie au mythe du « bon sauvage » respectueux de son environnement. Ce fruit de l'imaginaire du XVIII^e siècle, selon lequel l'être naturel est foncièrement bon et vit dans une nature accueillante et généreuse dont il prend soin. C'est celui qui vit « en harmonie avec la nature », pour reprendre une expression souvent rencontrée dans une certaine littérature dite « écologique » ! L'exemple à suivre, paraît-il, pour les Occidentaux ! Mais ce ne sont probablement pas ceux qui ont colonisé les îles du Pacifique et éradiqué nombre d'espèces endémiques ! Ni ceux qui braconnent les gorilles. Ni encore ceux qui, au nom de la tradition, continuent de chasser les baleines menacées d'extinction. Ni malheureusement ces pêcheurs Bozos du fleuve Niger, pourtant fins connaisseurs de la nature, qui ont surexploité les stocks de poissons du fleuve, simplement parce qu'il fallait nourrir des familles de plus en plus nombreuses. Car nos idées sur les sociétés non modernes sont issues de situations quelques peu idéalisées par des anthropologues : on occulte trop facilement des situations pas très politiquement correctes. Or les êtres humains partout dans le monde ont exploité les ressources de la nature de manière à satisfaire leurs besoins. Là où les populations étaient peu nombreuses, les prélèvements étaient faibles. Là où elles étaient abondantes, les prélèvements étaient importants et la surexploitation était possible. La faim n'a jamais fait bon ménage avec la conservation de la nature !

Toujours est-il que la CDB a participé activement à faire émerger autour de cette notion des savoirs traditionnels des revendications identitaires de toutes nature. Dans les conférences internationales, il fut de bon ton dans les années 1990 de présenter son « sauvage », qu'il soit inuit ou amérindien. Des hommes qui appartiennent à des sociétés dont la culture est tout à fait respectable, mais qui sont maintenant le plus souvent complètement acculturés. Il

n'empêche que pour certaines associations ou certaines ethnies, voire pour certains chercheurs des sciences humaines, les savoirs traditionnels constituent un bon fond de commerce.

Mais les savoirs traditionnels renvoient aussi à des questions plus concrètes. Car la CDB propose de créer de nouvelles formes de droits de propriété intellectuelle au profit des « communautés autochtones et locales ». Depuis 10 000 ans environ, les agriculteurs sélectionnent des variétés de plantes et des races d'animaux pour les adapter à des environnements variés. L'immense diversité génétique que l'on retrouve dans les systèmes agricoles traditionnels est le produit de l'innovation et de l'expérimentation passées et actuelles. Les populations locales considèrent cette biodiversité comme leur bien propre et entendent rester maîtresse de ces richesses, surtout face aux industries des biotechnologies qui mettent au point de nouveaux produits protégés par des brevets. Il s'agit d'un véritable patrimoine, et les agriculteurs doivent être récompensés pour cette contribution. C'est dans cet esprit que les droits des agriculteurs ont été formulés par la FAO en 1989.

Dans les faits, prendre en compte le respect et la sauvegarde de ces savoirs et des pratiques correspondantes pose des problèmes complexes. Comment recueillir ces savoirs et assurer leur maintien dans les contextes de modernisation qui s'accompagnent d'une acculturation rapide ? Comment évaluer leur pertinence et leur réelle efficacité en matière de gestion et de conservation de la biodiversité ? Comment assurer leur transmission ?

En réalité, dans le cadre international, on s'est trouvé confronté à la difficulté de prendre en compte ce nouvel échelon de gestion de la biodiversité. Qui peut représenter ces communautés, souvent minoritaires, au sein de la Convention ? Peut-on faire confiance aux États, ou aux associations et aux ONG qui s'érigent en porte-parole des minorités alors que pour certaines les méthodes et les philosophies sont loin d'être claires ?

Ces savoirs traditionnels seraient également une source considérable d'informations en matière d'utilisation des plantes médicinales. L'ethnopharmacologie cherche à décrire et à évaluer – avec plus ou moins de succès – l'efficacité des produits d'origine naturelle utilisés dans les pharmacopées traditionnelles. Tordons le cou au mythe selon lequel les connaissances accumulées par les populations indigènes nous réservent beaucoup d'heureuses surprises. En réalité, bon nombre de connaissances traditionnelles, telles que celles concernant les poisons (curare, roténone) ou la coca et le quinquina, n'ont pas échappé aux premiers explorateurs. Il est peu probable que le futur médicament qui révolutionnera la thérapie du cancer se cache dans une recette miraculeuse détenue par un lointain sorcier d'Amazonie. D'autant que le processus d'acculturation en marche dans de nombreux pays en développement a considérablement réduit ces gisements de savoirs.

De nos jours, la situation économique de nombreux pays en développement se détériore, les populations urbaines se paupérisent et le commerce de plantes aromatiques et médicinales se retrouve dans les mains de thérapeutes plus ou moins douteux. En effet, les populations pauvres – n'ayant pas accès aux médicaments occidentaux, trop chers pour elles – ont recours aux remèdes populaires. Le nombre de « tradipraticiens » est souvent bien supérieur à celui des médecins, même dans des pays où les systèmes de santé sont opérationnels. Ces « nouveaux guérisseurs » soignent leur apparence pour impressionner la clientèle, se prévalant d'une efficacité égale à la médecine scientifique. Conséquence évidente, les hôpitaux récupèrent souvent des malades fort mal en point qui sont d'abord passés chez des tradipraticiens.

Le respect de la diversité des cultures nous incite à porter un regard amical sur les savoirs traditionnels. Il faut néanmoins éviter de sombrer dans le « folklore » et dans un certain intégrisme. L'équilibre entre l'uniformisation des cultures et le maintien de traditions reste difficile à trouver.

Conclusions

*Celui qui parle trop est comme un crocodile :
il a une grande bouche et de petits bras...*

PROVERBE AFRICAÏN

Au terme de ce tour d'horizon, réapprenons à regarder autour de nous. Même si la vie urbaine nous a amenés à prendre quelques distances, la biodiversité est omniprésente dans notre quotidien. L'essentiel de notre alimentation provient de races animales ou de variétés végétales sélectionnées au fil des siècles. La plupart, d'ailleurs, sont des espèces introduites. Nous puisons sans compter dans les ressources vivantes que la nature nous fournit gratuitement. Notre santé est un équilibre précaire, maintenu au prix d'une lutte permanente contre une grande variété de micro-organismes (virus, bactéries, champignons), de parasites et de leurs vecteurs. D'autres micro-organismes, paradoxalement, nous protègent de ces pathogènes. Et l'industrie, quant à elle, s'est approprié de nombreuses molécules issues de la biodiversité. Sans oublier le rôle central joué par la diversité biologique dans la formation de notre imaginaire et dans nos représentations du monde.

Ces multiples visages de la biodiversité sont à l'origine d'une certaine ambiguïté que nous devons assumer au quotidien. Notamment, le fait que la biodiversité indispensable à la vie de l'espèce humaine soit aussi la source de tous les dangers. À nous de gérer au mieux cette situation conflictuelle en fonction de nos intérêts bien compris d'éliminer les nuisances, de gérer les ressources biologiques et de préserver des espaces de rêve et de loisir.

Des représentations partielles et partiales de la nature

Pour le grand public, la biodiversité renvoie à des images simples de l'imaginaire collectif : nature vierge, dangereux prédateurs, panda menacé de disparition... Ou à des souvenirs d'études, de films ou de voyages. Par idéologie, et probablement pour ne pas affaiblir le plaidoyer pour préserver la biodiversité, le discours conservationniste a trop vite occulté la peur de la nature. Ainsi que la lutte sans merci menée depuis des siècles contre cette diversité biologique dont nous ne voulons pas, la source de maladies et de nuisances. Pour un citoyen occidental, la biodiversité c'est donc officiellement protéger la nature. Il a beaucoup entendu parler, à la télévision ou dans les journaux, de ces espèces qui disparaissent. De cette fameuse nouvelle extinction de masse dont l'homme serait responsable. Le fer de lance du discours des ONG environnementales. Le ton catastrophiste est devenu la règle, mais il finit par passer et perdre de son impact. Au point de détourner l'attention. Car beaucoup de nos concitoyens sont assez indifférents à la disparition d'espèces ne faisant pas partie de leur quotidien. En outre, la menace vis-à-vis de la biodiversité n'est pas ressentie comme pressante au même titre que le changement climatique ou la fin de l'approvisionnement en pétrole. On l'a vu dans les enquêtes d'opinion de l'Eurobaromètre, la biodiversité ne connaît qu'un « succès d'estime » en comparaison d'autres préoccupations environnementales. La biodiversité ordinaire ne passionne pas beaucoup les citoyens ni les médias : il faut des scoops pour en parler.



Comme le souligne le philosophe Hans Jonas, une menace qui ne nous touche pas directement ne nous incite pas à changer notre mode de vie. La cause est trop mineure par rapport à d'autres préoccupations. Elle n'affecte pas notre santé – du moins pas directement –, ni ne met en danger notre vie matérielle. Alors, beaucoup de citoyens ne s'émeuvent que lorsqu'ils sont confrontés à la disparition d'espèces proches (leurs animaux de compagnies par exemple), ou à la dégradation des paysages et de leur cadre de vie. Surtout, ils ne supportent plus de se faire piquer par des moustiques ou d'autres insectes malfaisants. Qu'on en finisse !

En revanche, pour le citoyen d'un pays en développement, la biodiversité, c'est d'abord la survie quotidienne. C'est la viande de brousse. C'est le bois de chauffe ainsi que les médecines traditionnelles. Ce sont les prédateurs encore dangereux. Et les nombreuses maladies liées au milieu tropical. Sans oublier ces molécules que les industriels du Nord viennent piller dans le patrimoine naturel des pays du Sud pour faire de gros profits. L'incompréhension est forte entre ces deux représentations du monde. Elles correspondent, dans les faits, à des modes de vie très contrastés.

La faute à qui ?

Dans l'histoire de la vie, l'espèce humaine, assez peu armée à l'origine pour se défendre, s'est muée en espèce envahissante. Elle a su s'adapter et survivre aux changements du climat et aux épidémies. Pour cela, elle a développé son côté industriel. L'homme s'est d'abord servi d'outils pour se défendre et pour capturer les proies. Il en a fait bon usage, puisque l'espèce est plutôt en voie d'expansion. Un usage parfois immodéré néanmoins. Erreur de jeunesse ? Toujours est-il que l'érosion de la biodiversité est, aujourd'hui, un fait indiscutable.

Nous l'avons vu, ce n'est pas tant la disparition d'espèces qui est inquiétante, ce phénomène naturel ayant toujours existé. Ce qui nous préoccupe, c'est que certains groupes ont des taux d'extinction plus rapides aujourd'hui qu'au cours des temps géologiques. Mais l'impact des activités humaines reste difficile à quantifier globalement étant donné les nombreuses lacunes dans nos connaissances. Il faut donc éviter de généraliser à l'ensemble des êtres vivants des observations réalisées sur certains groupes. La biodiversité n'est pas un bloc monolithique. Si elle est souvent abordée sous l'angle d'espèces ou de groupes charismatiques tels que les oiseaux, elle ne se réduit pas à cela. De toute évidence, les vertébrés sont parmi les plus menacés. De nombreuses espèces sont probablement vouées à l'extinction. Pour les invertébrés, les marges d'incertitudes liées au manque de connaissance sont énormes. Quant aux micro-organismes, il est fort probable qu'ils ne soient pas beaucoup gênés par *Homo sapiens*. C'est d'ailleurs un sujet d'inquiétude en ce qui concerne les pathogènes !

Bien entendu, plus il y a d'hommes et plus on a besoin d'espace et de ressources. C'est mathématique... Certains n'hésitent donc pas à accuser la démographie, et de parler à son propos de pollution primaire. Quel mépris pour l'espèce humaine ! Vous remarquerez que ce sont généralement des individus de pays nantis qui expriment de telles opinions ! Ils n'envisagent guère, quant à eux, de modifier leur mode de vie.

Plus généralement, les déclarations sur l'érosion de la biodiversité pointent du doigt l'action de l'homme : des habitats modifiés, des ressources surexploitées, des espèces introduites, une nature polluée, etc. Les ouvrages consacrés à la biodiversité détaillent à l'envi toutes

les malversations de l'espèce humaine. On a même trouvé récemment un nouveau bouc émissaire : le changement climatique. Mais les causes ainsi dénoncées ont des racines bien plus profondes. Les principales menaces contre la biodiversité ne sont pas le réchauffement du climat ni les espèces introduites ; ce sont d'une part la pauvreté, d'autre part la cupidité et la corruption. Là sont les causes du mal. Qui cherche vraiment à les extirper ? On peut être surpris du peu de zèle déployé pour lutter contre la pauvreté, ou de l'omerta pesante à l'égard de la corruption !

Cela ne relève pas du seul domaine des scientifiques. C'est à la société de prendre les mesures qui s'imposent. En revanche, il est de notre responsabilité de citoyens d'accepter ou non ces situations. Or, l'aide au développement est à la baisse, et personne ne remet fortement en cause la politique des subventions accordées à la pêche ou à l'agriculture, pour ne citer que ces exemples. Cette politique conduit, pour la pêche, à la surenchère technique et donc à la destruction de la ressource. Pour l'agriculture, nous connaissons les effets induits : pollution des sols et des eaux et paupérisation des paysans du Sud non subventionnés. J'entends déjà des voix disant d'un ton condescendant, voire méprisant : sans les engrais, la population mondiale connaîtrait la famine. Ces écologistes sont irresponsables ! Bien entendu, ce ne sont pas les engrais et pesticides qui sont en cause, mais les pratiques. Souvenons-nous de la formule célèbre de Paracelse : « C'est la dose qui fait le poison. » Autrement dit, l'excès nuit en tout ! Or, on ne peut s'empêcher de penser que « consommez plus » a été longtemps le slogan favori des marchands de produits chimiques.

Mais si l'on y regarde de près, on s'aperçoit que nous sommes tous partie prenante de l'érosion de la biodiversité. Que ce soit activement ou passivement. Par nos besoins exprimés, par nos achats, nous concourons à l'érosion des ressources naturelles. Acheter un meuble en teck, c'est peut-être cautionner involontairement la destruction de forêts tropicales ayant été troquées contre des armes. Acheter du poisson de mer aujourd'hui, c'est participer à l'épuisement des stocks marins...

Le développement durable comme toile de fond

Le concept de développement durable combine diverses préoccupations : la viabilité économique, l'équité sociale et la protection de l'environnement. C'est dans ce contexte qu'il convient de parler maintenant de la biodiversité. Il ne s'agit plus de préserver simplement une nature extraordinaire ou patrimoniale dans des sanctuaires inviolables. Le terrain de jeu s'est déplacé. Les enjeux du développement se situent dans les systèmes anthropisés et/ou exploités par l'homme, que ce soient les milieux marins, les agrosystèmes ou les systèmes urbains. C'est la biodiversité « ordinaire » qui est également visée. Un changement radical de perspective qui suppose de revoir en profondeur des concepts, des valeurs, des habitudes relatives à la politique de conservation de la nature menée jusqu'ici. Il implique aussi que l'on traite sur le même plan la conservation de la biodiversité et la lutte contre la biodiversité qui dérange. Tous les faits démontrent que la société occidentale n'accepte plus les nuisances de la nature.

On voit bien que nous ne sommes plus dans une démarche de type purement écologique. L'écosystème, terrain privilégié des écologistes, a fait place à l'anthroposystème ou au sociosystème. Ce sont maintenant les hommes qui gouvernent la dynamique de la biodiversité. Du moins la partie de la biodiversité sur laquelle ils peuvent avoir réellement une action, c'est-à-dire la mégafaune et plus généralement la biodiversité « visible ». Celle qu'ils exploitent, ou avec laquelle ils sont en concurrence. Ainsi que la flore ou la faune qui les

fascinent pour sa beauté, ses couleurs, ses caractéristiques étranges. On a dit que l'homme était devenu le gardien de la nature. Il peut en effet choisir de conserver ou non des habitats et leurs espèces. En définitive, il se trouve en position de décider du devenir d'une partie de la biosphère. Néanmoins une autre partie, et non la moindre, lui échappe encore : c'est toute la biodiversité invisible, celle des micro-organismes, même si les activités humaines ont sans aucun doute un impact sur ces espèces.

Conserver, mais à quel prix ?

Oui, il nous faut protéger une partie de la biodiversité. Elle est indispensable dans la vie quotidienne pour s'alimenter, se vêtir, se soigner, ainsi que pour se distraire, s'évader, rêver ! Mais, simultanément, il faut poursuivre, voire intensifier la lutte contre l'autre partie. Celle qui est source de maladies et de nuisances pour l'homme, ses animaux domestiques et son agriculture. Une dualité qu'il faut assumer. Qu'il soit clair, une fois pour toute, que nous ne voulons pas conserver toute la biodiversité. Car je vois mal comment défendre l'idée que la biodiversité qui dérange doit être protégée, elle aussi ! En réalité on n'en parle guère. Il est plus subtil d'ignorer son existence et de mettre l'accent seulement sur la protection. C'est ainsi qu'on observe parfois des politiques surprenantes en matière de conservation de la nature, où l'on met l'accent sur la préservation de certaines espèces sans trop se soucier du bien-être des hommes. Oh, ce n'est pas dit en ces termes ! Mais dans les faits, la préservation des zones humides en milieu tropical pour protéger les oiseaux feint d'ignorer qu'elles sont aussi la source de nombreuses maladies parasitaires. Je n'entends pas cautionner ceux qui voudraient privilégier la conservation d'une nature éphémère, à l'échelle des temps géologiques, aux dépens de l'amélioration des conditions de vie des hommes. D'autant que l'on peut très bien mener de front la conservation des zones humides et la prise en compte des problèmes de santé ; nous en avons les moyens techniques. Reste à réunir les moyens financiers. Mais ce n'est pas mission impossible !

Où se situe la ligne de démarcation entre les espèces que nous aimerions protéger et celles que nous aimerions voire disparaître ? Et qui peut juger de la légitimité ou non de détruire certaines espèces ? Problème d'éthique et de conscience qui ne peut être abordé globalement, mais au cas par cas. Concernant l'ensemble des pathogènes humains, par exemple, je ne connais pas beaucoup de citoyens qui accepteraient de mettre en péril leur vie et celle de leurs proches au nom de la protection de la biodiversité. Qui souhaite accorder un sursis au ténia, à la mouche tsé-tsé vectrice de la maladie du sommeil, ou tout simplement au moustique ! En l'absence d'opposition, la cause est entendue. Mais chacun sait qu'en luttant contre les pathogènes et leurs vecteurs, on occasionne aussi des dégâts sur d'autres espèces ! Le silence est rompu lorsque les opérations de lutte produisent des effets collatéraux bien visibles sur l'économie. C'est le cas par exemple des abeilles décimées, entre autre, par des insecticides comme le Gaucho. La recherche de produits moins toxiques ou la modification des pratiques agricoles devraient permettre de trouver des compromis acceptables entre les deux exigences de lutte et de conservation.

Le problème est différent lorsque l'on a affaire à des loups ou à des ours. Cette fois, une partie des citoyens souhaiterait les protéger à condition cependant qu'ils ne les dérangent pas. Une autre partie, en revanche, les considère comme nuisibles et pousse à leur disparition – ou du moins, demandent à qu'ils soient parqués pour les rendre inoffensifs. La gestion de ces prédateurs relève d'un choix de société. Il y a fort à parier que leurs populations, dans le futur, continueront à faire l'objet d'un contrôle très strict. Et les grands

prédateurs charismatiques des pays tropicaux n'existeront bientôt plus que dans des réserves pour touristes. Autre forme de compromis.

On peut s'interroger également sur les araignées ou les vipères, qui font l'objet de tant de phobies. Il faut dire que les serpents ne jouissent pas d'un grand capital de sympathie auprès du public, bien qu'ils aient de rares défenseurs. Pendant longtemps, il y a eu une prime à la destruction des vipères. Un habitant de la région de Tonnerre en aurait capturé 11 500 au début du xx^e siècle. Mais depuis 1979, elles sont protégées pour leur rôle écologique. On s'est aperçu qu'elles contribuaient à réguler les populations de petits mammifères. Une protection néanmoins bien théorique dans les campagnes. La réduction des habitats propices aux vipères les confine fort heureusement dans quelques milieux peu fréquentés par l'homme. En réalité, nous avons des politiques hésitantes autour de la notion de nuisibles, et rien ne dit qu'elles n'évolueront pas de nouveau.

L'avenir n'est plus ce qu'il était

L'histoire de la vie nous a montré qu'elle présentait des capacités exceptionnelles pour s'adapter. En mettant l'accent sur les extinctions, on feint d'ignorer que l'évolution poursuit son cours. Avec, il est vrai, un pas de temps bien différent de celui du temps humain. Mais l'évolution prépare actuellement la diversité biologique de demain. Ce futur sera certainement différent. Beaucoup d'espèces actuelles auront disparu, dont celles que nous essayons de protéger aujourd'hui. L'homme y compris peut-être ! Mais d'autres seront sans aucun doute apparues. Peut-être le règne des insectes, thème favori de certains romans d'anticipation, va-t-il commencer ?

S'interroger sur l'avenir de la biodiversité, c'est poser en même temps la question : quelles natures voulons-nous ? Car si la population continue de croître, il est peu probable que les aires protégées ne servent, dans le futur, qu'à la conservation de la nature. Quoi qu'il en soit, il faut redéfinir leur rôle dans la perspective du changement climatique. Et rien n'interdit que la conservation s'inscrive dans le cadre plus ludique d'une nature spectacle. Je pense même que la conservation doit sortir du cadre étroit de la protection des espèces pour s'inscrire dans des projets plus vastes où elle aurait une fonction sociale. On comprendrait mieux, ainsi, l'investissement en matière de conservation. Nos sociétés urbaines – et, disons-le, nanties – ont besoin du spectacle de la nature pour leur équilibre psychologique. Rapprocher la conservation d'espèces menacées et la satisfaction de besoins ludiques ou esthétiques est un objectif honorable. L'avenir ne se prévoit pas, il se prépare.

D'ailleurs, nous sommes déjà engagés sur le chemin de ces *ecolands*. Dans une Europe qui fut maintes fois ravagée par les changements de climat, les paysages ont été largement façonnés par l'homme. Ses hauts lieux de naturalité, à l'exemple de la Camargue, sont souvent d'origine artificielle. Ses forêts sont en grande majorité des plantations monospécifiques. Les parcs animaliers dans lesquels on peut pratiquer des safaris ne sont-ils pas une préfiguration de cette nouvelle facette de la conservation de la nature ? Ils accueilleront peut-être les derniers survivants d'une mégafaune devenue de plus en plus rare. Ou avec laquelle les hommes ne souhaitent pas cohabiter comme l'ours et le loup ! La mégafaune africaine est menacée elle aussi. Pour le paysan africain, l'éléphant et l'hippopotame sont des nuisibles détruisant les récoltes et sont par conséquent voués, comme le loup et l'ours, à un contrôle étroit. Ils deviennent d'ailleurs très rares de nos jours en dehors des parcs nationaux. D'autres *ecolands* où se bousculent les touristes... Mais avec quelques degrés Celsius de plus, on pourrait les acclimater dans des parcs

animaliers européens ou américains. Si les voyages par avion deviennent plus difficiles en raison de la raréfaction du pétrole, ces *ecolands* sont peut-être une solution pour développer le tourisme national !

Positiver nos rapports à la biodiversité

Le discours catastrophiste est de mise en matière de biodiversité. Les scientifiques n'échappent pas à ce travers. Ils espèrent plus ou moins consciemment obtenir ainsi des financements pour leurs recherches. Mais le public se lasse : il n'aime pas culpabiliser trop longtemps et préfère les *happy ends*. Et puis on a tendance à exagérer la question. Il y a un décalage entre les discours et la réalité. Ainsi, les conservationnistes agitent le spectre des introductions d'espèces comme une des causes principales de l'érosion de la biodiversité. Mais dans le monde réel, la société n'en a rien à faire. Avidée de nouveautés, elle pousse en réalité à développer encore le supermarché mondial ! Notre agriculture a d'ailleurs largement profité des transferts d'espèces. Alors, changeons de lunettes. Portons un regard plus amical sur les introductions. Je souhaite chaleureusement la bienvenue aux immigrés. Si certains d'entre eux, il est vrai, sont peu sympathiques et sont même de véritables nuisances, beaucoup nous sont en revanche fort utiles. Je ne veux pas dire pour autant que tout est permis. Trop facile la critique ! Mais ne considérons pas le problème uniquement sous l'angle de l'agression. Ne cédon pas non plus aux tendances xénophobes. Positivons ! Et développons un discours moins négatif sur les introductions qui, quoi qu'il en soit, se poursuivent. Une fois de plus, la question n'est pas que des espèces quittent leur aire d'origine pour s'installer ailleurs, cela s'est déjà produit maintes fois dans le passé : l'homme en est une preuve tangible et on n'y trouve rien à redire. L'inquiétude vient de la fréquence accrue des transferts. Est-ce réellement un problème à l'échelle de temps de l'évolution ? On est en droit d'en douter.

Au-delà des relations matérielles, la nature est également un élément clé de notre équilibre psychologique. Elle est une source inépuisable de mystère et d'étonnement, de rêve et d'évasion. Nos animaux de compagnie comblent nos manques affectifs ; pour nos loisirs, nous recherchons de beaux paysages, si possible près de l'eau ; nous pratiquons la pêche, la chasse ou, plus paisiblement, la randonnée ; les animaux nous donnent à réfléchir sur l'existence de l'homme et sa place dans l'univers. Bref, nous avons besoin de la nature pour nous ressourcer et retrouver la paix intérieure. Autant d'éléments que nos économistes ignorent le plus souvent. L'accent mis sur le rôle utilitaire de la biodiversité pour tenter de rallier le citoyen à la cause de la conservation n'a pas fait mouche. Nous avons oublié que l'homme est aussi un être sensible chez lequel l'affectif est tout aussi important que le bruit du tiroir-caisse. C'est pour des motifs éthiques et esthétiques que nous nous mobiliserons efficacement contre l'érosion de la biodiversité : peut-on réellement imaginer que nous soyons égoïstes au point d'être totalement indifférents à la disparition programmée de nos cousins les grands singes ? Croire en l'homme, c'est croire également en sa générosité.

Si je suis prêt à prendre mes responsabilités dans un cadre collectif, pour participer à la protection de la biodiversité, je n'entends pas pour autant culpabiliser en permanence. J'ai besoin de me rassurer, de trouver des repères, d'imaginer qu'il y a des compromis acceptables. Et si je veux positiver, j'ai quelques raisons d'espérer. La sensibilisation aux questions d'environnement gagne du terrain. L'Éducation nationale s'en est emparée, économie solidaire et commerce équitable commencent à émerger, et le développement durable n'est plus seulement un slogan. On ne peut plus faire comme si de rien n'était. Il n'empêche, en

contrepoint, que j'ai aussi quelques sujets d'inquiétude. C'est le dilemme de la bouteille à moitié vide ou à moitié pleine ! Je préfère cependant la voir à moitié pleine.

Redonner vie à l'espérance

Le philosophe Edgard Morin (2007) pose cette question préoccupante : comment ne pas désespérer devant la dégradation de la biosphère ? Si on ne croit plus dans l'avenir, où et comment trouver les raisons d'espérer ? Il nous propose tout simplement de ressusciter l'espérance. Mais comment faire dans un monde où la barbarie déferle sur la planète, pour reprendre les termes, peut-être un peu démesurés, d'Edgard Morin ?

Un premier principe d'espérance réside dans l'improbable. C'est ce qui ne se produit pas alors qu'à un moment donné tout converge pour dire que ça ne peut qu'arriver. Edgard Morin prend pour exemple le fait qu'en 1941, la domination nazie sur l'Europe était plus que probable, alors qu'elle ne s'est pas réalisée dans les faits. Ce principe est intéressant. Mais il peut aussi conduire à l'immobilisme et au fatalisme. On en connaît quelques dérives. Ainsi, pourquoi s'émouvoir du changement climatique ? Les scientifiques, après tout, peuvent se tromper, et la planète a peut-être plus d'un tour dans son sac pour réguler ce phénomène. Si l'on croit en l'improbable, alors on peut jouer au poker ou pratiquer la politique de l'autruche, et penser que les choses finiront par s'arranger. Le fatalisme en quelque sorte !

Les deuxième et troisième principes énoncés par Edgard Morin sont un peu liés. D'une part, il y a les potentialités humaines, non encore exprimées, de développer des capacités de régénération face aux forces de destruction. D'autre part, il y a les possibilités de métamorphose de la société actuelle en une « société monde » d'un type nouveau. Un peu à la manière dont les sociétés de chasseurs cueilleurs il y a 10 000 ans se sont transformées en une société agricole. Avec le paradoxe que plus nous approchons d'une catastrophe, plus nous approchons d'une possible métamorphose. Pour Edgard Morin, l'espérance doit croître avec la désespérance. L'idée de métamorphose devient alors salutaire. « Mais il est évident qu'avant qu'il y ait transformation, avant l'apparition d'un nouveau système, on ne peut le concevoir, on ne peut le définir. Nous pouvons seulement indiquer qu'il faudrait changer de voie, que la voie nouvelle pourrait émerger, et que c'est la voie de l'espérance. »

On peut penser que, pour trouver cette nouvelle voie prônée par Edgard Morin, il nous faudra y être poussé par obligation. Qui, parmi les citoyens d'un Occident relativement nanti malgré des disparités évidentes et des situations dramatiques de pauvreté, veut vraiment modifier significativement son mode de vie ? Qui, parmi les habitants des pays pauvres, ne rêve pas d'un mode de vie à l'occidentale, sans se soucier du prix à payer pour l'environnement ? Nos sociétés ne vont probablement pas s'investir dans la voie du développement durable sans y être obligées. À quand donc ce « tsunami environnemental » qui va nous mettre le dos au mur. Nous obliger ainsi, sous peine de disparition, à exprimer ces potentialités de régénération qui sont en nous. Nous permettre de réaliser cette métamorphose à laquelle nous invite Edgard Morin ? En 1940, Churchill avait promis aux Anglais « du sang et des larmes ». Il en faudra pour accomplir la mutation. Il n'y a pas de recette de cuisine pour sauver des espèces en voie d'extinction. Ce n'est pas non plus seulement dans la technologie qu'il faut chercher refuge, même s'il n'est pas question de la rejeter, bien au contraire.

Rien cependant ne se fera de sérieux sans recréer des solidarités, sans remettre en cause une civilisation où l'économique prime sur l'humain. Sans recréer le rêve en des jours meilleurs, terrain autrefois occupé par les religions, et qui n'a pas été comblé par d'autres philosophies. La pollution primaire, c'est de laisser la bride sur le cou à ceux qui s'engagent dans la recherche forcenée du profit à court terme, au mépris de l'évidente nécessité d'assurer la pérennité des ressources naturelles. Et si les causes de l'érosion de la biodiversité résident dans les activités humaines, les solutions sont également à trouver dans les comportements sociaux. Les solutions techniques proposées par les écologistes sont bien dérisoires par rapport aux moteurs économiques actuels. C'est à la société d'investir le terrain de la biodiversité. Réhabiliter l'idée d'une « gestion en bon père de famille » a peut-être un côté paternaliste, et rejoint l'idée de l'homme gardien de la nature. Mais l'objectif est bien de retrouver un peu de bon sens dans nos rapports avec la nature. Sachant qu'il sera nécessaire de respecter, dans la mesure du possible, des points de vue parfois bien divergents !

La notion de développement durable n'est pas anodine. C'est une utopie, peut être. Mais elle nous invite inexorablement à mener une véritable révolution. Le développement durable, sachez-le, est subversif ! Il n'invite pas au *statu quo* mais à la remise à plat de notre système de valeurs. Il y a du chemin à faire. Mais l'essentiel n'est-il pas d'ouvrir la voie ? Et de montrer que ce n'est pas un cul-de-sac !

« – Voudriez-vous, je vous prie, me dire quel chemin je dois prendre pour m'en aller d'ici ?
 – Cela dépend en grande partie du lieu où vous voulez vous rendre, répondit le Chat.
 – Je ne me soucie pas trop du lieu... dit Alice.
 – En ce cas, peu importe quel chemin vous prendrez, déclara le Chat.
 – ... pourvu que j'arrive quelque part, ajouta en manière d'explication Alice.
 – Oh ! dit le Chat, vous pouvez être certaine d'y arriver, pourvu seulement que vous marchiez assez longtemps.
 Alice dut admettre que c'était là une évidence incontestable. »
 Lewis Carroll, *Alice au pays des merveilles*

Bibliographie

- Anonyme, 1999. Les frontières du vivant. *La Recherche*, numéro spécial, février.
- Anonyme, 2000. Biodiversité. L'homme est-il l'ennemi des autres espèces ? *La Recherche*, numéro spécial, juillet-août.
- Anonyme, 2001. Les origines de la vie. *Science et Vie Junior*, dossier hors série, octobre.
- Anonyme, 2003. Le mode selon Darwin. *Sciences et Avenir*, hors série, mai.
- Anonyme, 2005. L'histoire de la vie. Les grandes étapes de l'évolution. *Les dossiers de la Recherche*, n° 19, mai-juillet.
- Anonyme, 2006. La biodiversité : approches plurielles, enjeux réels. Responsabilité & Environnement. *Annales des Mines*, octobre.
- Anonyme, 2006. La nouvelle histoire des hommes disparus. *Science et Vie*, hors série, n° 235.
- Anonyme, 2007. *Biodiversité : quelle recherche dans 15 ans ?* Actes des 4^e journées de l'Institut français de la biodiversité, Paris.
- Anonyme, 2007. L'évolution. Comment les espèces s'adaptent. *Les dossiers de la Recherche*, n° 27, mai-juin.
- Anonyme, 2007. Les virus, ennemis utiles. *Pour la Science*, dossier n° 55, avril-juin.
- Arnoud P., Glon E. (dir.), 2005. *La nature a-t-elle encore une place dans les milieux géographiques ?* Publications de la Sorbonne, 270 p.
- Aubertin C., Vivien F.D., 1998. *Les enjeux de la biodiversité*. *Economica*, 112 p.
- Aubertin C. (coord.), 2005. *Représenter la nature ? ONG et biodiversité*. IRD Éditions, 208 p.
- Bachelet M., 1995. L'ingérence écologique. Éditions Frison-Roche, 304 p.
- Barbault R., Chevassus-au-Louis B. (dir.), 2004. *Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche*. ADFP ministère des Affaires étrangères, 242 p.
- Barbault R., 2006. *Actes de la Conférence internationale « Biodiversité : Science et gouvernance »*. Paris 24-28 janvier 2005. Muséum national d'histoire naturelle, 319 p.
- Barnaud G., 1998. *Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliquées à leur caractérisation*. SPN-IEGB-MNHN, « Patrimoines naturels », Paris, vol. 34, 451 p.
- Barnaud G., Fustec E., 2007. *Conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ?* Éditions Quæ, Éducagri, « Sciences en partage », 296 p.
- Belon P., 1951. *L'Histoire naturelle des étranges poissons marins avec la vraie peinture & description du dauphin, & de plusieurs autres de son espèce*. Chaudière, Paris, 55 p.
- Besse J.-M., Roussel I. (dir.), 1997. *Environnement : représentations et concepts de la nature*. L'Harmattan, 236 p.
- Bianchi L., [en ligne] <http://rdereel.free.fr/volNZ1.html>
- Blanc N., 2000. *Les animaux en ville*. Odile Jacob, Paris, 232 p.
- Bourg D. (coord.), Breton S., Conan M., Da Matta R., Dabire C.G., Ferry L., Galey J.C., Gentelle P., 1993. *Les sentiments de la Nature*. La Découverte, « Essais », 246 p.
- Boyden S., 1992. *Biohistory : the Interplay between Human Society and the Biosphere*. UNESCO and The Parthenon Publishing Group, « Man and the Biosphere », vol. 8, 279 p.

- Burgat F., 1997. *Animal, mon prochain*. Odile Jacob, Paris, 254 p.
- Cadoret A. (dir.), 1985. *Protection de la nature. Histoire et idéologie. De la nature à l'environnement*. L'Harmattan, 254 p.
- Chapoutier G., 2004. *Qu'est-ce que l'animal ?* Éditions le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », 54 p.
- Chapuis J.-L., Barré V., Barnaud G. (éd.), 2001. « *Recréer la Nature* » – *Réhabilitation, restauration, et création d'écosystèmes*, ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Museum national d'histoire naturelle, Paris, 196 p.
- Clément G., 2000. *Le jardin planétaire : réconcilier l'homme et la nature*. Albin Michel, 126 p.
- Combes C., Guitton C., 1999. *L'homme et l'animal. De Lascaux à la vache folle*. Belin, 159 p.
- Combes C., 2002. *La Vie*. Ellipses, 126 p.
- Corvol A. (coord.), 1993. *La nature en révolution – 1750-1800*. L'Harmattan, 232 p.
- Cyrulnik B., Digard J.-P., Picq P., Matignin K.L., 2000. *La plus belle histoire des animaux*. Éditions du Seuil, 217 p.
- De Vries B., Goudsblom J., 2002. *Mappae Mundi : Humans and their Habitats in a Long-Term Socio-Ecological Perspective. Myths, Maps and Models*. Amsterdam University Press, 448 p.
- Delaunay P., 1997. *La zoologie au xv^e siècle*. Hermann, « Histoire de la pensée », 338 p.
- Delort R., Walter F., 2001. *Histoire de l'environnement européen*. PUF, 354 p.
- Desproges P., 1991. *Fonds de tiroir*. Seuil, 134 p.
- Digard J.-P., 1990. *L'homme et les animaux domestiques. Anthropologie d'une passion*. Fayard, « Le temps des sciences », 281 p.
- Dubos R., 1973. *Les dieux de l'écologie*. Fayard, « Écologie », Paris, 239 p.
- Dunand F., Lichtenberg R., 2005. *Des animaux et des hommes – Une symbiose égyptienne*. Éditions du Rocher, 271 p.
- Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being : Synthesis*. Island Press, Washington DC, 137 p.
- Ehrlich P.R., 1972. *La bombe P*. Fayard, « Les amis de la Terre », Paris, 230 p.
- Ferrières M., 2002. *Histoire des peurs alimentaires – Du Moyen Âge à l'aube du xx^e siècle*. Éditions du Seuil, « Points histoire », 464 p.
- Gallais A., Ricoch A., 2006. *Plantes transgéniques : faits et enjeux*. Éditions Quæ, 288 p.
- Geistdoerfer A., Ivanoff J., Leblic I., (éd.) 2002. *Imagi-Mer. Créations fantastiques, créations mythiques*, Paris, Cetma, Antropologie maritime « Kétos », 418 p.
- Genot J.-C., 1998. *Écologiquement correct ou protection contre nature ?* Édisud, 155 p.
- Gervais P., 1920. *Notions élémentaires d'histoire naturelle, première année d'enseignement secondaire*. P. Gervais, L. Marchand, V. Raulin, Librairie Hachette.
- Gonzales J.-P., Lechuga M., Yoksan S., 2000. Les *Arenavirus* du Nouveau Monde : virus en évolution et maladies émergentes. *Medecine tropicale*, 60, 42S-49S.
- Gould S.J., 1991. *La vie est belle – Les surprises de l'évolution*. Seuil, « Points sciences », 484 p.
- Gould S.J., 1997. *L'éventail du vivant : le mythe du progrès*. Seuil, « Point sciences », 299 p.
- Gouyon P.H., 2001. *Les harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie. Évolution et biodiversité*. Inra Éditions, « Sciences en questions », 91 p.
- Herrick J., 2004. *Les bactéries sont-elles nos ennemies ?* Éditions le Pommier, « Les petites pommes du savoir », 64 p.

- Heywood V.H. (ed.), 1995. *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environment Programme, Cambridge University Press, Cambridge, 1140 p.
- Institut français de la biodiversité. *Actes des 3^e journées de l'Institut français de la biodiversité*. La Rochelle/12-14 décembre 2005.
- Jacob F., 1981. *Le jeu des possibles : essai sur la diversité du vivant*. Fayard, Paris, 135 p.
- Jollivet M., 1992. *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. CNRS Éditions, 589 p.
- Kalaora B., 1998. *Au-delà de la nature, l'environnement. L'observation sociale de l'environnement*. L'Harmattan, 199 p.
- Larrère C., Larrère R., 1997. *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*. Aubier Montaigne, « Alto », 355 p.
- Lévêque C., 2001. *Écologie. De l'écosystème à la biosphère*. Masson Sciences, Dunod, Paris, 502 p.
- Lévêque C., Mounolou J.-C., 2001. *Biodiversité*. Masson Sciences, Dunod, Paris, 248 p.
- Lévêque C., van der Leeuw S. (éd.), 2003. *Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*. Elsevier, « Environnement », Paris, 324 p.
- Lévêque C., Sciama Y., 2008. *Développement durable : nouveau bilan*. Dunod, « Quai des Sciences », 259 p.
- Linné C., 1972. *L'équilibre de la nature*. Trad. fr. : B. Jasmin, Vrin, « Histoire des Sciences – Textes », Paris, 172 p.
- Mac Michael A.J., 2001. *Human frontiers, environments and diseases : past patterns, uncertain futures*. Cambridge University Press, Cambridge, 413 p.
- Mathieu N., Jollivet M., 1989. *Du rural à l'environnement. La question de la nature aujourd'hui*. ARF Éditions/L'Harmattan, Paris, 353 p.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W., 1972. *The Limits to Growth*, Potomac Associates, Universe Books, 205 p. Trad. fr. : *Rapport sur les limites à la croissance, in Halte à la croissance ?*, Paris, Fayard, « Écologie », 314 p.
- Migot P., Roué M., 2006. *Gestions durables de la faune sauvage. Natures, Sciences, Sociétés*, vol. 14, supplément.
- Morin E., 2007. *L'an I de l'ère écologique. La Terre dépend de l'homme qui dépend de la Terre*, suivi d'un dialogue avec Nicolas Hulot, Taillandier, « Histoires d'aujourd'hui », 127 p.
- Parc naturel régional de Camargue, 1992. *Carte d'occupation des sols*. Arles, PNRC.
- Parizeau M.-H. (coord.), 1997. *La biodiversité. Tout conserver ou tout exploiter ?* DeBoeck Université, 216 p.
- Pascal M., Lorvelec O., Vigne J.D., 2006. *Invasions biologiques et extinction. 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France*. Éditions Quæ, Belin, 352 p.
- Passet R., 2001. *Éloge du mondialisme par un « anti » présumé*. Paris Fayard, 167 p.
- Pavé A., 2007. *La nécessité du hasard*. EDP Sciences, 186 p.
- Picq P., 2005. *Nouvelle histoire de l'homme*. Librairie académique Perrin, 319 p.
- Prochiantz A., 2001. *Machine-esprit*. Odile Jacob, Paris, 224 p.
- Roger A., Guéry F., 1991. *Maîtres et protecteurs de la Nature*. Champ Vallon, « Milieux », 329 p.
- Rondelet G., 1554. *De piscibus marinis, libri XVIII, in quibus veræ piscium effigies expressæ sunt*. Trad. fr. : L. Joubert, 1558, *L'Histoire entière des poissons, composée premièrement en Latin par Maistre*

Guillaume Rondelet. . . , maintenant traduites (sic) en François. Avec leurs pourtraits au naïf, Mathieu Bonhomme, Lyon, 1558, 2 t. en 1 vol. in-fol. republié en 2002 par le Comité des travaux historiques et scientifiques, CTHS-Sciences.

Terrasson F., 1991. *La peur de la nature*. Sang de la Terre, 189 p.

UICN, PNUE, WWF, 1980. *Stratégie mondiale de la conservation : la conservation des ressources vivantes au service du développement durable*. Gland (Suisse).

UNEP, 1995. *Global biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, 1140 p.

Vigne J.D., 2004. *Les origines de la culture. Les débuts de l'élevage*. Éditions le Pommier, 189 p.

Vivien F.D., 1994. *Économie et écologie*. La Découverte, 127 p.

Vivien F-D., 2002. *Biodiversité et appropriation : les droits de propriété en question*. Elsevier, 206 p.

Voituriez B., 2003. *Les humeurs de l'océan. Effets sur le climat et les ressources vivantes*. Unesco, 159 p.

Wilson E.O., *L'avenir de la vie*. Seuil, « Science ouverte », 285 p.



La biodiversité, que nous côtoyons en permanence dans la vie quotidienne, est un sujet pour le moins d'actualité. Le discours trop souvent entendu est sans nuances : la biodiversité est bonne *a priori*, et sa conservation est indispensable à l'avenir de l'humanité. L'homme, que certains assimilent à une espèce invasive et nuisible, est accusé d'être le principal responsable de la destruction de la nature. Il faut donc tout mettre en œuvre pour préserver cet héritage biologique.

Mais la réalité est bien plus complexe que ce discours quelque peu réducteur. Tous les hommes perçoivent-ils la nature de la même manière ? Toute la biodiversité est-elle nécessaire au fonctionnement de la biosphère ? Est-elle immuable ou le produit du changement ? L'homme n'est-il pas, lui aussi, créateur de biodiversité ? Souhaitons-nous réellement protéger toute la diversité des espèces ? Comment, et à quel prix ? Et d'ailleurs, sommes-nous capables de répondre à la question : quelles natures voulons-nous ?

À partir du constat de situations réellement inquiétantes, conséquences de la pauvreté des pays du Sud et de la course au profit des pays du Nord, **Christian Lévêque**, directeur de recherche émérite à l'IRD et spécialiste des écosystèmes aquatiques, tord le cou à certaines idées reçues. En s'appuyant sur de nombreux exemples, il explore des pistes pour un avenir dans lequel l'homme a toute sa place au sein de la nature.

En couverture : photos de Christian Lévêque.

éditions
Quæ

Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra
www.quae.com



Prix TTC : 32 €

ISBN IRD : 978-2-7099-1648-6
ISBN Quæ : 978-2-7592-0110-5



9 782759 201105

Réf. : 02084