

L'APPORT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Tome II : La biodiversité : L'autre choc ? L'autre chance ?

Résumé du rapport de MM. Pierre LAFFITTE et Claude SAUNIER, Sénateurs

I. La biodiversité des écosystèmes de la planète est en voie de forte altération

A. Un bilan catastrophique...

1. Le rythme de disparition des espèces s'accélère

Sur les deux cents dernières années, ce rythme a été de 10 à 100 fois plus important que les rythmes naturels d'extinction. Et l'évaluation effectuée en 2000 par la communauté scientifique internationale montre qu'en 2050 il pourrait être, suivant les espèces, de 100 à 1 000 fois supérieur au rythme naturel.

2. Certains biotopes sont plus particulièrement menacés

- la biodiversité dans les milieux humides et les eaux continentales a diminué de 37 % entre 1970 et 2000,
- la chaîne pélagique de certains milieux océaniques s'est dégradée, dans l'Atlantique Nord : 7 % des espèces marines ont disparu depuis 1950 ; l'enquête publiée en novembre 2006 dans « Science » prédit une quasi-disparition des espèces pélagiques de l'Atlantique-Nord en 2050,
- 60 % des coraux sont affectés par l'activité humaine et 20 % ont disparu en trente ans,
- les forêts tropicales sèches sont en voie d'extinction (Madagascar, forêt atlantique brésilienne, dont il ne reste plus que 7 à 10 %).

3. La biodiversité européenne, déjà très anthropisée, est également atteinte :

- les eaux continentales sont atteintes par la pollution et l'usage excessif de l'eau par l'agriculture, qui excède les possibilités d'adaptation des espèces aux cycles hydrologiques,
- l'Union européenne a établi que, hors les zones protégées par les directives « Natura 2000 », les pertes de biodiversité de la faune aviaire pouvaient atteindre 70 %,
- en trente ans, la Beauce a perdu plus de 30 % des composés organiques de son sol.

B. Les pressions traditionnelles s'accroissent...

Depuis 1990, l'empreinte écologique de l'humanité dépasse les capacités de reconstitution des écosystèmes de la planète.

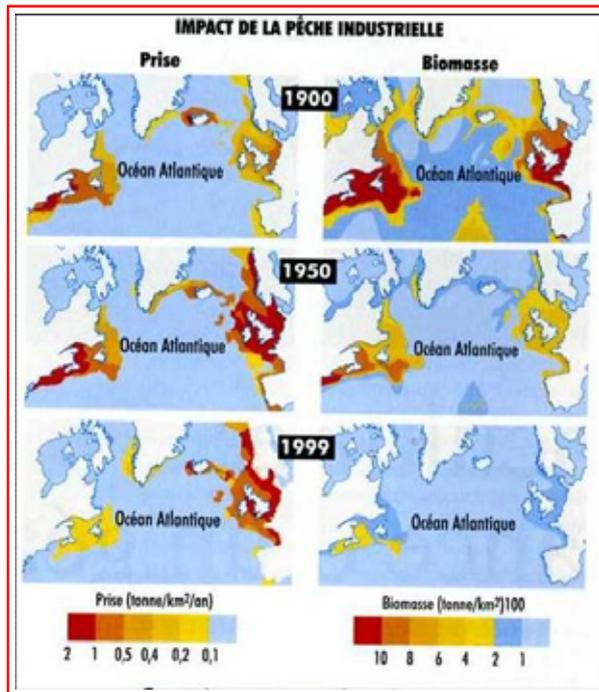
On est ainsi entré dans un développement non durable.

Sur les bases actuelles, la demande de l'humanité en 2050 sera deux fois plus forte que la capacité productive de la biosphère.

1. Les pressions de prédation

- la **surpêche industrielle** conduit à la surexploitation des espèces halieutiques. Elle détruit **aussi** l'équilibre des écosystèmes océaniques par :
 - l'**importance des prises connexes** non exploitées qui peuvent atteindre 80 % de la biomasse pêchée,

- **L'attaque sur les milieux pélagiques** océaniques plus profonds. En 20 ans, la profondeur moyenne des pêches est passée de 100 m à plus de 300 m. L'exploitation effrénée de ces espèces, qui mettent plus de soixante ans à devenir adultes, conduit à leur épuisement.



- Le développement des aquacultures marines en milieu ouvert accroît les dégâts :
 - le nourrissage s'effectue à l'aide de farines de poissons constituées d'alevins (de 1 à 3 kg de farines pour 1 kg de produits aquacoles),
 - le fermage – comme celui du thon en Méditerranée – est assis sur le prélèvement de juvéniles qui n'ont pas encore eu le temps de se reproduire,
 - les effluents détruisent les milieux naturels associés.
- **L'exploitation forestière non contrôlée** s'amplifie du fait de la croissance de la demande mondiale et de la montée des coupes illégales.

La déforestation des forêts tropicales humides (Afrique, Asie, Amérique du Sud) se poursuivra à un rythme de

13 millions d'hectares par an dont 6 millions d'hectares de forêts primaires, alors que ce milieu héberge 50 % de la flore mondiale.

2. Les pressions d'occupation d'espaces

- l'occupation des espaces :
 - ✓ en France, 165 hectares de milieux naturels sont détruits **chaque jour** à des fins de construction diverses ;
 - ✓ au Brésil, la **construction** d'une route en milieu forestier **détruit** la biodiversité de ce milieu jusqu'à 50 km de part et d'autre de cette route ;
- l'exploitation minière dans des biotopes riches en biodiversité. **Par exemple, en Guyane, la future zone du parc naturel régional** hébergera 2 500 habitants mais **près de 10 000 orpailleurs clandestins** (contre 1 000 orpailleurs déclarés).

3. La montée des espèces invasives

L'accroissement des échanges aériens et maritimes amplifie les introductions d'espèces invasives.

En France, le nombre d'espèces invasives a augmenté de 50 % en 4 ans (102 en 2002 ; 153 en 2006).

C. Et la menace du changement climatique se profile...

1. La vitesse acquise

Le réchauffement climatique (+ 0,7 ° C) enregistré depuis 30 ans en Europe a déjà des conséquences :

- sur la phénologie des espèces (avancement des périodes de reproduction, de floraison et de fructification),
- sur leurs aires de répartition (remontée de 1 000 km des poissons tropicaux vers le Nord).

2. Un avenir très inquiétant

Les dernières hypothèses du GIEC estiment que 35 % des espèces mondiales pourraient disparaître du fait du changement climatique.

II. L'urgence des initiatives

Dans la plupart des domaines où la biodiversité est menacée, **les solutions scientifiques et technologiques existent qui permettent de réduire les pressions et d'anticiper les menaces.**

A. Réduire les pressions

1. Les forêts tropicales

La protection de ces milieux, qui sont à la fois une réserve de biodiversité et un des puits à carbone de la biosphère, est une urgence.

Elle passe par l'amplification de la conservation, mais aussi par la généralisation de l'exploitation rationalisée et par sa réinsertion dans l'économie mondialisée.

- *La conservation*

La constitution de réserves forestières est efficace, mais elle doit être complétée par :

- l'agrégation de ces réserves pour éviter qu'elles redeviennent des isolats. A ce titre, il faut saluer la politique des autorités brésiliennes qui, d'ici 2011, auront créé 50 millions d'hectares de réserves forestières contiguës,
- et, par la mise en place de couloirs de transition, en particulier grâce au développement de l'agroforesterie qui concerne 500 millions d'hommes.

- *L'exploitation rationalisée*

Hors zones sanctuarisées, **lorsque la forêt tropicale n'est plus exploitée elle ne vaut rien** ; elle est donc détruite afin de préfinancer soit des installations d'élevage (Brésil), soit des plantations industrielles (Asie du Sud-Est ou Afrique).

Il est donc nécessaire d'exploiter la forêt mais de le faire de façon beaucoup plus rationnelle :

- on n'exploite que 20 % du bois coupé, alors qu'il est possible de porter ce pourcentage à 40-50 %,
- des recherches menées, en Guyane et en

forêt amazonienne, montrent qu'avec une exploitation fondée sur des coupes légères (5 à 6 fûts de plus de 50 cm de diamètre coupés à l'hectare), l'ensemble de la forêt se reconstitue en trente ans – ce qui correspond à une **exploitation durable permettant la reconstitution des milieux.**

- *Réinsérer une économie forestière rationalisée dans la mondialisation.*

- **Organiser la certification**

Une des raisons de la surexploitation forestière tropicale est le faible coût de la plupart des essences, qui s'explique **par une offre qui paraît illimitée à court terme, en dépit d'une forte croissance de la demande.**

Il faut donc rendre cette offre « équitable » en refusant, dans les pays industrialisés, les bois d'œuvre qui ne résulteraient pas d'une exploitation rationalisée.

- **Inclure la protection de la forêt tropicale dans le cycle de Kyoto.**

Il serait souhaitable que les programmes de lutte contre la déforestation puissent être, en partie, financés grâce à leur inclusion dans le marché des émissions de CO₂.

2. La pêche

La FAO estime que **la moitié des stocks halieutiques sont exploités au maximum et qu'un quart est surexploité ou épuisé.**

Pour sauver les stocks restants, il sera nécessaire de mettre en œuvre une gestion durable des ressources maritimes, ce qui implique :

- d'amplifier la constitution de réserves maritimes,
- d'accorder une attention particulière à la gestion des milieux côtiers - car en 2050, 80 % de la population mondiale vivra sur les côtes,
- de passer à une aquaculture en circuit fermé et dont les poissons ne consommeront plus ou peu de farines de poisson,

- de refondre la gouvernance de la pêche en la faisant reposer sur l'efficacité des contrôles et l'expérimentation d'attribution de quotas de pêches individuels et rétrocessibles.

3. Les destructions d'espaces naturels

En France, la contention progressive de ces destructions d'espaces dépend à la fois :

- d'une réforme de la loi de 1976 visant à compenser toute destruction d'espaces naturels par une restauration d'autres surfaces,
- et de la création d'un marché de la compensation des atteintes aux espaces naturels qui serait le pendant du marché des émissions de CO₂.

Un tel marché existe déjà aux Etats-Unis pour la compensation des destructions de zones humides.

B. Anticiper les menaces

1. Les effets du changement climatique

En raison de l'impact du réchauffement, plusieurs mesures pourraient être prises :

- *Mettre en place des structures d'observation à long terme*

Cela commande de développer :

- les initiatives déjà prises par l'ONF - avec son système de placettes d'observation,
- les initiatives prises par l'IFREMER sur l'observation des écosystèmes des fonds côtiers,
- le projet européen « Lifewatch » d'étude, sur la période 2014-2032, de l'évolution de 50 écosystèmes terrestres et de 50 écosystèmes marins.

- *Systématiser la modélisation prédictive sur les réactions des écosystèmes*
- *Prévoir l'implantation de corridors de migrations.*

2. La conservation et la diffusion des semences

L'ONF dispose d'une banque génétique des arbres.

La France est par ailleurs associée à un projet européen de conservation des graines des pays de l'Union.

La France devrait s'associer :

- à une initiative lancée par le **Jardin botanique de Kew Gardens**, qui a pour objet de stocker des graines d'espèces des **pays arides ou semi-arides** (y compris les essences méditerranéennes qui pourraient être affectées par un stress hydrique croissant) ;
- à la **conservation en milieu froid réalisée par la Norvège**,
- au **conservatoire mondial des semences culturelles géré par la FAO**.

Enfin, il convient de **mettre fin à l'anomalie** que constitue l'interdiction de vente des semences culturelles anciennes qui ne figurent pas au catalogue officiel. Un registre de ces semences devrait pouvoir être mis en place et géré par le Bureau des Ressources Génétiques (BRG). La vente par les associations de protection de la biodiversité ne devrait plus constituer un délit.

3. Le problème des transgénèses et de l'adaptabilité génétique

La généralisation des cultures d'organismes génétiquement modifiés n'est pas favorable au maintien de la biodiversité.

Par contre, le recours à des transgénèses permet de développer la résistance des espèces à la sécheresse.

Le recours à une sélection génétique traditionnelle plus poussée devrait être exploré. On sait que la plupart des essences d'arbres ont une variation génétique intra-spécifique très élevée.

Cette biodiversité génétique a permis à un **isolat de conifères dans l'Orne de résister au réchauffement dû à la fin de la dernière glaciation.**

Elle pourrait être utilisée pour lutter contre les effets du changement climatique.

C. Les concurrences futures d'occupation d'espaces

1. Remplir les réservoirs ?

L'extension actuelle des cultures dédiées aux biocarburants et dont l'impact écologique est négatif contribue fortement à la déforestation dans le sud-est asiatique.

Il serait souhaitable de proclamer en Europe un moratoire sur l'utilisation de ces biocarburants, en attendant la deuxième génération.

2. Nourrir 9 milliards d'hommes ?

Comment pourra-t-on nourrir 9 milliards d'hommes sur des espaces agricoles par définition limités, et dont une partie pourrait être menacée par les perturbations de l'hydrosphère qui s'annoncent ?

La mise en œuvre progressive d'une agriculture de précision optimisant les processus naturels est indispensable car les techniques de forçage du sol et de lutte contre les ravageurs ont atteint des zones de rendements décroissants.

Les moyens d'étude de la FAO devraient être renforcés par des liens plus étroits avec les structures telles que l'INRA, le CEMAGREF, le CIRAD pour promouvoir cette agriculture de précision.

III. Valoriser durablement la biodiversité

La valorisation durable de la biodiversité est une nécessité, **mais aussi une chance à saisir**. La biodiversité peut être un des supports du changement de notre mode de développement économique, rendu inéluctable par les crises climatiques et énergétiques qui s'annoncent.

Deux axes se profilent dans ce domaine : la rémunération des services rendus par les écosystèmes et l'exploration d'un réservoir de biens qui pourrait être une des boîtes à outils de la quatrième révolution industrielle.

A. Rémunérer les services écologiques

1. Des apports diversifiés

Les services écologiques offrent des économies externes dans beaucoup de domaines.

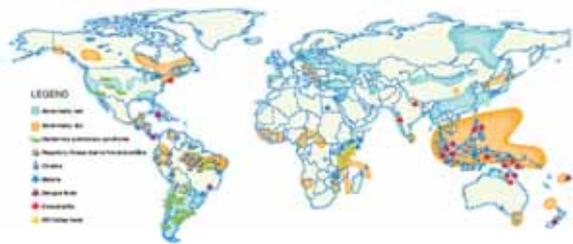
a) Les services sanitaires

La biodiversité est un facteur important d'inhibition de nombreuses maladies (leishmaniose, maladie de Chagas, maladie de Lyme, etc.).

Le changement de climat renforce l'importance de cette inhibition, assurée par la biodiversité des écosystèmes :

- les poussées d'El Niño créent dans l'hémisphère Sud une montée des épidémies ;

Evènements extrêmes et santé humaine



Extreme events, major El Niño, and epidemic outbreaks in 1997-1998
(Bryan Christie/Scientific American 2000)

- or, le nombre d'agents pathogènes pour l'homme est trois cents fois plus important dans les zones tropicales que dans les régions tempérées ; le réchauffement aidant, une partie d'entre eux pourrait migrer (comme le montre la propagation récente de la maladie de la langue bleue ou du chikungunya sur la bordure méditerranéenne).

b) Les services agronomiques

Outre la pollinisation, la biodiversité rend des services agronomiques forts.

- **L'accroissement de la biomasse produite**

Des recherches menées en Europe et aux Etats-Unis sur les plantes herbacées révèlent une **corrélation positive entre le nombre d'espèces plantées et la récolte de biomasse à l'hectare**. Des travaux identiques menés par l'INRA sur les céréales donnent des résultats similaires.

- **La résistance à la sécheresse**

Des expériences de même ordre faites aux Etats-Unis et au Burkina Fasso

montrent que l'accroissement de la biodiversité permet de mieux résister à la sécheresse.

- **La résistance aux ravageurs**

Des études de l'INRA ont mis en évidence que l'insertion de feuillus dans des plantations industrielles de conifères faisait baisser l'impact des ravageurs. Il en est de même des haies.

- c) Les services hydrologiques**

Les **zones humides** – dont la moitié ont disparu en France depuis cinquante ans –, **les forêts, les talus jouent un rôle capital dans la distribution hydrologique**. Et principalement sur deux points, la filtration et le cycle de rétention-élimination lente de l'eau.

Ainsi, les zones humides ont une capacité précieuse à éliminer l'azote des nitrates provenant des bassins versants.

Autre exemple, la zone humide de La Bassée située en amont de Paris joue un rôle important de régulation des eaux, économisant ainsi la construction de barrages réservoirs (pour un montant estimé à 200 millions d'euros).

2. Des services à réintégrer dans le calcul économique

- a) Les données du problème**

Le chiffrage des biens et services fournis par la biodiversité a été calibré **autour de 33 000 milliards de dollars en 1997, soit un chiffre analogue à celui du PIB mondial d'aujourd'hui** (de l'ordre de 35 000 milliards de dollars).

Les services écologiques nous fournissent donc gratuitement un second produit intérieur brut mondial.

- b) La recherche de solutions d'intégration**

Il faut rémunérer les services écologiques et sanctionner économiquement leur destruction à des fins privées.

Les moyens de cette intégration existent :

- **à l'échelle française**, la création d'un **marché de compensation des destructions d'espaces naturels** fondé sur l'opposabilité d'« unités de biodiversité » négociables. Ce marché pourrait être activé par l'instauration progressive du principe pollueur-payeur et complété par des actions spécifiques de rémunération des services hydrologiques rendus par les espaces naturels (zones humides, forêts, pays bocages) ;

- **à l'échelle européenne**, le renforcement des mesures agro-environnementales du second pilier (actuellement seulement 10 % du montant de la politique agricole commune) qui sera rendu possible par la hausse du prix des matières premières agricoles. **Ce renforcement doit reposer sur la recherche d'un nouveau contrat social avec l'agriculture.**

B. Une des boîtes à outils de la nouvelle révolution industrielle

1. La biomimétique et la bioinspiration

Beaucoup des processus industriels que nous utilisons sont dispendieux en énergie, coûteux en matières premières fossiles et insuffisamment sélectifs.

Par rapport aux artefacts humains, l'évolution a produit des solutions naturelles beaucoup plus sophistiquées.

- a) La biomimétique**

Cette démarche vise à :

- ✓ repérer un comportement remarquable,
- ✓ comprendre la relation comportement-structure
- ✓ imiter cette structure pour élaborer des matériaux durables de façon rapide et à moindre coût.

On trouve des exemples industriels achevés de l'application de cette démarche biomimétique :

- ⇒ les cristaux photoniques en latex, qui permettent de faire varier les effets optiques des matériaux,

- ⇒ les pare-brise anti-pluie qui reposent sur l'imitation de la structure de la feuille de nénuphar,
- ⇒ l'optimisation de la géométrie des roues inspirée de celle des ammonites,
- ⇒ l'élaboration des voilures d'avions à partir de l'observation des ailes d'oiseaux, etc.

b) La bioinspiration

La **bioinspiration**, qui est à un stade industriellement moins avancé, va essayer d'identifier les molécules qui possèdent certaines propriétés et d'en obtenir des objets différents de ceux créés par le vivant.

2. L'usine du vivant

a) Le monde bactérien

Le monde bactérien demeure un des domaines de la biodiversité les moins connus.

Rappelons que l'on estime le nombre d'espèces bactériennes entre 600 000 et 6 millions, alors que seulement 7 300 espèces ont été identifiées.

Elles présentent certaines spécificités intéressantes quant à leurs capacités d'adaptation :

- rapidité de reproduction,
- présence d'îlots de transfert (par incorporation du génome d'autres bactéries à la suite de pressions de sélection),
- existence dans des milieux extrêmes (haute et basse températures, forte teneur en CO₂, en sel ou en acide).

b) La valorisation de la biodiversité bactérienne

L'utilisation industrielle des bactéries comme substitut ou comme appui à la chimie ouvre des horizons nouveaux.

Car, par rapport à la chimie, les **biotechnologies** offrent plusieurs avantages :

- ⇒ elles sont **beaucoup plus économes en énergie** puisqu'elles ne nécessitent pas de thermisation et utilisent des matériaux renouvelables,

- ⇒ elles sont **beaucoup plus précises** :

- ✓ **régiosélectivité** (les enzymes peuvent n'intervenir que sur un seul alcool d'un sucre à transformer),
- ✓ **directivité** (les enzymes ne vont générer qu'un seul produit alors que les produits chimiques vont générer des déchets collatéraux plus ou moins importants selon le cas).

Dès lors, **on peut utiliser les bactéries soit pour une production directe (ex : pénicilline), soit en extrayant des enzymes pour pratiquer des bioconversions afin de leur faire accomplir une étape d'un processus chimique.**

Les exemples industriels de ces utilisations sont nombreux : fabrication de tergal, dépollution, fabrication de bêta-carotène, fabrication de méthane, de corticoïdes, etc.

La généralisation de ces utilisations sera, dans les décennies à venir, un des leviers de l'inflexion de notre développement vers des processus plus durables.

3. La bioprospection

L'identification de molécules actives issues du vivant constitue une piste féconde pour la pharmacologie, déjà utilisée (taxol des ifs, pervenche de Madagascar...).

DIX PROPOSITIONS POUR ALLER PLUS LOIN QUE LE GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

I. Intégrer la biodiversité dans la mondialisation, en :

- créant un organisme des Nations Unies spécifiquement dédié aux problèmes mondiaux de l'environnement,
- activant la protection de la forêt tropicale en l'insérant dans les mécanismes de Kyoto II,
- créant une taxe sur les échanges internationaux de produits (pêche, forêt) non certifiés,
- intégrant la dimension environnementale dans les règles de l'OMC,
- et, en multipliant les échanges dette/nature.

II. Activer les efforts de l'Union européenne, en :

- proclamant un moratoire sur les biocarburants de première génération,
- renforçant le pilier environnemental de la politique agricole commune,
- amplifiant l'effort de recherche sur le changement climatique,
- mettant en place une labellisation européenne des produits issus de la biodiversité,
- et, en engageant une réforme de la politique européenne des pêches.

III. Mettre en phase les paroles et les pratiques de la France, en :

- gérant avec une plus grande attention la biodiversité ultramarine de la France,
- mettant en oeuvre les accords internationaux signés par notre pays,
- et, en étayant notre dispositif de conservation et développement des semences.

IV. Eriger la biodiversité en priorité de recherche, en :

- activant la mise en oeuvre des technologies de contrôle de la protection de biodiversité,
- et, en valorisant l'enjeu scientifique de la biodiversité (développement des recherches en ingénierie écologique, consolidation des recherches en biomimétisme et bioinspiration, création d'un Institut Carnot sur les biotechnologies industrielles).

V. Adapter l'outil fiscal aux enjeux de l'environnement et nommer un parlementaire en mission pour proposer une adaptation de la fiscalité, en :

- réduisant la pression fiscale sur les milieux naturels,

- réexaminant les encouragements fiscaux à l'artificialisation des milieux naturels,
- et, en modulant les dotations de financement des collectivités locales dans un sens favorable de maintien de la biodiversité.

VI. Insérer les services rendus par les écosystèmes dans le calcul économique, en :

- rémunérant les services écologiques, en contrepartie de l'instauration progressive du principe pollueur-payeur,
- et, en créant un marché de la compensation des atteintes aux milieux naturels qui serait le pendant du marché des émissions de CO₂.

VII. Aménager durablement le territoire, en :

- instaurant juridiquement la trame verte prévue par le « Grenelle de l'environnement »,
- et, en imposant l'écoconditionnalité dans toute opération impactant l'aménagement du territoire.

VIII. Lancer un programme de densification urbaine.

IX. Anticiper les changements climatiques, en :

- nommant un Délégué au changement climatique auprès du ministre de l'environnement,
- activant les modélisations prédictives pour mesurer l'évolution des écosystèmes,
- prévoyant l'établissement des couloirs de migration,
- et, en mettant en place une capacité d'identification et d'éradication rapide des espèces invasives.

X. Définir un nouveau contrat social avec les agriculteurs, en :

- confiant à l'INRA et au CEMAGREF une mission pour activer l'introduction d'une agriculture de haute précision moins nocive pour les écosystèmes et plus productive,
- et, en donnant aux agriculteurs un nouveau rôle de la protection de la biodiversité, sur la base d'une refonte de l'application du deuxième pilier de la politique agricole commune.