

Écologie globale

Cycles biogéochimiques

La vie s'inscrit dans des cycles globaux, qui, à l'échelle de la planète, brassent en permanence les principaux éléments constitutifs qui organisent la vie.

L'édification de la matière vivante nécessite la présence d'une quarantaine d'éléments essentiels et d'une source d'énergie constante : le soleil.

Ces éléments simples sont d'abord assemblés dans des « ateliers de montage » primordiaux que sont les végétaux pour fabriquer des molécules organiques.

Cycles biogéochimiques

- On a parlé du recyclage constant des nutriments au sein des écosystèmes
- De nombreux cycles de nutriments opèrent en continu au sein des écosystèmes : cycle de l'azote (N), du carbone (C), du phosphore (P), du magnésium (Mg)....
- Ces différents cycles assurent la disponibilité constante des éléments minéraux essentiels à la vie. Dans de nombreux cas, les activités humaines viennent perturber ces cycles, ce qui peut profondément affecter la survie de différentes espèces

Cycles biogéochimiques

- Au sein de l'environnement physico-chimique, un nutriment peut circuler entre l'air, l'eau, le sol et la pierre avant d'être capturé à nouveau par un producteur dans ce que l'on appelle un **cycle biogéochimique**.
- Les nutriments circulent soit rapidement (qqs jours), soit très lentement entre les organismes et l'environnement physico-chimique.
- 2 types : les cycles *sédimentaires* et les cycles *gazeux*

Cycles biogéochimiques

- Cycle du carbone

C = élément de base des molécules du vivant, mais aussi du monde minéral.

On peut le considérer comme le pivot de la vie sur terre puisqu'il en est à la fois le point de départ et l'aboutissement (représenté par le CO_2)

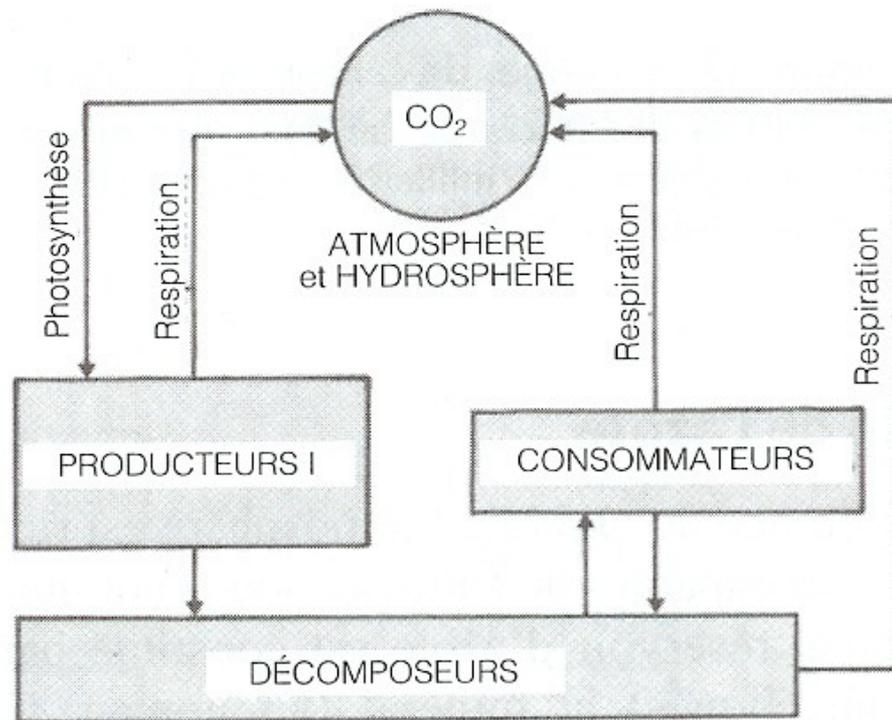
Le cycle du carbone peut être présenté sous des formes bien différentes (complet, simplifié...)

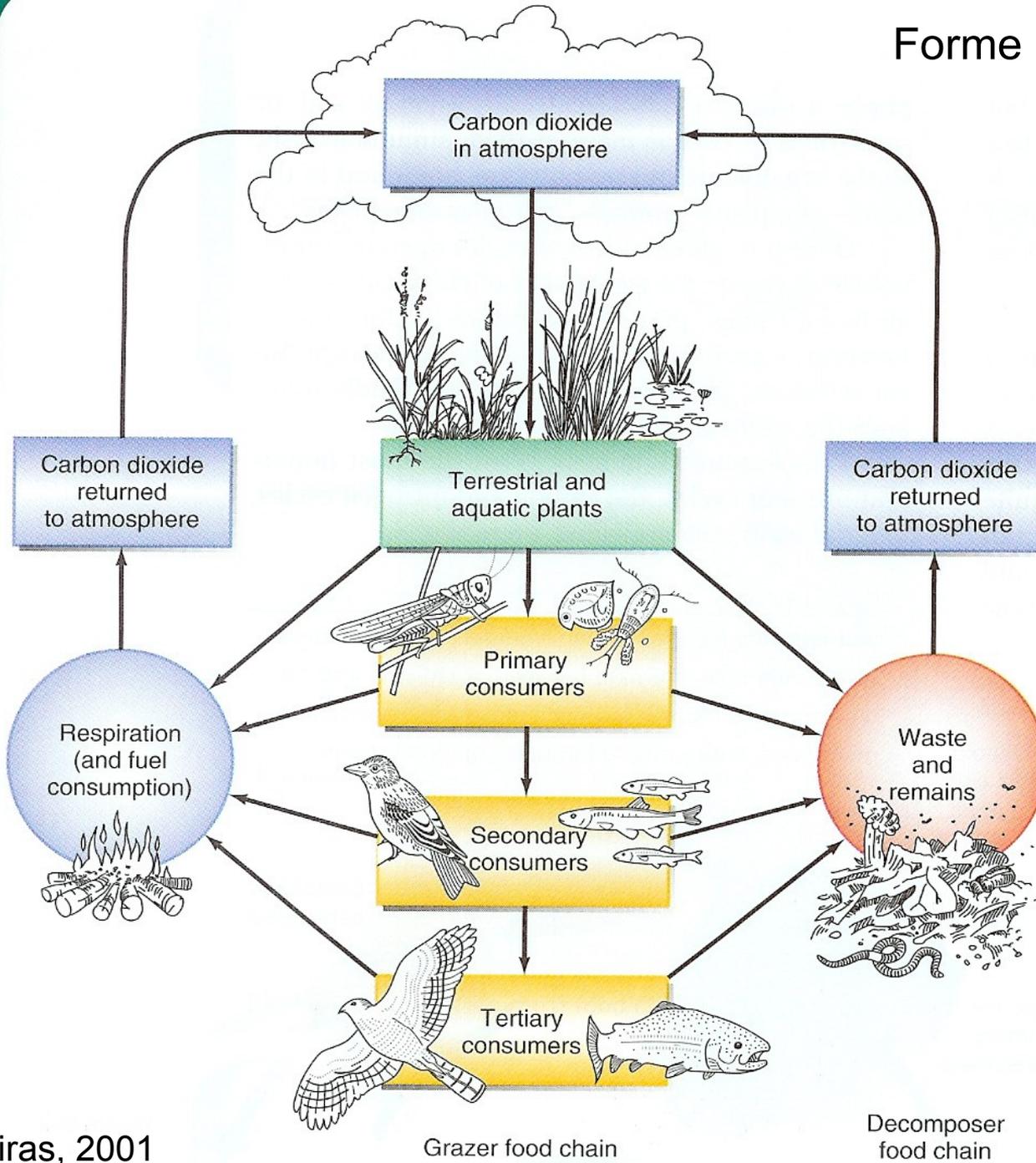
Cycles biogéochimiques

Forme la plus simple de représentation du cycle du C

Figure 16 Voies et mécanismes fondamentaux du cycle du carbone impliquant les êtres vivants.

Le cycle de l'oxygène peut être donné par le même type de schéma en substituant O_2 à la place de CO_2 et en inversant le sens des flèches « respiration » et « photosynthèse ».





Cycles biogéochimiques

Une description plus détaillée du cycle « naturel » commence par le CO₂ atmosphérique :

Dans la *phase minérale*, le dioxyde de carbone se retrouve dans deux réservoirs : l'atmosphère et les eaux de surface (océans, lacs, rivières).

L'illustration montre que le CO₂ est absorbé par les organismes photosynthétiques (plantes) dans les écosystèmes terrestres, pénétrant ainsi dans *la phase organique* du cycle.

Cycles biogéochimiques

Ces organismes convertissent le dioxyde de carbone en matière organique, qui chemine à travers les réseaux trophiques. Le CO₂ retrouve la phase minérale via la production d'énergie cellulaire (respiration cellulaire) des organismes dans les chaînes de décomposeurs.

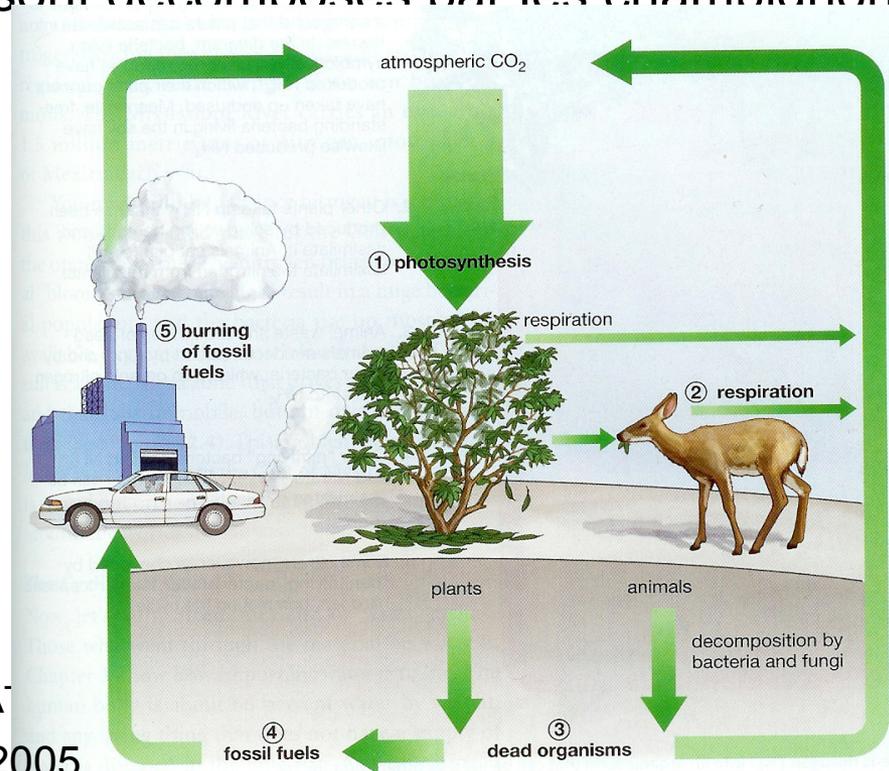
Durant des millions d'années, ce cycle a fonctionné comme décrit et nos ancêtres ont vécu ± en harmonie avec la nature.

Grâce à leur petit nombre et leur technologie généralement rudimentaire, ils avaient peu d'impact sur leur environnement.

Actuellement, ce cycle est modifié comme suit :

Cycles biogéochimiques

1. Les plantes et autres organismes photosynthétiques utilisent le CO_2 pour en faire des molécules organiques
2. Le métabolisme et la respiration des organismes reconvertissent le C de leurs tissus en CO_2
3. Les plantes et les animaux meurent et sont décomposés par les champignons et bactéries $\rightarrow \text{CO}_2$ qui retourne à l'atmosphère
4. Une partie du C compris dans les restes des organismes sont piégés dans des composés carbonés comme le charbon et le pétrole
5. La combustion de ces combustibles fossiles émet du carbone dans l'atmosphère sous forme de CO_2



Cycles biogéochimiques

Le principal réservoir du carbone impliqué dans le *fonctionnement de la biosphère* est constitué par le CO₂ dissous dans les mers et les océans.

Le principal réservoir *pour les êtres vivants* est l'atmosphère.

Ces réservoirs sont régulièrement alimentés par le CO₂ produit par la respiration, mais aussi la combustion des combustibles fossiles.

Il est donc important de souligner le rôle de l'homme dans la dynamique des cycles biogéochimiques → dans le fonctionnement et le devenir de la biosphère

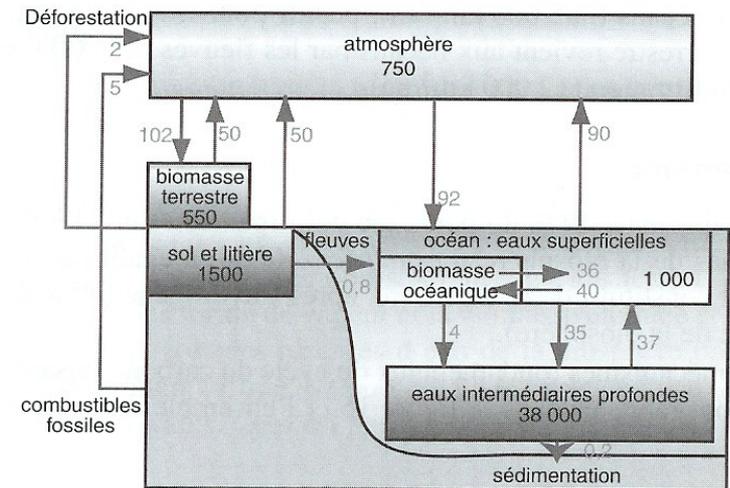


Figure 17 Échanges de carbone entre les principaux réservoirs de la planète. Les chiffres des stocks de carbone sont exprimés en milliards de tonnes (Gt.), les échanges (flèches) en milliards de tonnes par an (Gt./an). Source : d'après IPCC, Cambridge University Press, 1990.

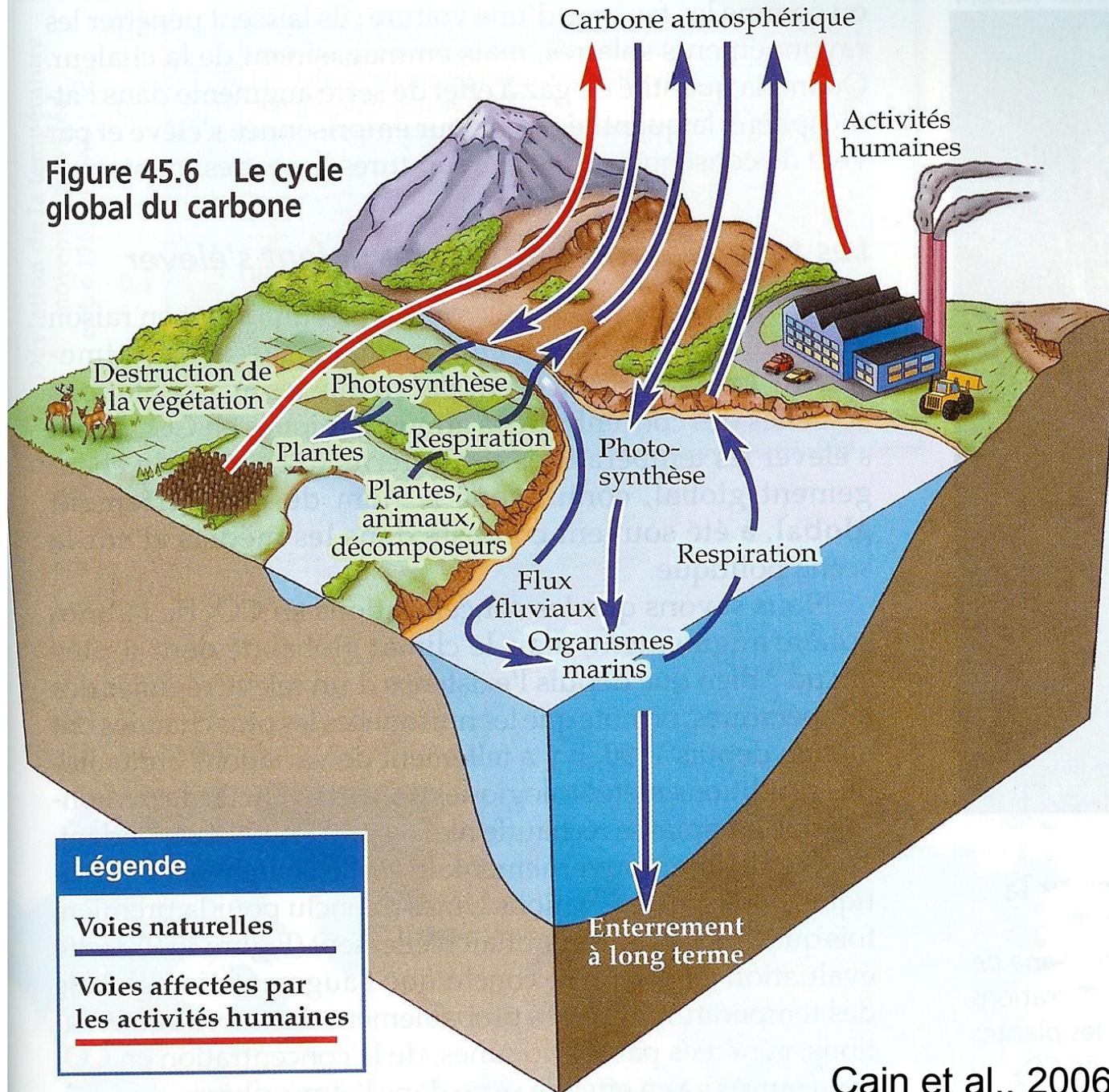
Barbault, 2000

Cycles biogéochimiques

Avec le déclenchement de la révolution industrielle, l'homme s'est mis à interférer de manière plus marquée sur les processus naturels, et à plus large échelle.

L'une des principales victimes de ces interférences est le cycle du carbone. La diffusion large de l'utilisation des combustibles fossiles (qui relâche du CO_2) et la déforestation rampante (qui réduit la capture du CO_2) ont surchargé le cycle du carbone.

Figure 45.6 Le cycle global du carbone



Cycles biogéochimiques

On peut considérer qu'avant la révolution industrielle (± 1750), la production globale de CO_2 égalait son absorption par les plantes et les algues. Actuellement, 7 milliards de t de CO_2 sont ajoutés chaque année à l'atmosphère.

Trois quarts de cette augmentation résultent de la combustion des combustibles fossiles, le quart restant provient de la déforestation, ce qui réduit les quantités de CO_2 absorbées par les plantes.

Cycles biogéochimiques

Il y a en permanence à la surface du globe, stockage et relargage de C, du fait des processus de photosynthèse et de respiration.

Les échanges avec l'atmosphère, l'océan et les végétaux sont d'environ 200 Gt/an, ce qui signifie que plus d'un quart du CO₂ atmosphérique est recyclé chaque année.

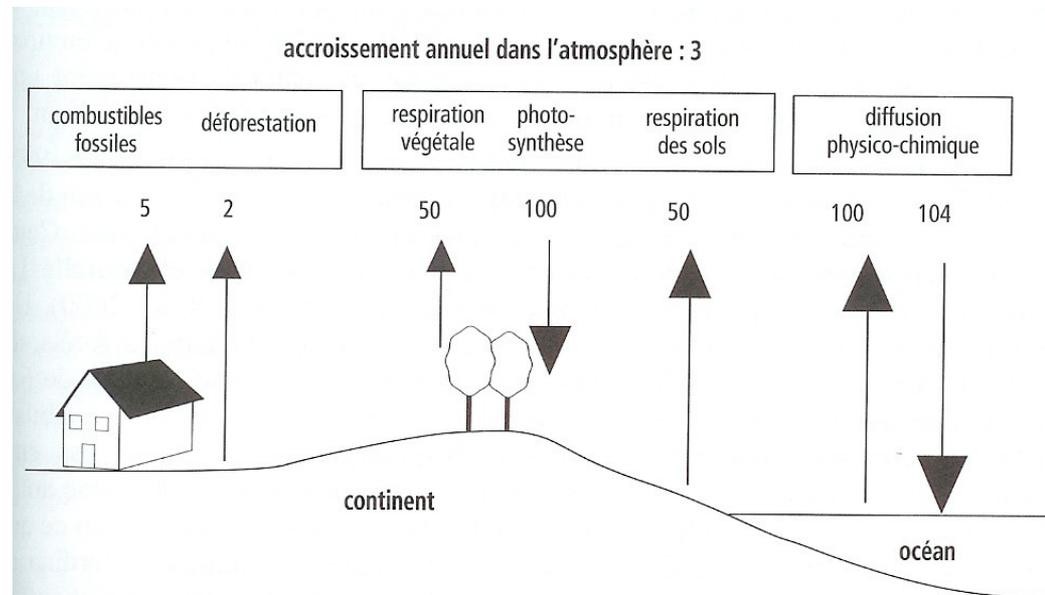


Figure 13.5 Bilan des échanges en carbone entre l'atmosphère et la biosphère (en gigatonnes par an).

Cycles biogéochimiques

- Cycle de l'azote

L'azote représente 78% de l'air que nous respirons et cependant, il n'est pas utilisable sous cette forme par les organismes vivants.

Il doit d'abord subir des conversions pour se trouver sous une forme disponible pour les êtres vivants.

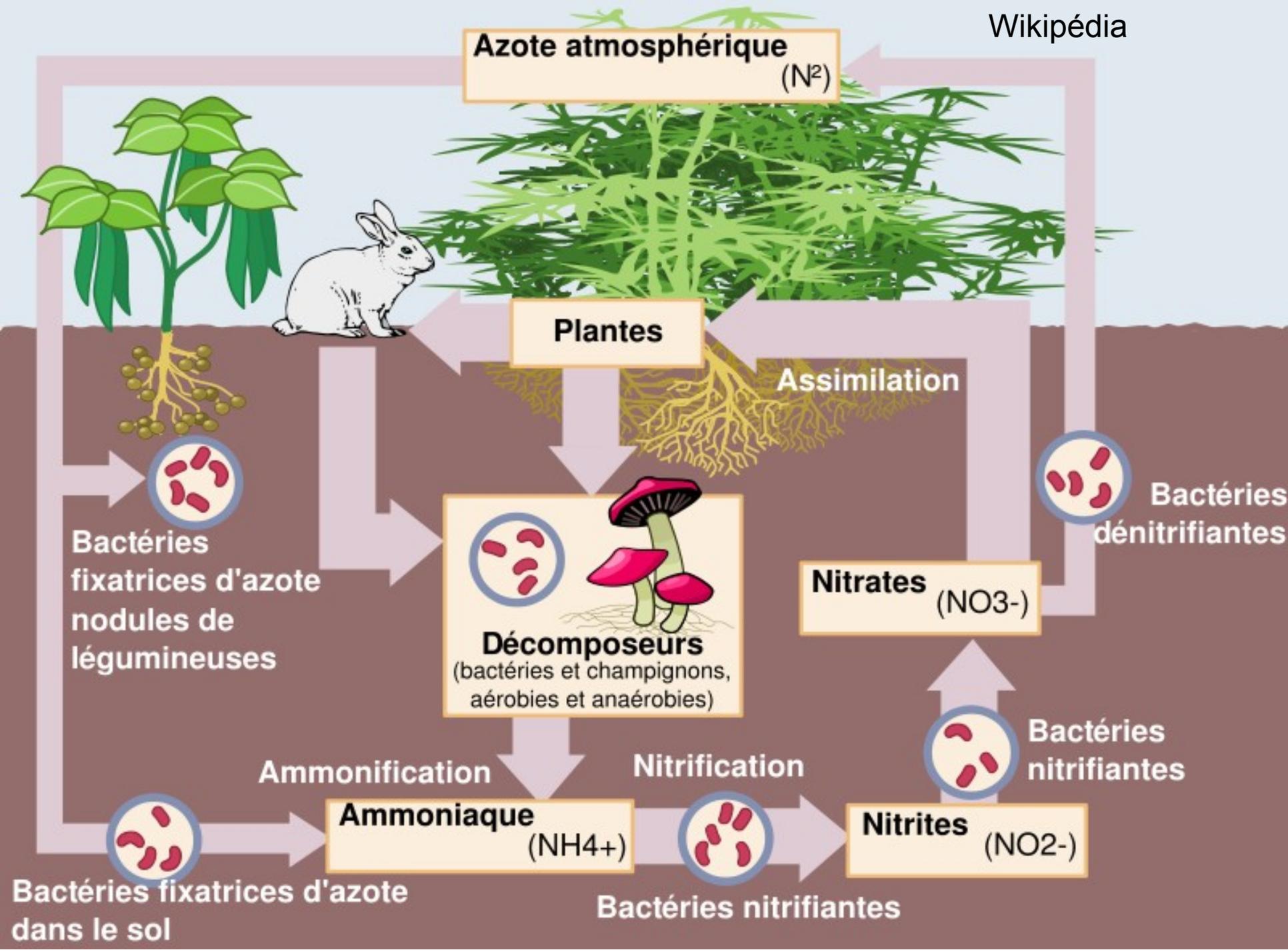
Les formes utilisables sont diverses.

Cycles biogéochimiques

- Le cycle de l'azote

L'azote est un élément essentiel à beaucoup de molécules organiques (notamment les acides aminés, l'ADN et l'ARN). L'atmosphère terrestre en contient d'abondantes quantités, mais sous forme de N_2 , qui n'est utilisable que par de très rares organismes \Rightarrow l'azote atmosphérique doit préalablement être converti en une forme assimilable par les organismes : nitrate ou ammoniacque.

Du point de vue biologique, le principal réservoir d'azote est constitué par l'azote organique (urée, protéines, acides nucléiques)



Azote atmosphérique (N_2)

Plantes

Assimilation

Bactéries fixatrices d'azote nodules de légumineuses

Décomposeurs (bactéries et champignons, aérobies et anaérobies)

Nitrates (NO_3^-)

Bactéries dénitrifiantes

Ammonification

Nitrification

Ammoniaque (NH_4^+)

Nitrites (NO_2^-)

Bactéries nitrifiantes

Bactéries fixatrices d'azote dans le sol

Bactéries nitrifiantes

Cycles biogéochimiques

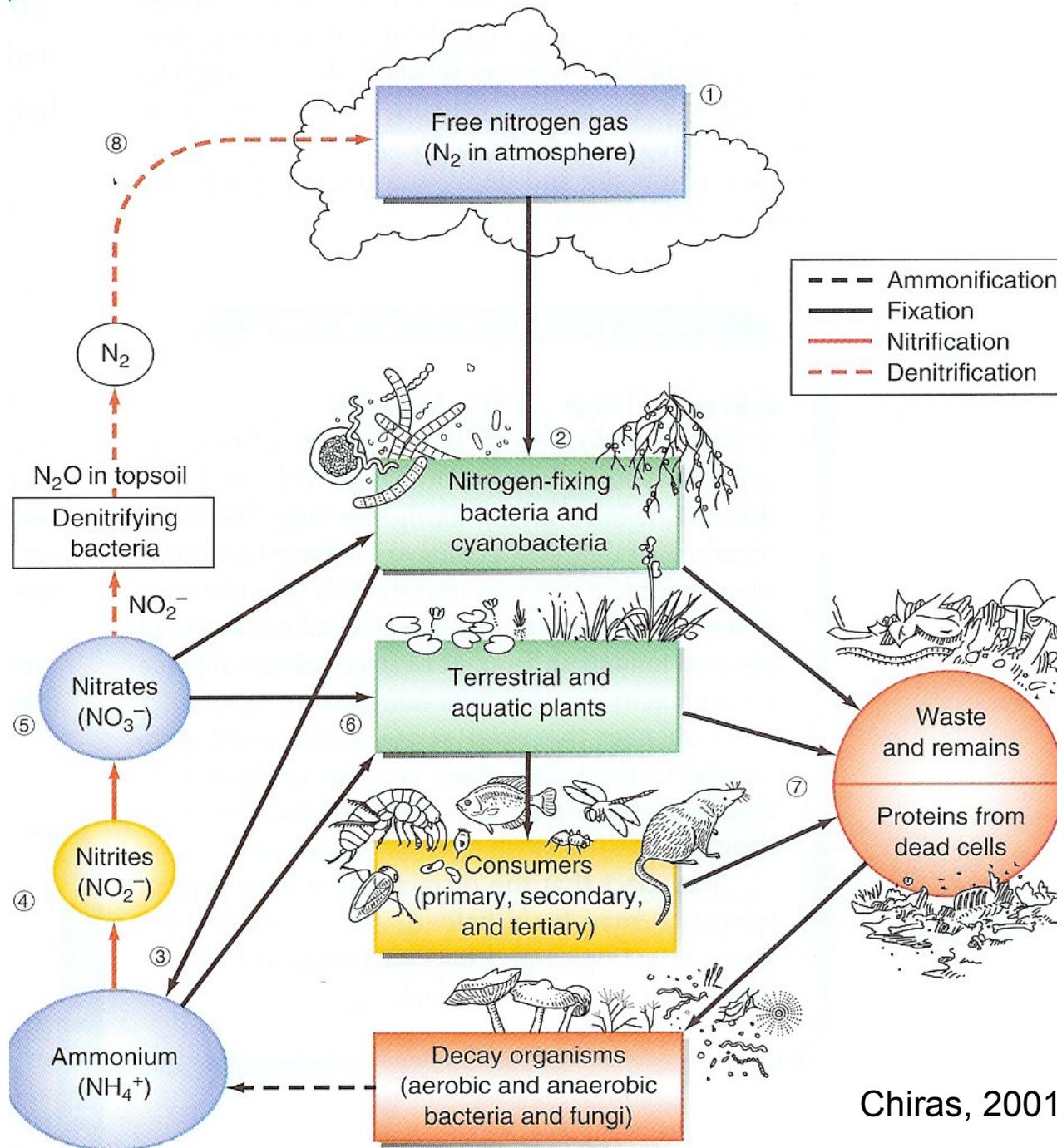
Le cycle de l'azote est l'un des cycles les plus complexes. Il met en jeu un grand nombre de composés :

Des formes minérales (ionisées) : azote moléculaire N_2 ; ammoniacque (NH_3); ions nitrite NO_2^- ; nitrate NO_3^- ; hémioxyde d'azote N_2O ; monoxyde d'azote NO

Des formes organiques (nombreuses petites molécules ...)

Principales étapes

Le principal réservoir est l'atmosphère qui contient à l'état gazeux une quantité de l'ordre de 10^6 fois supérieure à celle stockée dans la biomasse. Les autres réservoirs sont la MO et les océans. Le cycle de l'azote comporte de nombreuses étapes.



2007

Chiras, 2001

Cycles biogéochimiques

- Le cycle de l'azote

La conversion de l'azote en ammoniacque est appelée *fixation* de l'azote. Elle se produit dans les environnements terrestres et aquatiques (terrestres : nodules des légumineuses qui contiennent des bactéries qui convertissent l'azote atmosphérique en ammoniacque (aussi produit par des bactéries vivants dans les sols : cyanobactéries). Dès que l'ammoniacque est produit, il est converti par d'autres bactéries du sol en nitrite, puis en nitrate.

Cycles biogéochimiques

Les nitrates sont incorporés par les plantes et utilisés pour élaborer des acides aminés et des acides nucléiques.

Tous les consommateurs reçoivent l'azote dont ils ont besoin via les plantes.

Le nitrate dans les sols provient également de la décomposition de la MO (partie droite du schéma : la décomposition retourne l'ammoniaque au sol pour réutilisation) → l'ion ammonium est converti en nitrite, puis en nitrate et réutilisé. Une partie du nitrate peut cependant être convertie en nitrite et en oxyde nitreux (N_2O) par des bactéries dénitrifiantes.

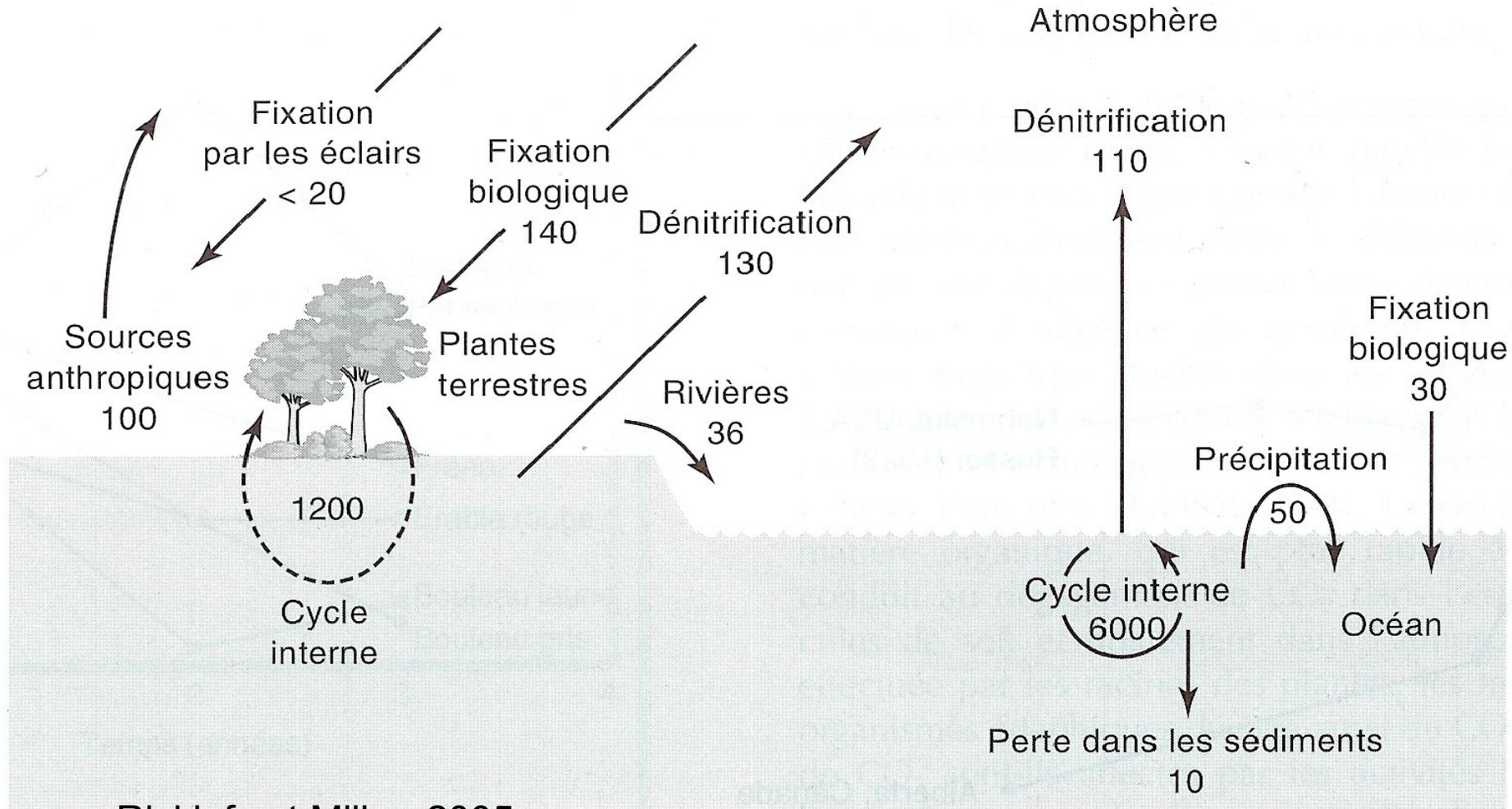
L'oxyde nitreux est converti en azote et relâché dans l'atmosphère.

Cycles biogéochimiques

La fixation de l'azote

Pour devenir biologiquement utilisable, l'azote doit être fixé sous la forme de molécules inorganiques telles que l'ammoniaque (NH_3), le plus souvent sous la forme ion ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3). Cette fixation peut résulter de *processus physico-chimiques* (énergie lumineuse ou décharges électriques des orages) → quantité de nitrates ainsi produit par an = 7,5 millions de tonnes. La *fixation biologique* est bien plus importante et est estimée à 44 millions de tonnes/an. Enfin, la *synthèse industrielle* d'engrais dépasse largement les 30 millions de tonnes/an!

Cycle global de l'azote



Ricklefs et Miller, 2005

Cycles biogéochimiques

La fixation biologique est le fait de bactéries, d'algues bleues et de certains champignons. La majeure partie fait intervenir des formes symbiotiques, telles que les bactéries du genre *Rhizobium* qui forment des nodules dans les racines de légumineuses. Il existe aussi de formes libres capables d'effectuer cette opération, soit en conditions d'aérobiose (*Azotobacter*), soit en conditions d'anaérobiose (*Clostridium*).

L'ammonification

Le métabolisme des êtres vivants implique l'élimination des déchets azotés. Les cadavres constituent aussi une source partielle de matière azotée organique.

Cycles biogéochimiques

De nombreux organismes hétérotrophes, bactéries, champignons, vivent de ces substrats organiques en libérant l'azote inorganique (NH_4^+). C'est un processus de minéralisation appelé ammonification. L'énergie est utilisée par les bactéries.

La nitrification

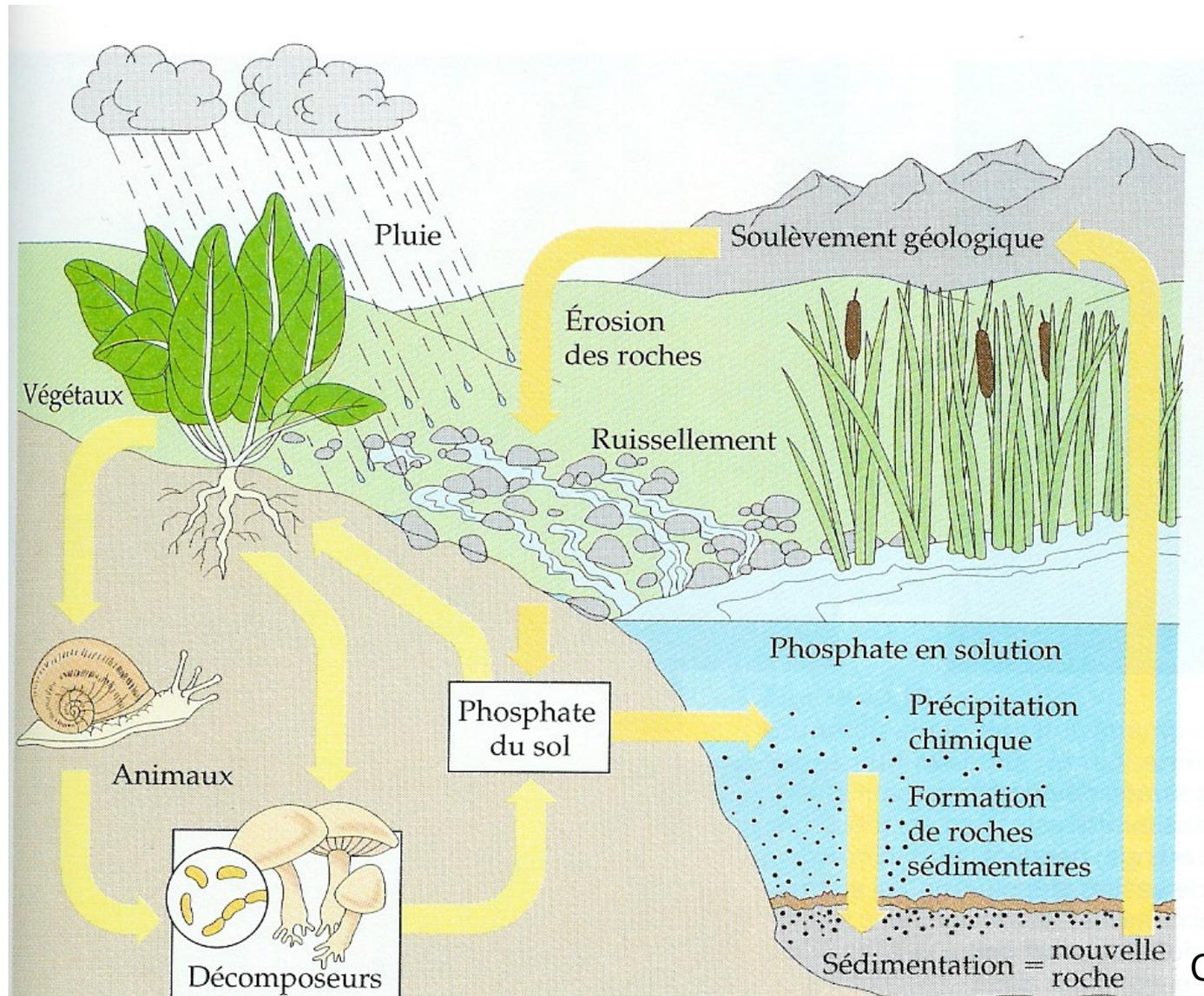
La plupart des organismes ne peuvent utiliser l'azote sous forme d'ammonium et celui-ci doit être transformé en nitrate. Cette nitrification se déroule en deux étapes, la nitrosation (conversion ammonium en nitrite) et la nitratisation (conversion du nitrite en nitrate). Chacune est contrôlée par des micro-organismes spécifiques, tels que les *Nitrosomonas* (nitrosation) et les *Nitrobacter* (nitratisation).

Cycles biogéochimiques

- Cycle du phosphore

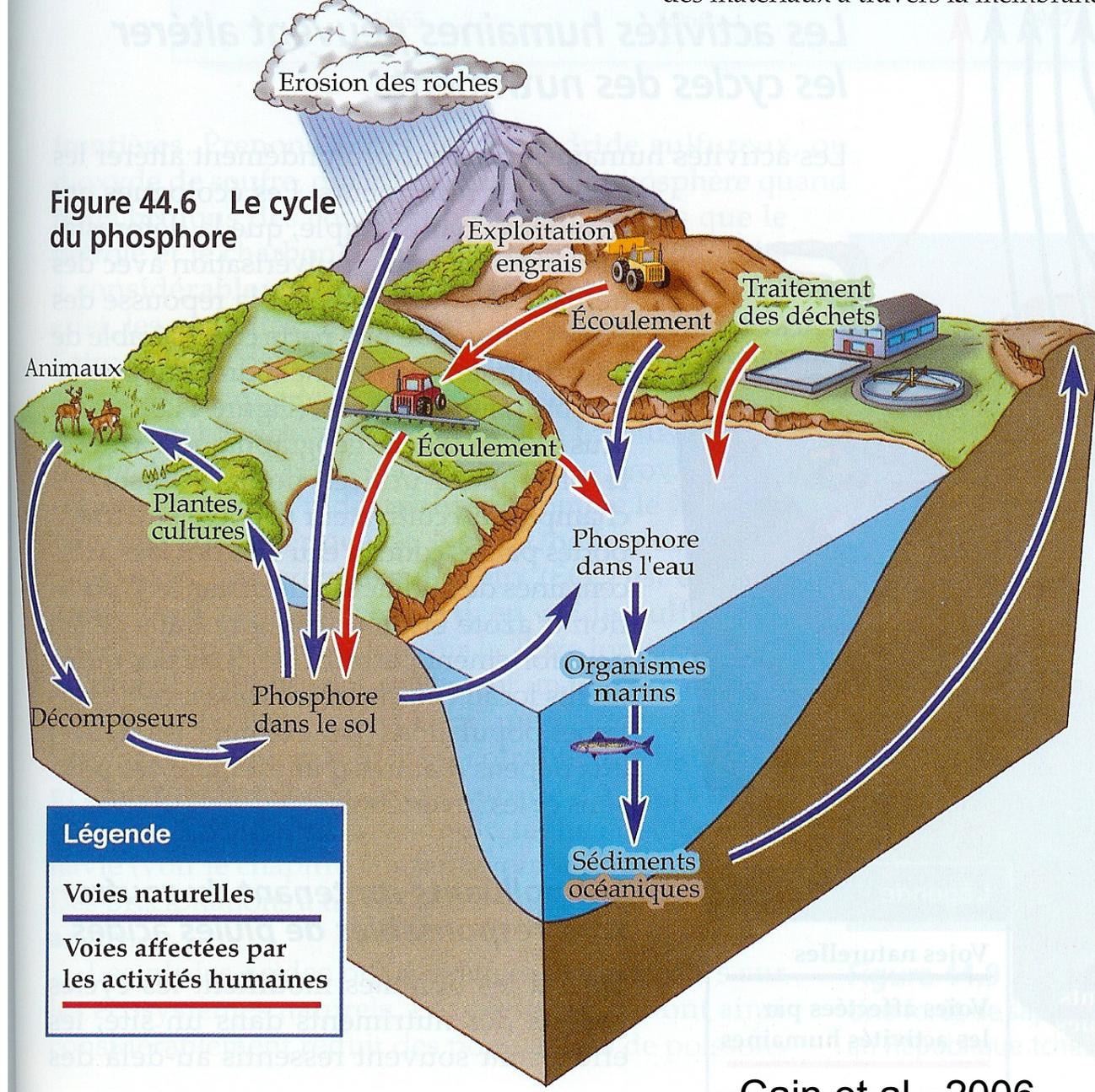
À certains égards, le cycle du phosphore est plus simple que ceux du C et de l’N \Rightarrow ce cycle *ne passe pas par l’atmosphère*, car il existe peu de gaz contenant du phosphore. En outre, le phosphore ne se présente que sous *une seule forme inorganique* importante, les phosphates, des composés que les végétaux absorbent et utilisent pour la synthèse organique.

Cycles biogéochimiques

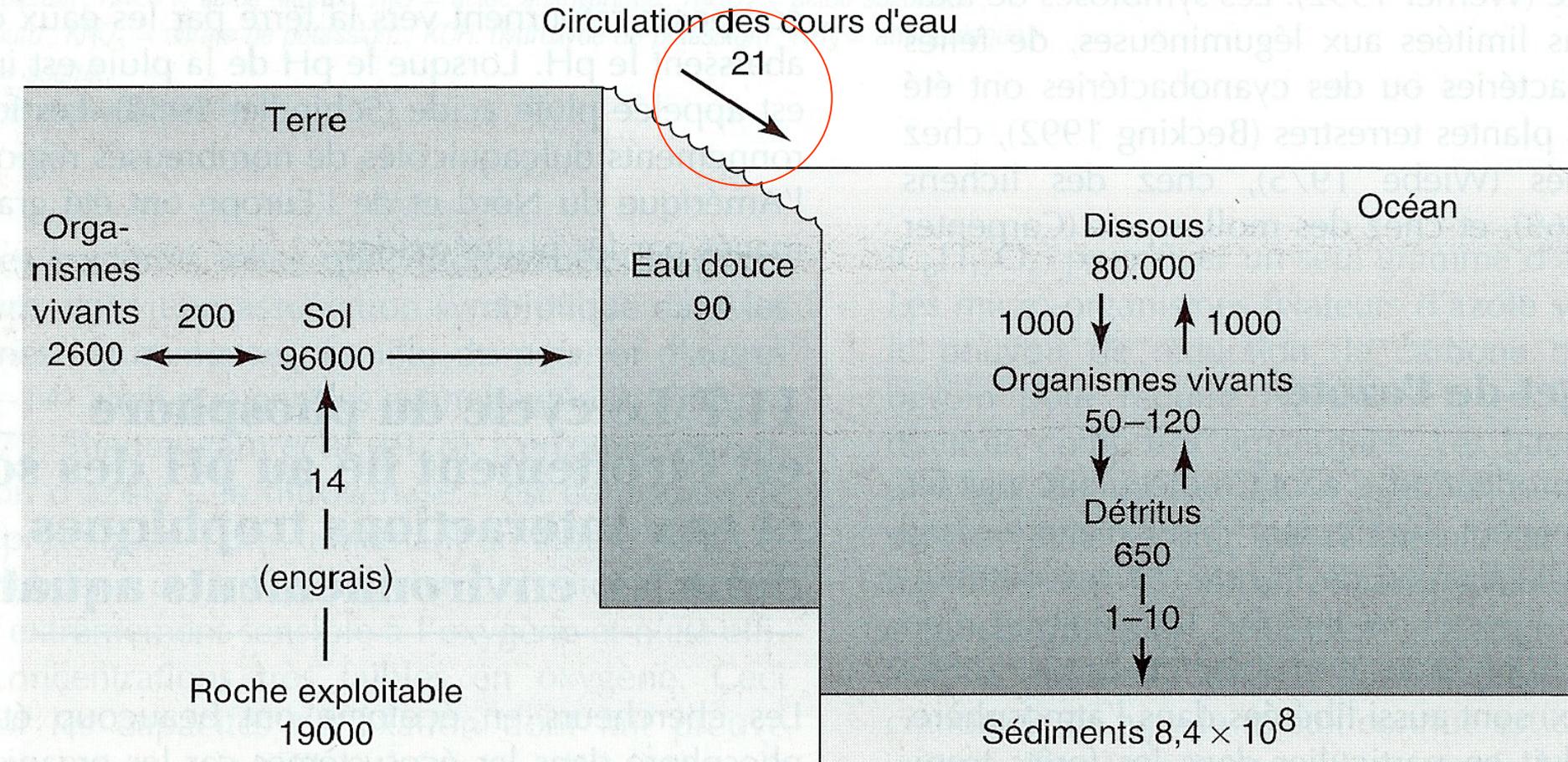


2007

Campbell, 1995



Cycle global du phosphore

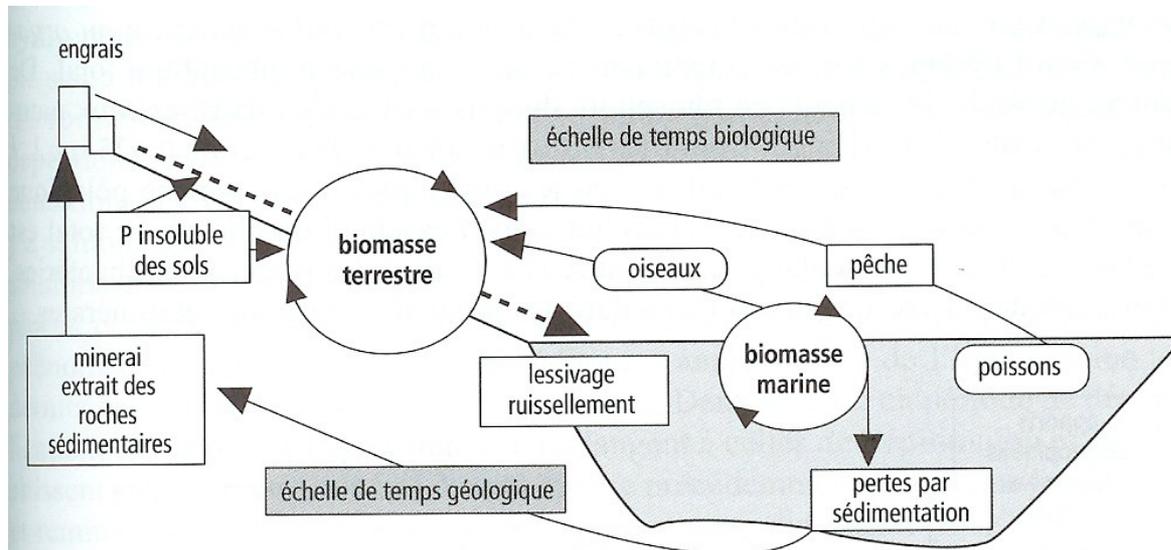


Ricklefs et Miller, 2005

Cycles biogéochimiques

Le cycle du phosphore a donc deux chronologies bien distinctes. La majeure partie du P circule localement entre le sol, les végétaux et les consommateurs, dans le *temps écologique*.

Parallèlement, une partie du P quitte et réintègre les milieux terrestres dans les *temps géologiques*. Il en va de même pour les autres nutriments qui n'ont pas de réservoir atmosphérique.



2007

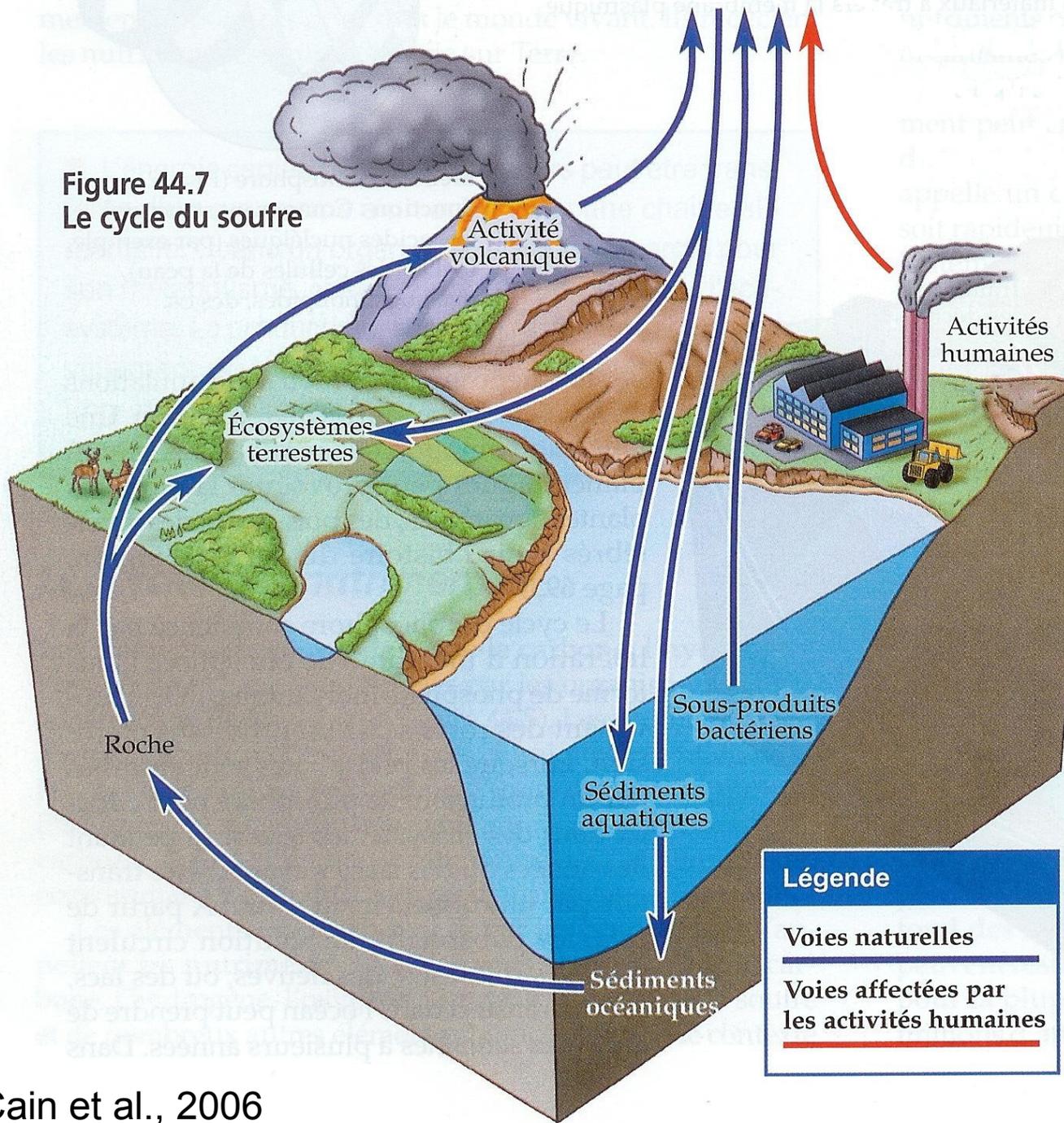
Figure 13.9 Cycle simplifié du phosphore tel qu'il est actuellement modifié par les activités humaines.

Lévêque, 2001

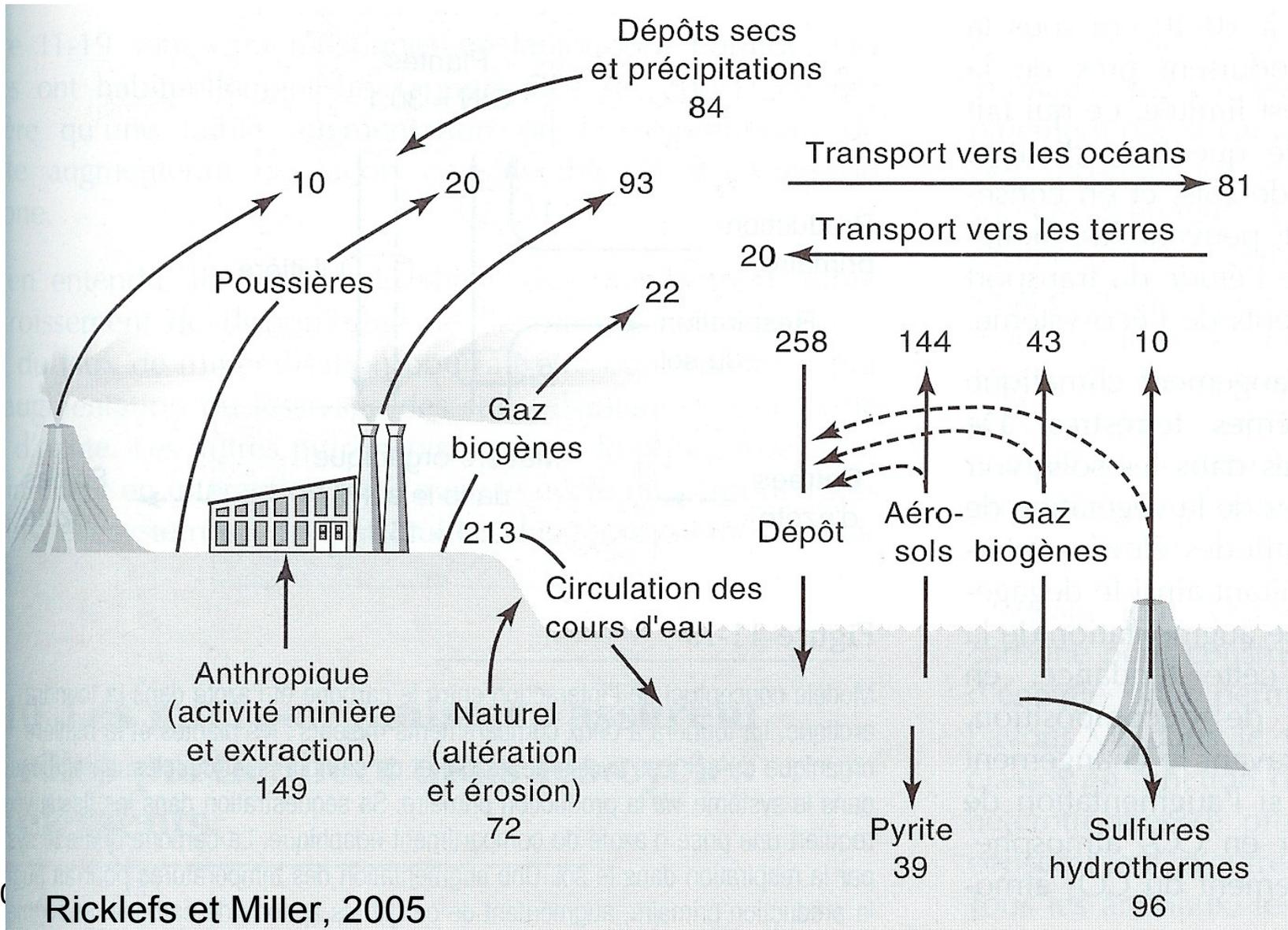
Cycles biogéochimiques

- **Cycle du soufre** = cycle gazeux
- Soufre → peut être transféré dans l'atmosphère à partir des écosystèmes terrestres et aquatiques selon deux procédés naturels principaux : par les aérosols marins et par une activité volcanique
- Pas naturel = activités humaines
- Soufre → transféré dans des écosystèmes terrestres par l'érosion des roches et sous forme de sulfates (dépôt en provenance de l'atmosphère). Le soufre pénètre dans les océans par les cours d'eau circulant sur la terre.

Figure 44.7
Le cycle du soufre



Cycle global du soufre



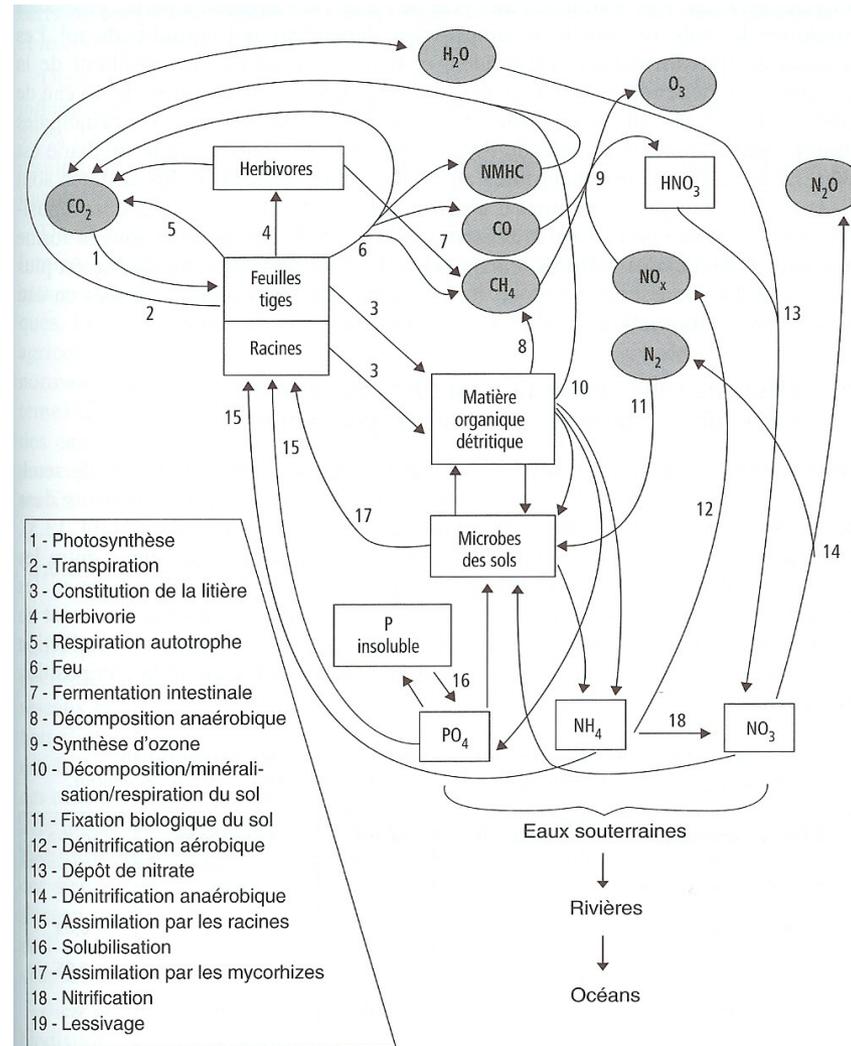
Cycles biogéochimiques

- Interactions entre cycles biogéochimiques

Dans le monde réel, les cycles des éléments chimiques sont étroitement couplés, ils **sont interdépendant les uns des autres** : ainsi les cycles du carbone et de l'oxygène sont étroitement liés à travers les fonctions de respiration et de photosynthèse... mais aussi, les éléments comme C, N, P et S, constituants fondamentaux des molécules biologiques, doivent être nécessairement présents en même temps pour que ces molécules puissent être élaborées.

La partie organique du cycle de ces éléments (biomasse vivante ou morte) est identique : leur libération de la matrice organique est contrôlée par le même processus de décomposition.

Cycles biogéochimiques



2007

Figure 13.13 Relations entre les cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'eau dans un écosystème terrestre.

Lévêque, 2001

Cycles biogéochimiques

- Altération des cycles par les humains

Activités humaines → fortes altérations de chacun des cycles.

Déforestation, engrais, produits phytosanitaires, combustion....

Cycles biogéochimiques

Les humains *altèrent* le cycle de l'azote *au moins de 4 manières* :

- ✓ En appliquant en excès des engrais azotés, la plupart aboutissant dans les eaux;
- ✓ En relâchant des eaux usées domestiques riches en azotes;
- ✓ En élevant du bétail dans des installations proches des cours d'eau;
- ✓ En brûlant des combustibles fossiles, qui relâchent des oxydes d'azote dans l'atmosphère

Cycles biogéochimiques

Les trois premières sources *augmentent* la concentration d'azote dans les sols et les eaux, modifiant la balance écologique. Les *oxydes d'azote relâchés dans l'atmosphère* (par les véhicules, centrales énergétiques...) , *sont convertis en acide nitrique* (HNO_3), qui tombe sur la terre sous forme de *précipitations acides* (pluies, neige).

Cet acide modifie non seulement le pH des sols et des écosystèmes aquatiques, mais il augmente aussi le taux d'azote dans les eaux de surface (c'est ainsi que l'on suppose qu'il est peut-être responsable de 25% de la pollution des eaux côtières aux USA).

Cycles biogéochimiques

Perturbations des cycles

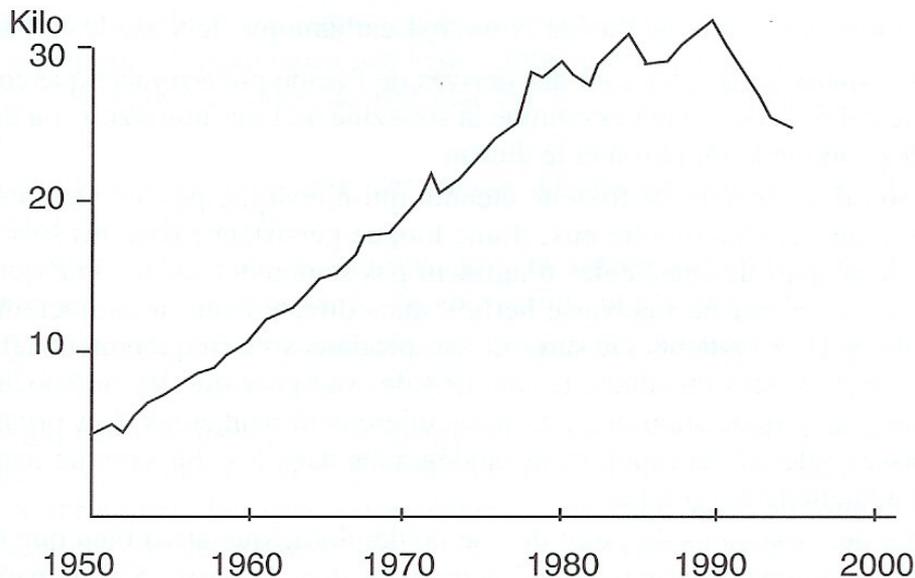


Figure 130 Évolution de l'emploi d'engrais dans le monde, en kilogramme par habitant, de 1950 à 1994.

Barbault, 2000

Les engrais chimiques, nécessaires à la production croissante d'aliments sont devenus une source importante de pollution des sols et des eaux.

Délivrés en excès e de manière répétée au long des années, ils polluent :

Par les impuretés qu'ils renferment

Par le déséquilibre de certains cycles et la dégradation des sols

Par la contamination des nappes phréatiques

Cycles biogéochimiques

Ces perturbations entraînent donc des modifications des cycles naturels, perturbant les organismes, y compris l'homme.

L'exemple de la **lutte contre les ravageurs** illustre également bien le problème :

Ravageurs = facteur important de limitations des ressources alimentaires de l'homme : pertes imputées aux ravageurs = ± 48% dans le monde et 40% aux USA

→ gros marché pour les produits phytosanitaires. Mais étude a montré que l'ensemble des coûts sociaux et environnementaux associés à l'utilisation de pesticides s'élève à 995 millions de dollars...

Cycles biogéochimiques

TABEAU 23 COÛTS SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS À L'UTILISATION DES PESTICIDES AUX ÉTATS-UNIS (D'APRÈS PIMENTEL *ET AL.*, 1991 ; *IN* DENT, 1995).

| Cause | Coût en millions de \$ |
|---|------------------------|
| — Empoisonnement d'êtres humains par les pesticides | 250 |
| — Empoisonnement d'animaux et contamination de produits issus du bétail | 15 120 |
| — Élimination d'ennemis naturels des ravageurs | 150 |
| — Résistance des ravageurs aux pesticides | 150 |
| — Empoisonnement d'abeilles et réduction de la pollinisation | 75 |
| — Pertes des récoltes | 15 |
| — Pertes de poissons et faune sauvage | 150 |
| — Lois gouvernementales contre la pollution par les pesticides | 955 |
| Total | |

Barbault, 2000

Biodiversité

L'écologie apparaît souvent divisée en deux disciplines :

- l'*écologie des populations* qui s'intéresse aux *communautés, aux réseaux trophiques et aux interactions entre espèces*
- l'*écologie des écosystèmes* qui privilégie les *flux d'énergie, les cycles biogéochimiques et des compartiments fonctionnels* où des multitudes d'espèces sont appréhendées de manière très simplifiée.

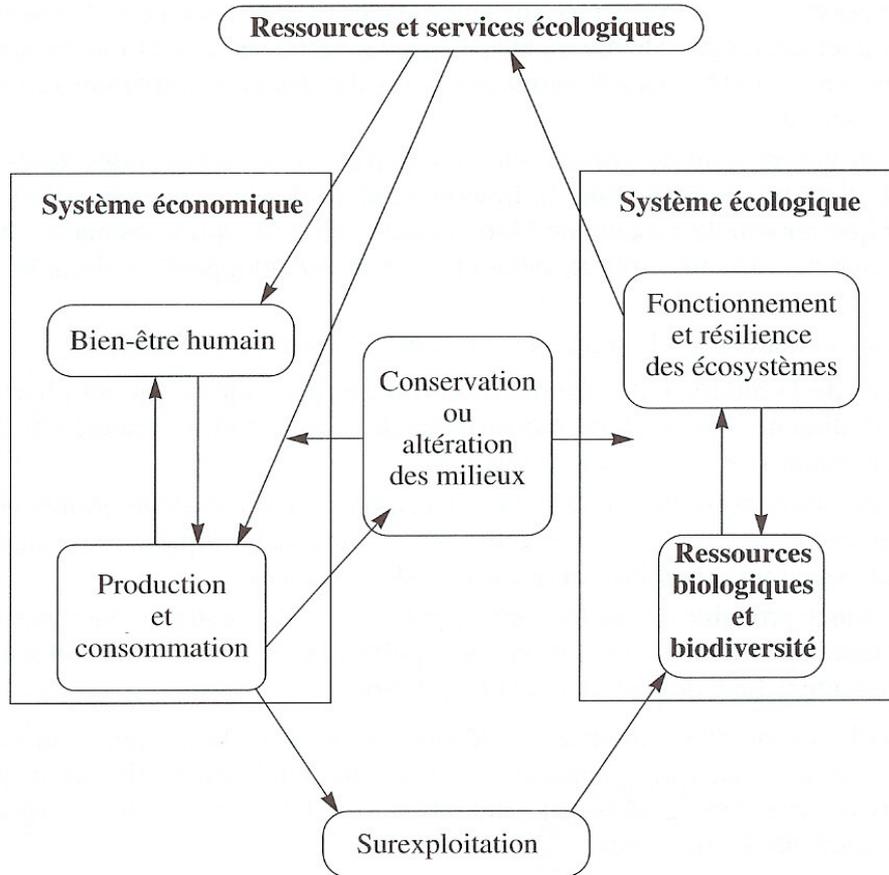
Actuellement, tous les écologues s'accordent sur la nécessité de *relier espèces et écosystèmes*.

Biodiversité

Les espèces \neq entre elles par l'ampleur et les modalités d'utilisation des ressources, par leurs effets sur l'environnement physique et par leur interactions avec d'autres espèces

↪ Des changements dans la composition spécifique des faunes et flores peuvent affecter les processus écosystémiques tels que la fixation d'azote ou le recyclage de MO,... ces changements écosystémiques induits par des modifications s'espèces peuvent aussi altérer des processus régionaux, élargissant ainsi leur impact bien au-delà de la zone où s'est produit le changement d'espèces.

Biodiversité



La diversité du vivant est un fait connu depuis longtemps*

Les nouveaux courants de prise en compte de cette diversité en font un concept qui s'adresse aux biologistes mais aussi à l'espèce humaine, dépendante de cette diversité et cause de son érosion.

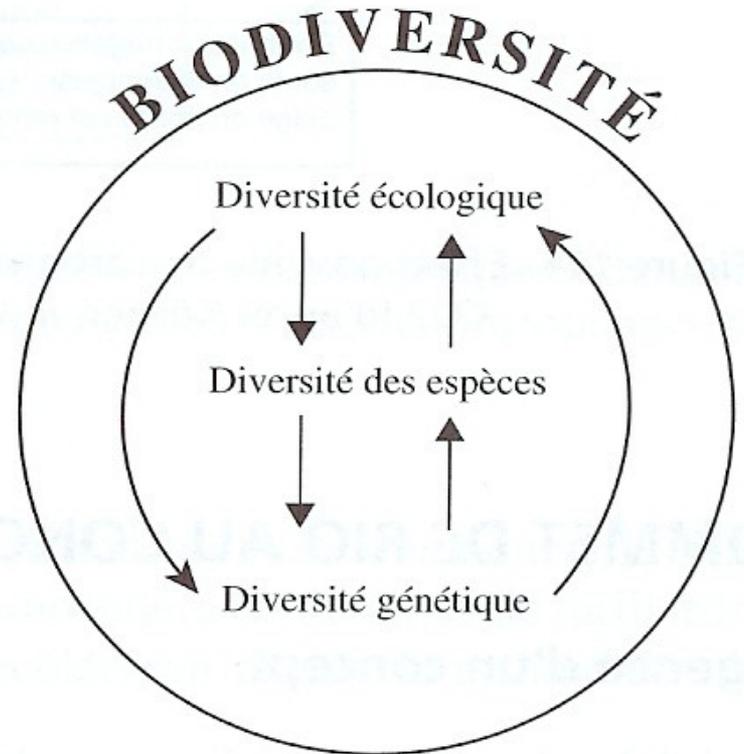
Figure 146 L'analyse de l'érosion de la biodiversité nécessite une approche intégrée prenant en compte simultanément leurs dimensions écologiques et économiques (Barbier *et al.*, 1994).

Biodiversité

La diversité biologique comprend trois composantes distinctes :

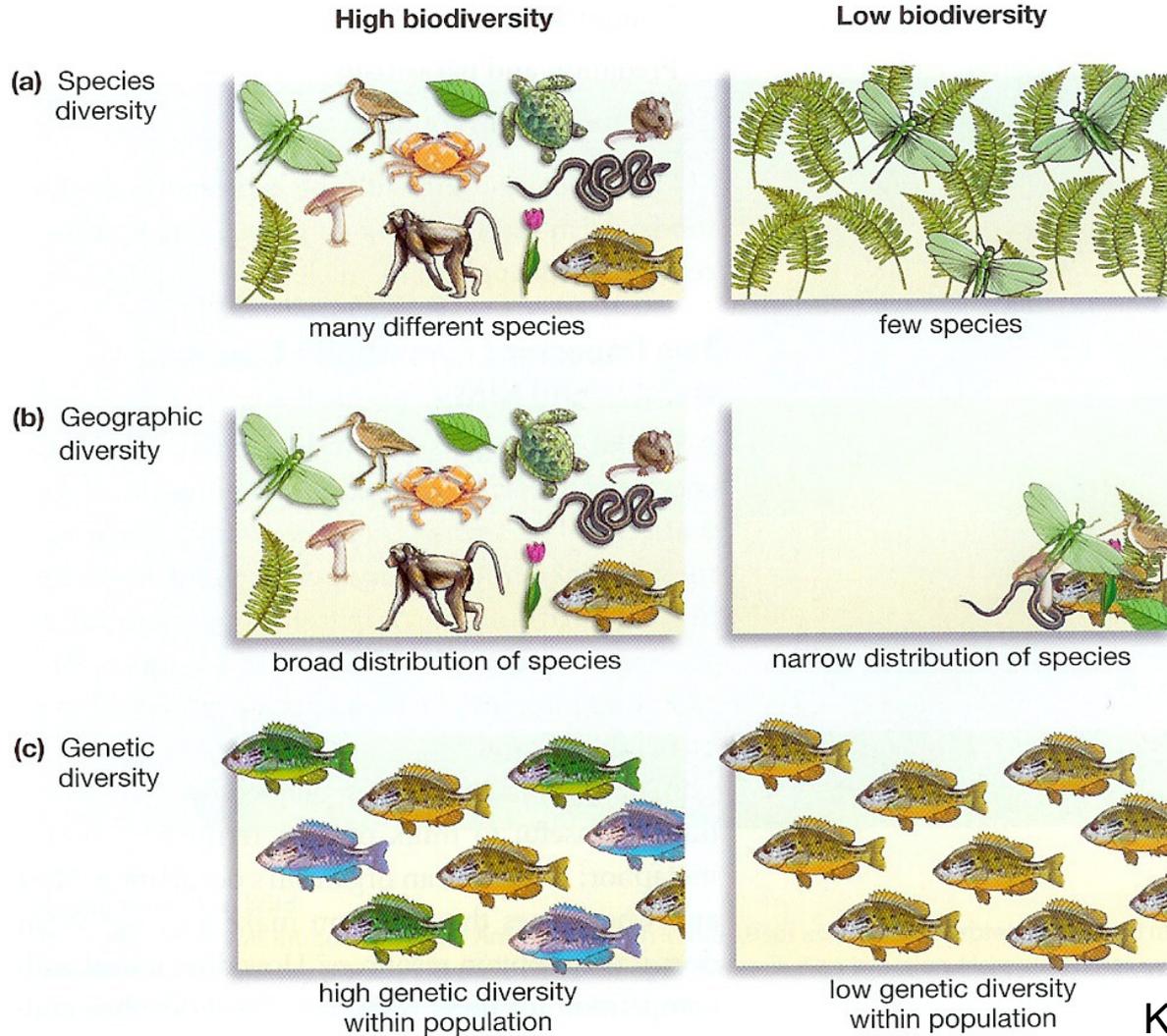
- La *variabilité génétique*;
- La *diversité spécifique*;
- La *diversité écologique*.

↳ Trois facettes classiquement étudiées séparément → *parler de biodiversité c'est attirer l'attention sur la nécessité d'appréhender simultanément ces trois dimensions de la diversité du vivant et d'en saisir les interactions.*



Barbault, 2000

Biodiversité



Biodiversité

Cette lecture de la diversité biologique impose un cadrage résolument écologique :

- L'accent est placé sur la *signification fonctionnelle de la diversité*;
- L'éclairage *se déplace* de l'espèce au système;
- La *perspective « environnementale »* des problèmes est mise en relief.

Mais cette lecture impose aussi une ouverture sur les *sciences de l'homme et de la société*.

↳ au-delà des constats sur la richesse spécifique des faunes et flores, *c'est à l'homme que renvoie le concept de biodiversité* : l'homme qui la menace, l'homme qui la convoite, l'homme qui en dépend pour un développement durable de ses sociétés, l'homme qui peut la sauver.

Biodiversité

Dans cette optique, et avec une démarche écologique, on souligne :

- La valeur de la biodiversité comme *réservoir de molécules* d'intérêt pharmaceutique, d'aliments, de produits industrialisables → *statut de ressource biologique*;
- Le fait que les écosystèmes assurent la *fourniture de services écologiques* : régulation du cycle de l'eau et des grands cycles biogéochimiques, recyclage de la MO, stabilisation des sols et des climats;
- L'importance probable de la biodiversité pour la *résilience des écosystèmes*, c'est-à-dire leur capacité de récupération après perturbation, de résistance aux espèces envahissantes, donc de persistance à long terme

Biodiversité

L'analyse *se déplace* donc du monde de la nature *au rôle des sociétés humaines dans la dynamique de la biodiversité...*

Le *concept de biodiversité* impose de nouvelles approches:

- La première consiste à développer une **approche intégrée** de phénomènes appréhendés auparavant comme distincts;
- La deuxième résulte du **passage à des approches socio-économiques** et implique un élargissement du concept classique d'écosystème pour le relier à celui de système économique;
- La troisième réside dans l'**extrapolation du scientifique au philosophique et au politique**.

Biodiversité

↪ On voit l'étendue du champ à traiter : diversité du vivant, origine, mécanismes, conservation → les défis que pose aux sociétés humaines la *nécessité de concilier* les besoins de *développement* des sociétés humaines avec la *sauvegarde du patrimoine biologique*, base de ce développement.

↪ Pour aborder rapidement les problèmes, l'écologie se pose alors trois questions :

- *Pourquoi se préoccuper de la biodiversité?*
- *Comment poser les problèmes pour espérer les résoudre?*
- *Quelles leçons faut-il en tirer, quelles sont les perspectives?*

Biodiversité

Pourquoi se préoccuper de la biodiversité?

Parce qu'elle est *menacée*, et surtout que les disparitions se font à un taux jamais atteint.

Parce que les mesures de conservation peuvent être *coûteuses*, parce que les espaces de terre qu'il faudrait mettre en protection peuvent avoir d'*autres usages*, susciter d'*autres intérêts*, il devient nécessaire de *justifier les politiques de conservation* ou de gestion des espèces et des espaces.

On avance habituellement *trois types de justification* :

- *d'ordre éthique ou culturel;*
- *biologiques ou écologiques;*
- *économiques.*

Biodiversité

L'*approche écologique* consiste à insister sur la *signification biologique de la diversité du vivant*. Parmi les arguments avancés, on peut en résumer trois :

- La *variabilité génétique* des populations naturelles est la *condition première de leur survie* à long terme, puisque d'elle dépend leur capacité d'adaptation à des conditions changeantes;
- La *variabilité génétique* est, pour toute espèce, une *assurance pour parer à l'imprévu* → on peut dire que la diversité des espèces, donc celle des écosystèmes, devraient être considérées dans les mêmes termes par l'homme, pour ses propres besoins connus ou à venir.

Biodiversité

- ↪ changements climatiques ou planétaires → pour s'adapter ou mieux gérer, il faudra disposer de toute les compétences écologiques
- ↪ La diversité des écosystèmes et des paysages assure et régule les grands cycles biogéochimiques essentiels au fonctionnement de la planète et à ses équilibres climatiques.

Point de vue économique

- Diversité = patrimoine précieux → à utiliser plus judicieusement
- Ressource pour divers produits

Mais! *L'évaluation en termes économiques de ces ressources est chose fort difficile et discutée.*

Biodiversité

Barbault, 2000

TABLEAU 28 TYPOLOGIE DES VALEURS DE LA BIODIVERSITÉ PROPOSÉE PAR LES ÉCONOMISTES.

| Catégories de valeur | Définitions |
|--|---|
| <i>Valeurs d'usage</i> — Valeur de consommation directe — Valeur productive — Valeur récréative | consommation des ressources sans transformation : chasse, cueillette utilisation des ressources génétiques dans des cycles productifs (obtention variétale, exploitation forestière, pêche, médicaments à base de plantes) exploitation sans consommation (promenade, safari-photo) |
| <i>Valeur écologique</i> | liée à l'interdépendance entre organismes et au bon fonctionnement des systèmes naturels |
| <i>Valeur d'option</i> | liée à l'exploitation future des ressources génétiques |
| <i>Valeur d'existence</i> | liée à la satisfaction et au bien-être que procure l'existence de la biodiversité |

Biodiversité

Ainsi, on reconnaît aujourd'hui 4 catégories de valeurs : valeur d'*usage*; valeur d'*option*; valeur d'*existence* et valeur *écologique*.

↳ « faut-il vraiment évaluer le coût de l'accroissement des tensions psychologiques, de la fréquence des maladies psychosomatiques, ... qui résultent d'une bétonisation productiviste de l'espace urbain et d'une uniformisation monotone des campagnes pour justifier la conservation et la gestion de la diversité?
Est-il nécessaire d'évaluer les coûts économiques et humains des guerres pour tout mettre en œuvre afin de les empêcher? »

Biodiversité

Comment poser les problèmes?

Les problèmes qui se posent sont clairement de deux types
≠ : les uns relevant du *référentiel écologique et biologique*,
les autres exigeant un *référentiel social et économique*.

- 1 – dynamique de la biodiversité : origine, mécanismes de maintien, fonctions, érosion
- 2 – conservation, utilisation → gestion

Les problèmes relatifs à l'origine, au maintien, à l'érosion ou à la restauration de la biodiversité, doivent être posés dans une toile de fond systémique et écologique qui souligne les liens entre sociétés humaines, changements planétaires et systèmes écologiques

Biodiversité

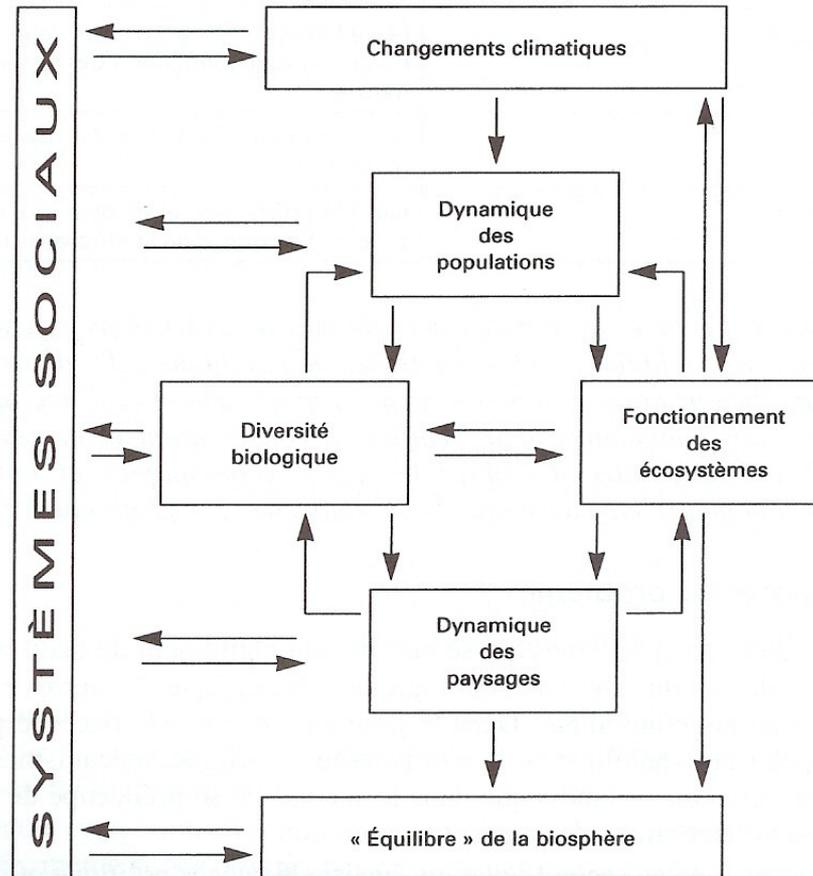


Figure 147 La gestion de la biosphère ou de la diversité biologique implique la prise en compte des actions et priorités des sociétés humaines. Mais cela suppose aussi, sur le plan scientifique, une analyse du fonctionnement des systèmes écologiques en cause : la dynamique des populations et des peuplements est au cœur de cette analyse (d'après Barbault, 1992).

Biodiversité

Leçons et perspectives

La diversité biologique, comme la variabilité qui l'a rendue possible = une caractéristique essentielle du vivant.

C'est aussi l'expression d'enjeux : survie des espèces (homme compris); enjeux de société (conflit d'intérêts, compétition pour les ressources) \Rightarrow nécessité d'un débat sur les objectifs.

Parler de gestion = poser une double question : pour qui?
Pour quoi?

L'essentiel des ressources sont au Sud, elles sont convoitées surtout par le Nord;

Les niveaux de développement (et de démographie) sont inégaux au Sud et au Nord;

Biodiversité

↳ La problématique « biodiversité » ne peut être réduite à une analyse de gestion biologique des ressources naturelles → liée à la problématique du « développement durable » : impose la prise en compte des dimensions sociale, économique et politique

↳ défi de civilisation

Changements globaux

Du fait de son succès écologique, l'*espèce humaine a étendu son environnement à la biosphère toute entière*. Il lui a fallu plusieurs millions d'années pour cela, et trois révolutions majeures au cours des trois derniers millénaires : émergence des grands courants de pensée, des religions, des civilisations; découverte de l'agriculture; création de la machine à vapeur (+ révolution industrielle).

Amplification accélérée de la demande humaine en ressources naturelles → pression accrue sur les systèmes naturels (c'est-à-dire l'infrastructure écologique de la planète).

Changements globaux

- ↗ du CO₂ atmosphérique, altération des milieux, modification du cycle de l'azote pour permettre à l'agriculture de répondre à des demandes toujours ↗, érosion de la biodiversité...
- ↗ Tous ces problèmes sont maintenant repris classiquement sous l'expression « changements globaux »
 - ↳ Problèmes socio-économiques et politiques du partage de l'eau et autres ressources

Changements globaux

Changements globaux

Les changements observés dans les écosystèmes terrestres ou marins sont à la fois la *cause et la conséquence de modifications* qui concernent les caractéristiques de l'environnement global → expression qui recouvre un ensemble de phénomènes qu'on peut classer en 4 grands ensembles :

Changements dans l'*utilisation des terres et la couverture végétale*;

Changements dans la *composition de l'atmosphère*;

Changement du *climat*;

Altérations dans la *composition des communautés naturelles et perte de biodiversité*.

Changements globaux

↳ Impacts du développement économique et de la croissance de la population mondiale sur les principaux compartiments du système terre (sols, atmosphère, systèmes aquatique) ainsi que les processus concernés par les échanges de matière et d'énergie entre ces compartiments.

Deux points méritent d'être soulignés :

Les valeurs moyennes utilisées masquent le plus souvent la grande variabilité des situations* : les conséquences des activités humaines ne se manifestent pas avec la même intensité selon les régions et les périodes.

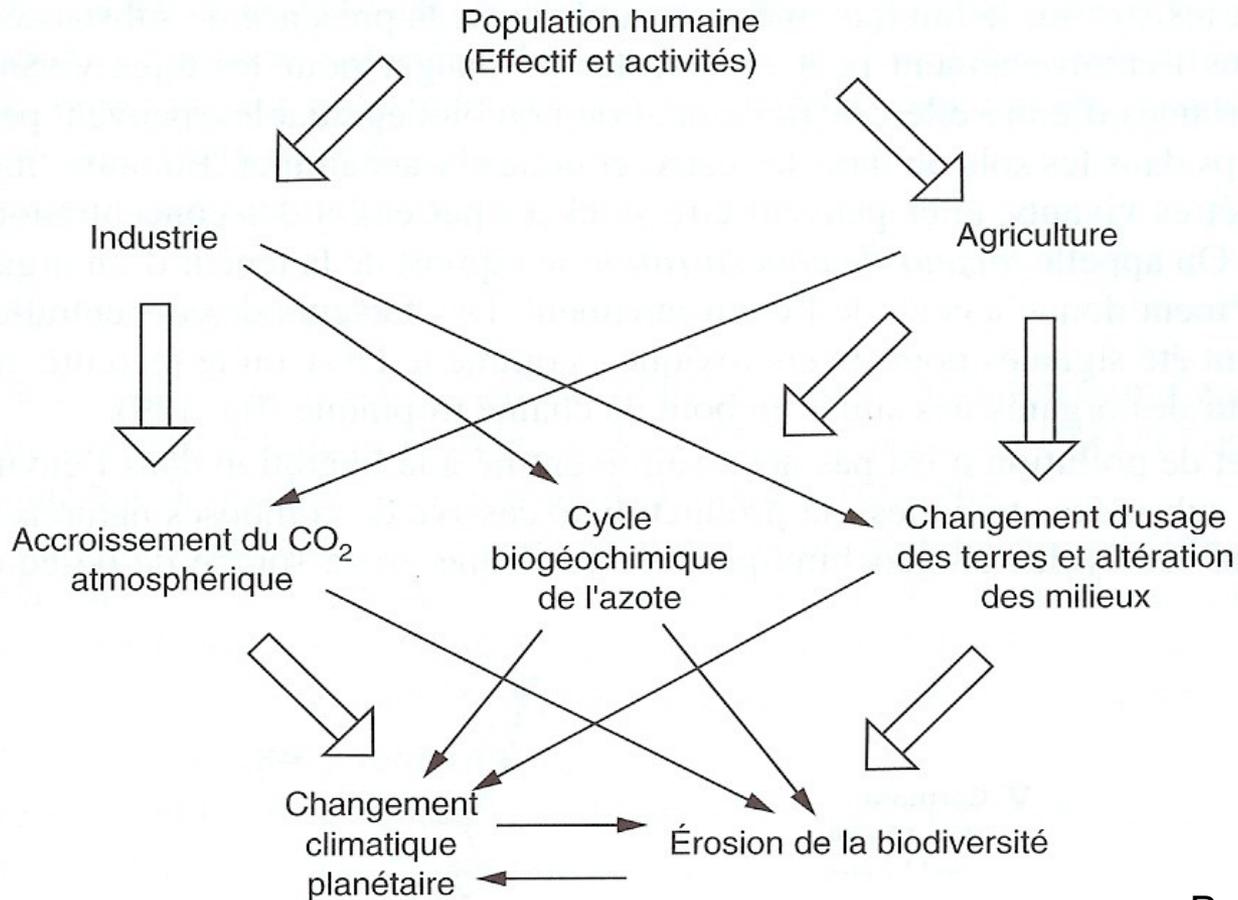
Changements globaux

Les changements globaux sont la résultante d'une grande quantité de processus qui *agissent en permanence* à la surface de la planète, *à différentes échelles de temps et d'espace*, et parfois dans des sens \neq , de telle sorte que la prévision des conséquences de ces changements globaux est difficile.

Principe fondamental de l'écologie des écosystèmes : on ne peut comprendre la dynamique d'un système si on ne prend pas en compte la nature et l'importance des interactions entre les facteurs de l'environnement qui agissent sur ce système.

↳ Illustration très schématique par la figure

Changements globaux



Barbault, 2000

2007

Figure 128 Principaux changements environnementaux d'ampleur planétaire provoqués par les activités humaines.

Changements globaux

*Changements dans l'occupation et l'utilisation des terres et des eaux**

Développement humain → utilisation des terres a transformé des systèmes naturels en une *variété de systèmes anthropisés* (champs cultivés, prairies, forêts pour production de bois, milieux urbains et industriels. (ex : au 20^e siècle → création de la moitié des terres cultivées)

Utilisation d'eau douce est aussi en ↗ : agriculture, usages domestiques et industriels, énergie hydroélectrique ⇒ nombreuses conséquences, tant sur la composition chimique des eaux que sur le régime des crues.

Changements globaux

↪ Effets importants sur le fonctionnement des écosystèmes : élimination d'espèces, introduction d'espèces exotiques, modification des cycles biogéochimiques, changement de couverture végétale, avec ses conséquences sur le climat local et régional.

Autre conséquence : modification de l'état des sols (perte de sols cultivables par l'urbanisation, pertes par érosion, surpâturage, tassement par les pratiques agricoles,...

Changements dans la composition de l'atmosphère

↗ du CO₂ et autres composés dans l'atmosphère; destruction de l'ozone stratosphérique par CFC; émissions industrielles à l'origine des pluies acides

Changements globaux

Changements climatiques

Biosphère → *participe et répond à la fois* à la régulation du système climatique par des mécanismes de rétroaction de nature physique, chimique ou biologique.

↳ un *défi important pour les écologues* = **comprendre les processus en jeu** dans le but de pouvoir prédire la réponse des écosystèmes à des climats qui pourraient exister dans le futur.

↳ de manière générale, les systèmes biologiques participent au contrôle des bilans thermiques et hydrologiques.

Les processus écologiques contrôlent également le rejet de l'assimilation de gaz à effet de serre. Mais, s'il y a consensus parmi la communauté scientifique sur l'existence des changements climatiques, il n'y a pas accord sur les causes.

Changements globaux

Les *réponses* (de la biosphère) aux changements climatiques sont *complexes* : peuvent se faire sentir sur les individus et les populations (altération de la photosynthèse, modification du comportement, modifications génétiques...)

Les changements dans la structure et la composition des peuplements peuvent résulter de l'action directe des facteurs abiotiques sur les espèces, ainsi que des modifications dans les interactions entre espèces. L'introduction d'espèces exotiques complique encore les choses...

Changements globaux

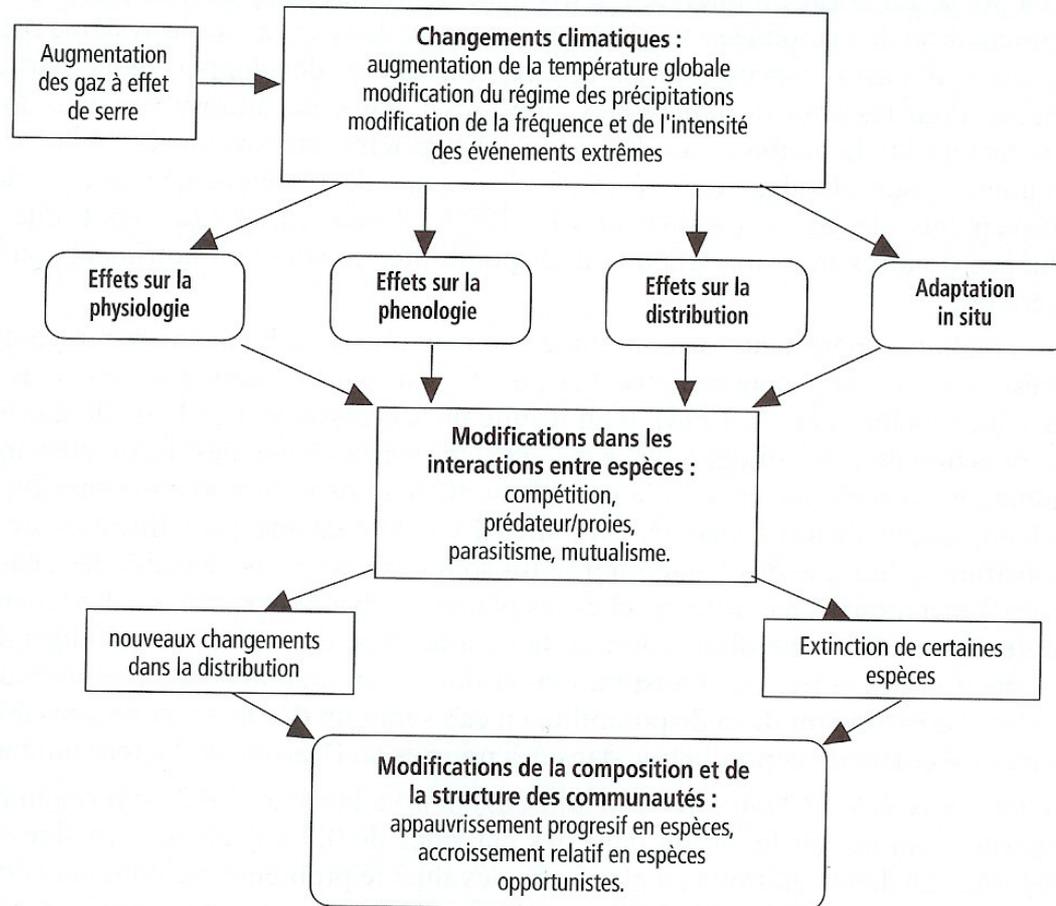
L'↑ de la concentration en CO₂ agit directement sur la *physiologie des espèces* ⇒ *modifications* dans les relations interspécifiques

Le *résultat final* est un *changement* dans la structure et la composition des écosystèmes.

Conséquences générales du changement :

- Effet sur la *physiologie* (affecte la photosynthèse p ex)
- Effet sur la *distribution* (migrations)
- Effet sur la *phénologie* (modifications de la phénologie des espèces → des relations entre elles)
- *Adaptation* (espèces à temps de génération court)

Changements globaux



Changements globaux

Changement dans la diversité biologique

Modification de la répartition des organismes vivants et de la composition des peuplements végétaux et animaux à la surface de la terre est également un élément des changements globaux.

↳ **Disparition d'espèces ou modification de l'occupation des sols sont irréversibles.**

La disparition d'espèces est difficile à quantifier avec précisions pour la plupart des groupes d'organismes.

Changements globaux

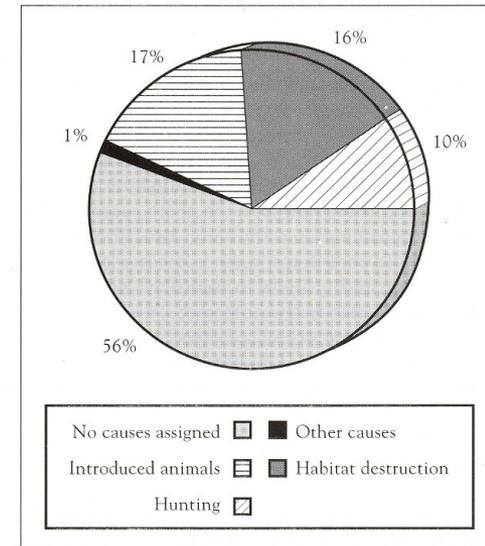
Cause de la perte de biodiversité

La recherche des causes de disparition n'est pas aisée.
En fonction de l'état des connaissances actuelles, dans plus de la moitié des cas, aucune cause claire ne peut être établie.

Trois facteurs apparaissent donc comme dominant les causes de disparition :

- *Introduction d'espèces*
- *Destruction d'habitat*
- *Exploitation directe*

■ **FIGURE 3.10** The causes of animal extinction, based on knowledge of 484 extinct species. (After data from World Conservation Monitoring Centre 1992.)



Changements globaux

Espèces introduites :

Compétition; prédation; maladies et parasitisme.
(introduction de rats, chats, mangoustes,...)

Altération des habitats :

Destruction directe (comme la déforestation); est la première cause d'extinction des espèces. Des altérations plus subtiles, telles que modifications par des changements de climat dus à des épisodes de pollution, n'ont pas encore été pointé avec certitude.

Changements globaux

L'un des phénomènes les plus marquants à l'heure actuelle est l'introduction de nombreuses espèces exotiques sur tous les continents et la « banalisation » et/ou la « mondialisation » à grande échelle de la faune et la flore.

Les extinctions, comme les introductions d'espèces et les invasions biologiques ont pour conséquence de modifier le fonctionnement des écosystèmes, notamment par les cycles biogéochimiques → domaine encore peu exploré et mal connu.

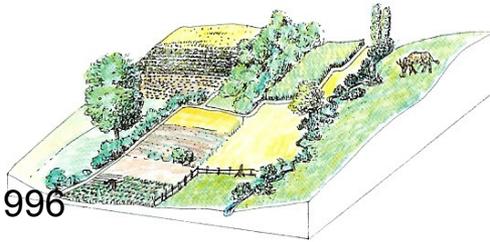
Changements globaux

↪ Compte tenu de la *complexité des phénomènes* impliqués dans les changements globaux, il était nécessaire de mettre en place une *approche « système » de la planète* dans son ensemble. C'est l'objet du Programme International Géosphère-Biosphère (basé sur 6 questions fondamentales, déclinées chacune dans un sous-programme)*

Quatre objectifs : *compréhension des processus interactifs* qui régissent le système; *explication des changements intervenus* au cours de l'histoire; *exploration des voies par lesquelles les processus sont* (ou peuvent être) *influencés par les activités humaines*; *indentification de l'impact de l'homme sur le fonctionnement du système.*

Changements globaux

HIER



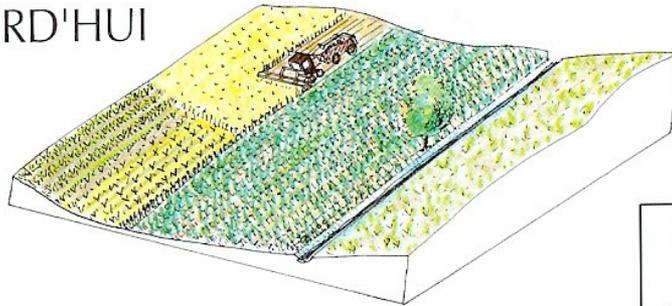
Paysage rural du 19^{ème} siècle, une biodiversité remarquable

Fischesser et Dupuis-Tate, 1996

| | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | | | | | | <i>Lotier corniculé</i> | <i>Fétuque des prés</i> | <i>Ray-grass anglais</i> |
| <i>Blaireau</i> | <i>Belette</i> | <i>Chevreuil</i> | <i>Fouine</i> | <i>Martre</i> | <i>Hérisson</i> | <i>Trèfle violet</i> | <i>Erable sycomore</i> | <i>Grande berce</i> | <i>Menthe aquatique</i> |
| <i>Lièvre</i> | <i>Castor</i> | <i>Loutre</i> | <i>Taupe</i> | <i>Lézard</i> | <i>Renard</i> | <i>Géranium robert</i> | <i>Bardane</i> | <i>Epiaire</i> | <i>Charme commun</i> |
| <i>Ecureuil d'Europe</i> | <i>Hibou</i> | <i>Pendrix</i> | <i>Buse</i> | <i>Héron</i> | <i>Couleuvre</i> | <i>Aubépine monogyne</i> | <i>Noisetier à fruits</i> | <i>Surcou</i> | <i>Viorne obier</i> |
| <i>Coléoptères</i> | <i>Libellule</i> | <i>Pigeon</i> | <i>Faisan</i> | <i>Bécassine</i> | <i>Crapaud</i> | <i>Bouleau verruqueux</i> | <i>Frêne commun</i> | <i>Merisier</i> | <i>Noyer commun</i> |
| <i>Grenouille</i> | <i>Ecrevisse</i> | <i>Papillons</i> | <i>Grillons</i> | <i>Tanche</i> | <i>Truite</i> | <i>Tilleul à feuilles plates</i> | <i>Tremble</i> | <i>Aulne glutineux</i> | <i>Bleuet</i> |

Changements globaux

AUJOURD'HUI



Culture intensive avec remembrement, recalibrage du cours d'eau et épandage de pesticides et d'engrais.

Les impératifs de la culture intensive conduisent à l'élimination de la plupart des niches écologiques et à l'effondrement de la biodiversité.

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| | <i>Taupe</i>  | <i>Perdrix</i>  | <i>Ray-grass anglais</i>  | <i>Trèfle violet</i>  |
| <i>Ecureuil</i>  | <i>Lièvre</i>  | <i>Fouine</i>  | <i>Lotier corniculé</i>  | <i>Tremble</i>  |
| <i>Renard</i>  | <i>Buse</i>  | <i>Fétuque des prés</i>  | <i>Maïs</i>  | <i>Blé</i>  |

Fischesser et Dupuis-Tate, 1996

Changements globaux

DEMAIN

Des gestes de génie écologique permettraient de restaurer cette biodiversité appauvrie.

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|-------------|----------|--------------|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | | | Héron | Erable sycomore | Trèfle violet | Letier corniculé | Fétuque des prés |
| Lézard | Lièvre | Taupe | Fouine | Martre | Pigeon | Ray-grass anglais | Grande berce | Menthe aquatique | Géranium robert |
| Libellule | Papillons | Blairiau | Chevreuil | Renard | Bardane | Epière | Charme commun | Aubépine monogyne | Noisetier à fruits |
| Ecuveuil | Buse | Perdrix | Coléoptères | Grillons | Sureau | Viorne obier | Bouleau verrucosus | Frêne commun | Merisier |
| Coutonve | Tanche | Truite | Grenouille | Crapaud | Noyer commun | Tilleul à feuilles plates | Tremble | Aune glutineux | Blé |

Changements globaux

- Parmi les pistes pour améliorer la situation, le *génie écologique* est digne d'intérêt car il combine l'utilisation des connaissances de l'écologie et des techniques. Il ambitionne de manipuler le processus biologiques de communautés entières d'êtres vivants et non d'espèces isolées. Cette forme d'action *implique d'abord l'étude de systèmes complexes* où les interrelations sont innombrables et les évènements plus souvent fortuits que programmés → *réajustements permanents* et prise en compte du facteur temps à l'échelle de l'évolution des écosystèmes.

Changements globaux

Merci pour votre attention tout au long
de ce cours...

Écologie globale

- Bibliographie

Barbault, R. – 2000; « Écologie générale – structure et fonctionnement de la biosphère »; 5^e édit.; Dunod.

Cain, M., Damman, H., Lue, R. & Yoon, C.; 2006; « Découvrir la biologie »; De Boeck.

Chiras, D.D.; 2001; "Environmental Science -Creating a Sustainable Future"; 6th ed., Jones and Bartlett Publishers

Lévêque, C. – 2001; « Écologie – de l'écosystème à la biosphère »; Dunod.

Krogh, D. 2005; « Biology – a Guide to the Natural World”; 3th edition, Pearson – Prentice Hall

Campbell, NA. - 1995; « Biologie »; Ed. De Boeck Université

Fischesser, B. et Dupuis-Tate, MF. – 1996; « le guide illustré de l'écologie »; éd. de la Martinière

Stiling, P. - 1999 ; « Ecology – Theories and Applications” ; 3th edition; Prentice Hall