

# THEME 4

## LA NOTION DE BIODIVERSITE

### **PLAN DU THEME 4**

- ✎ Exercice de compréhension (TD)
- ✎ Documents d'approfondissement

#### **I - Qu'est-ce que la biodiversité ?**

##### **A) L'émergence du « concept »**

- ① Le sommet de la Terre (conférence de Rio en 1992)
- ② La directive Habitats Faune Flore (Communauté européenne en 1992)
- ③ Le sommet européen de Göteborg en 2001

##### **B) Définition du « concept »**

- ① La diversité spécifique
- ② La diversité génétique
- ③ La diversité de « structure » des ensembles biologiques
- ④ La diversité de « fonctionnement » des ensembles biologiques
- ⑤ La diversité écosystémique

##### **C) Biodiversité « sauvage » et biodiversité « domestique »**

- ① La biodiversité « sauvage »
- ② La biodiversité « domestique »

#### **II - L'inventaire de la biodiversité : combien y a-t-il d'espèces vivantes ?**

##### **A) L'inventaire du vivant dans le monde est très incomplet**

##### **B) L'inventaire du vivant dans le monde est très inégal**

- ① Une inégalité taxonomique
- ② Une inégalité géographique et écosystémique

##### **C) Les « hot spot » de la biodiversité**

#### **III - L'érosion de la biodiversité**

##### **A) Les extinctions de masse du passé**

##### **B) Vers une 6<sup>ème</sup> extinction de masse ?**

##### **C) Les principales menaces envers la biodiversité**

- ① La perte et la détérioration de l'habitat
- ② Les espèces non-indigènes introduites
- ③ Les changements climatiques

##### **D) L'hypothèse des « rivets »**

#### **IV - L'importance de la biodiversité**

##### **A) La biodiversité fournit beaucoup de produits à la société humaine**

- ① De la nourriture
- ② Des médicaments
- ③ Des matériaux de construction et des vêtements

##### **B) La biodiversité augmente la productivité des écosystèmes**

## TD : LA NOTION DE BIODIVERSITE

### Objectifs

A partir de ces différentes questions, vous allez :

- Vous interroger sur l'incroyable **diversité des êtres vivants** dans le monde
- Comprendre et mieux connaître cette notion importante qu'est la **biodiversité**

**Question ①** Croyez-vous que l'on connaisse aujourd'hui tous les végétaux et tous les animaux qui vivent sur notre Terre ? (autrement dit, a-t-on recensé tous les organismes vivants sur la planète Terre ?)

OUI

NON

**Question ②** Pourquoi ? (expliquez les **raisons** qui vous ont amené à répondre **oui** ou **non**)

**Question ③** A ce jour, le nombre d'espèces qui ont été collectées, identifiées et nommées est d'environ :

15 000

150 000

1 500 000

15 000 000

**Question ④** Les estimations du nombre total des espèces sur Terre varient entre :

50 millions et 500 millions

3 millions et 100 millions

100 000 et 300 000

1 milliard et 3 milliards

**Question 5** Les espèces d'insectes, de plantes et de mycètes connues à ce jour sont de l'ordre de plusieurs :

- Milliers
- Centaines de milliers
- Millions
- Milliards

**Question 6** Laquelle parmi les propositions suivantes a été la cause présumée des extinctions de masse passées ?

- La croissance de la population humaine
- La pollution de l'eau
- L'impact d'un astéroïde
- La disparition des forêts pluvieuses tropicales

**Question 7** D'après les scientifiques, quel bénéfice principal les écosystèmes retirent-ils de la biodiversité ?

- L'augmentation de la résistance à l'invasion par les espèces non-indigènes
- L'augmentation de la productivité
- L'augmentation de la résistance à la pollution
- L'augmentation de la résistance aux maladies

**Question 8** Comment la biodiversité a-t-elle augmenté et diminué au cours du temps – quand et de quelle manière ?

**Question 9** En quoi l'augmentation de la population humaine a-t-elle constitué et constitue-t-elle des menaces pour la biodiversité ?

**Question 10** Comment appelle-t-on l'**ensemble** des **organismes vivants** (végétaux, animaux et autres êtres vivants) et de leurs **habitats** ?

## TD : LA NOTION DE BIODIVERSITE

### **CORRIGE**

**Question ①** Croyez-vous que l'on connaisse aujourd'hui tous les végétaux et tous les animaux qui vivent sur notre Terre ? (autrement dit, a-t-on recensé tous les organismes vivants sur la planète Terre ?)

OUI

**NON**

**Question ②** Pourquoi ? (expliquez les **raisons** qui vous ont amené à répondre **oui** ou **non**)

- ↳ En raison de la profonde **complexité** et de l'immense **richesse** du **monde vivant**.
- ↳ Résultat de **3 milliards d'années d'évolution**, beaucoup d'espèces ne sont **pas encore connues** des scientifiques, en particulier dans ces **régions inexplorées** que sont les forêts tropicales et équatoriales, les fonds abyssaux marins, les milieux extrêmes...
- ↳ De même, certains organismes de **très petites dimensions** sont difficiles à **récolter, décrire** et **identifier**.

**Question ③** A ce jour, le nombre d'espèces qui ont été collectées, identifiées et nommées est d'environ :

15 000

150 000

**1 500 000**

15 000 000

**Question ④** Les estimations du nombre total des espèces vivantes aujourd'hui sur Terre (connues et inconnues) varient entre :

50 millions et 500 millions

**3 et 100 millions** (la plupart des estimations « raisonnables » vont de 10 à 30 millions)

100 000 et 300 000

1 milliard et 3 milliards

**Question ⑤** Les espèces d'insectes, de plantes et de mycètes connus à ce jour sont de l'ordre de plusieurs :

Milliers

**Centaines de milliers**

Millions

Milliards

**Question 6** Laquelle parmi les propositions suivantes a été la cause présumée des extinctions de masse passées ?

- La croissance de la population humaine
- La pollution de l'eau
- L'impact d'un astéroïde**
- La disparition des forêts pluvieuses tropicales

**Question 7** D'après les scientifiques, quel bénéfice principal les écosystèmes retirent-ils de la biodiversité ?

- L'augmentation de la résistance à l'invasion par les espèces non-indigènes
- L'augmentation de la productivité**
- L'augmentation de la résistance à la pollution
- L'augmentation de la résistance aux maladies

**Question 8** Comment la biodiversité a-t-elle augmenté et diminué au cours du temps – quand et de quelle manière ?

Au cours du temps, la **biodiversité** de la vie a **augmenté** et **diminué** de manière **inexorable** mais **naturelle**.

Elle **diminuait rapidement** pendant les **extinctions de masse** suivies de périodes de **lents rétablissements**.

Les **5 extinctions de masse** précédentes (d'il y a environ 440, 350, 250, 206 et 65 millions d'années) **n'ont pas été causées par les activités humaines**.

Elles ont plutôt été provoquées par des **forces naturelles**, comme des **changements de climat**, des **éruptions volcaniques**, des **changements du niveau de la mer** ou par de la **poussière atmosphérique** due à une **collision** avec un **astéroïde**.

Les périodes de **rétablissement** ont duré **plusieurs millions d'années**.

Les scientifiques estiment que la **rapide expansion** actuelle des **populations humaines** **pourrait entraîner une autre extinction de masse**.

**Question 9** En quoi l'augmentation de la population humaine a-t-elle constitué et constitue-t-elle des menaces pour la biodiversité ?

Avec l'**augmentation des populations humaines**, les **villes**, les **banlieues** et les **espaces agricoles** et **commerciaux** se développent et des **habitats naturels** sont **détruits** et **dégradés** ce qui provoque l'**extinction** d'autres **espèces**.

La **croissance** de la **démographie** a aggravé la **pollution** qui constitue une **menace grandissante** pour la **biodiversité**.

L'**expansion** des **populations humaines** a également augmenté l'**introduction d'espèces non-indigènes** ce qui représente une autre **menace** pour la **biodiversité**.

**Question 10** Comment appelle-t-on l'ensemble des **organismes vivants** (végétaux, animaux et autres êtres vivants) et de leurs **habitats** ?

C'est la **biosphère**.

Elle regroupe l'ensemble des **êtres vivants** (diversité **biologique** et **génétique**) et de leurs **habitats** (diversité des **écosystèmes**).

Au large de la côte occidentale de l'**Australie**, dans une grotte située à plus de 4000 mètres de profondeur, il existe ce que certains scientifiques considèrent comme les **plus petits organismes vivants** jamais découverts. Ces minuscules formes de vie sont appelées des **nanobes** car leur taille se mesure en nanomètres ( $10^{-9}$  m). Toutefois, alors que pour certains scientifiques ceci représente une découverte importante, d'autres refusent d'admettre que les nanobes soient des êtres vivants.

Les chercheurs australiens qui ont récemment découvert les nanobes affirment que ces minuscules formes renferment du **matériel génétique** sous forme d'ADN, comme c'est le cas chez tous les organismes vivants.

Selon ces chercheurs, les nanobes grandissent tellement vite qu'ils passent de l'état de **formes isolées**, visibles uniquement par de puissants microscopes, à celui de **formes coloniales filamenteuses**, visibles à l'œil nu. Les sceptiques, cependant, contestent l'existence même des nanobes, ils estiment qu'ils sont trop petits pour être vivants, trop petits pour pouvoir contenir le matériel et l'équipement indispensables à la vie.

N'importe qui est capable de voir la différence entre un caillou inanimé et un être vivant qui sautille dans un bassin. Comment est-il possible que les scientifiques n'arrivent pas à s'accorder sur la vie ou la non-vie de quelque chose ?

**Qu'est-ce que la vie ?** Apparemment simple, cette question est en fait l'une des plus **complexes**. Elle est à la base de controverses médicales, allant de l'avortement et du commencement de la vie au droit de la mort et à la fin de vie. La quête de réponses s'appuie profondément sur la science qui cherche à savoir à quel moment se situe l'apparition de la vie sur notre planète, et s'il existe une forme de vie sur d'autres planètes.

Les scientifiques ainsi que les philosophes s'accordent sur le fait qu'une **définition** de la **vie** qui soit à la fois **simple** et **exacte** constitue un **défi**. Qu'est-ce qui distingue vraiment la vie de la non-vie ?

### Les caractéristiques communes de la vie

Tous les **organismes vivants** :

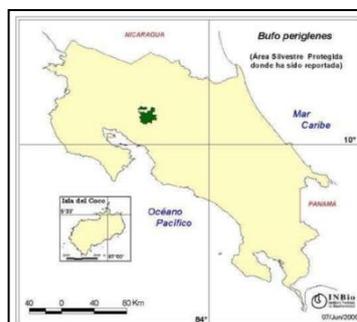
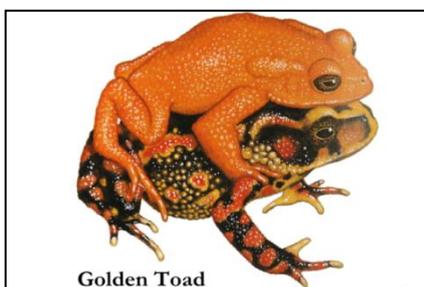
- *Sont composés de cellules*
- *Se reproduisent en utilisant le matériel héréditaire - l'ADN*
- *Croissent et se développent*
- *Captent de l'énergie dans leur environnement*
- *Ressentent et réagissent à leur environnement*
- *Présentent un haut niveau d'organisation*
- *Evoluent*

## Document 2 : Que se passe-t-il avec les crapauds et les grenouilles ?

En 1987, le crapaud doré ou crapaud orange (*Bufo perigrène*), une créature extraordinairement belle, était très abondant dans une forêt d'altitude du Costa Rica. A cette époque, c'est par centaines que ces animaux ont été recensés dans la forêt préservée de Monteverde Cloud, site unique au monde pour sa population de crapauds dorés. L'année suivante, seulement quelques-uns ont été inventoriés. En quelques années, le crapaud doré a complètement disparu et il n'a jamais réapparu depuis (ce crapaud orange est aujourd'hui considéré comme disparu).

L'extinction d'une espèce est toujours préoccupante, surtout lorsqu'elle est difficilement explicable, telle cette singulière disparition de crapauds oranges. Quand les oiseaux d'une forêt disparaissent après des opérations de déboisement, il n'y a pas vraiment de mystère. Mais les crapauds dorés vivaient dans de hautes montagnes, au sein d'une forêt préservée, à l'intérieur d'une zone protégée, loin des sites de déboisement et à l'abri des projets d'urbanisme. Ces crapauds, apparemment, n'auraient jamais dû disparaître.

Depuis le moment où l'on a constaté la disparition des crapauds dorés du Costa Rica, des biologistes ont mis en évidence de nombreux déclinés de populations touchant d'autres amphibiens (des crapauds, mais aussi des grenouilles et des salamandres) dans le monde entier, y compris dans des zones naturelles protégées. Ainsi, à l'intérieur et aux alentours du Parc National de Yosemite aux Etats-Unis, où les crapauds et les grenouilles étaient autrefois abondants, de nombreuses espèces ont disparu. On sait très bien que, pour des grenouilles et des crapauds acclimatés à de hautes altitudes, une exposition intense à la lumière ultraviolette constitue une véritable menace. Les herpétologues qui ont étudié les crapauds du nord-ouest des Etats-Unis ont montré que la diminution de la pluviométrie dans les montagnes de cette région était l'une des conséquences du réchauffement du climat. Par conséquent, les œufs des grenouilles et des crapauds ne sont plus suffisamment immergés dans l'eau et ne sont donc pas protégés de l'intensité de la lumière UV. Ces œufs affaiblis sont ainsi plus vulnérables aux maladies y compris aux infections mortelles causées par des mycètes. Dans de nombreuses autres régions du monde, les maladies causées par les mycètes contribuent à décimer les populations de grenouilles. Dans d'autres cas, les scientifiques estiment que la pollution pourrait être l'une des causes de déclin de ces amphibiens. Indépendamment du problème spécifique, les amphibiens disparaissent régulièrement partout dans le monde. Un grand nombre de spécialistes invoquent une sensibilité accrue des amphibiens à la pollution par comparaison aux autres organismes. Mais en dépit de quelques études scientifiques portant sur des cas particuliers de disparition d'amphibiens, la raison pour laquelle tant d'amphibiens dans le monde meurent en même temps reste assez floue. Existe-t-il un incident, un événement concomitant qui les affaiblit tous ? Les biologistes continuent de confronter une multitude d'hypothèses sur ces menaces potentielles sans savoir avec certitude laquelle pose les plus sérieux problèmes à la population qu'ils étudient. Ils estiment cependant que leur disparition est le signe d'une détérioration (globale ?) de l'environnement. En effet, au moment où les amphibiens disparaissaient mystérieusement, les biologistes constataient la disparition rapide de différentes autres espèces. Partout, des nouvelles alarmantes se propagent sur l'extinction d'espèces dans le monde entier. Mais ces pertes sont-elles vraiment sérieuses et en fin de compte sont-elles vraiment dramatiques ?



# I - Qu'est-ce que la biodiversité ?

## A) L'émergence du « concept »

- La **biodiversité** est devenue à l'ordre du jour dans les **années 90**.
- Le mot *biodiversité* est un **néologisme** composé à partir des mots **biologie** et **diversité**.
  - L'expression « **diversité biologique** » (*biological diversity*) a été inventée par Thomas Lovejoy en **1980**.
  - Le terme « **biodiversité** » (*biodiversity*) lui-même a été inventé par Walter G. Rosen en **1985**.
  - Mais le mot « **biodiversité** » apparaît officiellement pour la première fois en **1988** dans une **publication**, lorsque l'entomologiste américain **E.O. Wilson** en fait le titre du compte rendu d'un forum sur la diversité biologique (le mot « *biodiversity* » avait été jugé plus efficace en terme de communication que « *biological diversity* »).
- Depuis le milieu des **années 80**, le **terme** et le **concept** sont très **utilisés** par les **biologistes**, les **écologues** et les **écologistes**.
- En réalité, la **notion de biodiversité** est **relativement ancienne** pour les scientifiques préoccupés par l'expansion démographique et ses conséquences (pertes ou perturbations de populations, d'espèces ou d'habitats).
- Il faudra attendre le milieu des **années 90** pour que les « **dirigeants** » et les **citoyens** se « familiarisent » avec ce nouveau concept.
- L'utilisation du terme coïncide avec la **prise de conscience** de l'**extinction** d'un certain nombre **d'espèces** au cours des dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle.
- Plusieurs **dates clé** ont contribué à cette « **prise de conscience** » et « **vulgarisation** » du concept auprès du « **grand public** » :

### ① Le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992

- ★ Sous l'égide de l'**ONU**, plus d'une centaine de pays et chefs d'Etat ont participé en juin **1992** à Rio, au « deuxième » **Sommet de la Terre**.
- ★ Cette « conférence » mondiale a marqué l'entrée en force sur la scène internationale des **préoccupations** relatives à la **diversité du monde vivant**.
- ★ A l'issue de ce sommet, une **convention mondiale sur la biodiversité** a été écrite (CDB = convention sur la diversité biologique).
- ★ Les **168 pays** signataires ont alors décidé de faire une **priorité** de la **protection** et **restauration** de la **diversité du vivant**, considérée comme une des **ressources vitales du développement durable**.
- ★ A cette occasion, la notion de **biodiversité** a été définie et précisée (Cf. Article 2 de la Convention).

## ② La directive européenne Habitats Faune Flore (HFF) en 1992

- ★ En 1992, l'**Union européenne** s'est dotée d'un **outil réglementaire** afin de promouvoir la **protection** et la **gestion** de la **biodiversité**.
- ★ Il s'agit de la **directive 92/43/CEE** concernant la conservation des **habitats naturels** ainsi que des **espèces faunistiques** et **floristiques** sauvages.
- ★ Elle est plus couramment appelée **directive Habitats Faune Flore (HFF)** ou encore **directive Habitats**.
- ★ Elle a pour objectif principal de préserver des **espaces naturels** et des **espèces de faune** et de **flore** à forte **valeur patrimoniale** que comportent ses États membres, dans le **respect** des exigences **économiques, sociales** et **culturelles**.
- ★ Elle s'appuie pour cela sur un réseau cohérent de « sites écologiques » protégés, le **réseau Natura 2000**.
- ★ Ce réseau constitue la principale **participation de l'UE** à la Convention sur la diversité biologique, adoptée lors du Sommet de la Terre de Rio en 1992 et **ratifiée** par la **France** en **1996**.

## ③ Le sommet européen de Göteborg en 2001

- ★ En juin **2001**, s'est tenu le **sommet européen** de **Göteborg** sur le thème : « *Une Europe durable pour un monde meilleur* ».
- ★ L'Union européenne s'est alors fixé (pour l'espace communautaire) un objectif relativement strict : **arrêter le déclin de la biodiversité en Europe d'ici 2010**.
- ★ Moins connu et moins médiatique que les deux autres, le sommet de Göteborg n'en confirme pas moins la volonté des États membres de poursuivre ses efforts en faveur du maintien de la **biodiversité**.



Logo de la 9<sup>e</sup> Conférence sur la biodiversité



Logo du réseau européen Natura 2000

## B) Définition du « concept »

- Au cours de la **Convention sur la diversité biologique** qui s'est tenue le 5 juin 1992, la **diversité biologique** a été définie comme :

« La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes 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. »

— Article. 2 de la *Convention sur la diversité biologique*, 1992

- Le terme « **biodiversité** » est la **contraction** de « **diversité biologique** », expression désignant la **variété** et la **diversité** du **monde vivant**.
- Elle intègre donc **tous les organismes** et leurs **structurations multiples** dans **l'espace** et dans le **temps**.

Diversité	de composition	de structure	de fonctionnement
Biologique	spécifiques (espèces)	communautés d'êtres vivants	groupes fonctionnels
	génétique	populations (individus pouvant se "croiser" entre eux)	
Ecologique			écosystème
			écocomplexes

- La **diversité biologique** est la **diversité de toutes les formes du vivant**. Elle est habituellement subdivisée en **deux grands niveaux d'organisation**, eux-mêmes subdivisés en d'autres niveaux :

### LES DIFFERENTS NIVEAUX DE LA BIODIVERSITE

→ La diversité biologique comprenant :

- La diversité **spécifique**
- La diversité **génétique**
- Une diversité de **structure des « ensembles biologiques »** : **populations et peuplements**
- Une diversité de **fonctionnement des « ensembles biologiques »** : **les peuplements ou groupements fonctionnels**

→ La diversité écologique comprenant :

- La diversité des **écosystèmes** (ou habitats)
- La diversité des **écocomplexes**

## ① **La diversité spécifique**

- ★ On l'appelle aussi la **diversité interspécifique**.
- ★ Elle correspond à la **diversité des espèces**.
- ★ Cela concerne le "**nombre d'espèces présentes**", c'est-à-dire l'**ensemble de tous les organismes vivants** qui peuplent notre planète (autrement dit, la **biocénose**).
- ★ Plus il y a d'**espèces différentes**, plus la **diversité spécifique** est **importante** (c'est donc une **diversité de « composition »**, essentiellement « **quantitative** »).
- ★ La **diversité spécifique** est la **mieux connue** car elle fait l'objet d'**études** depuis longtemps (**inventaires spécifiques**).
- ★ Mais de **nombreuses espèces** restent encore à **décrire/découvrir** (notamment dans les régions tropicales humides).
- ★ Même là où la diversité spécifique est « la mieux connue », les **inventaires** des espèces sont loin d'être terminés (notamment chez les **insectes**, les **mousses** et les **lichens**).

## ② **La diversité génétique**

- ★ On l'appelle aussi la **diversité intraspécifique**.
- ★ Cela concerne la **richesse** du **patrimoine génétique** des **espèces**.
- ★ Elle se définit par la **variabilité des gènes** au sein d'une **même espèce** ou d'une **population**.
- ★ Elle est donc caractérisée par la « **différence** » de **deux individus** d'une **même espèce** ou **sous-espèce** (diversité intraspécifique).
- ★ C'est donc une **diversité de « composition »**, essentiellement « **qualitative** ».
- ★ Plus les **populations** d'une espèce donnée ont un **patrimoine génétique diversifié**, plus cette espèce a des **chances de survivre**.
- ★ Elle est **moins connue** que la précédente, alors que pour certains auteurs elle revêt un caractère **essentiel**.
- ★ En effet, le **gène** est l'unité fondamentale de la **sélection naturelle**, donc de l'**évolution**, et certains scientifiques, comme E.O. Wilson, estiment que la seule **biodiversité « utile »** est la **diversité génétique**.

- Un **individu** possède un ensemble de **gènes** à l'origine de **ses caractères propres**.
- Une **population** offre une plus ou moins grande **diversité** de ses **individus**, diversité pouvant **varier** dans le **temps**, sous l'effet de multiples **pressions de sélection** (climatiques, anthropiques...).

- ★ Cependant, **en pratique**, quand on étudie la biodiversité sur le **terrain**, l'**espèce** est l'**unité la plus accessible**.

### ③ **Une diversité de « structure » des « ensembles biologiques »**

★ Elle fait référence à la façon dont les **ensembles vivants** sont « structurés », « hiérarchisés ».

★ Elle englobe donc **deux grands niveaux d'organisation** du monde vivant :

→ Les ensembles d'individus pouvant se croiser entre eux : les **populations**

→ Les **communautés** d'êtres vivants présentes dans un espace géographique donné : les **peuplements**

### ④ **La diversité de « fonctionnement » des « ensembles biologiques »**

★ Elle fait référence aux « **fonctions** » et aux « **rôles** » exercés par les **populations** et les **peuplements** dans leur(s) milieu(x).

★ Elle englobe donc ce que l'on appelle des « **peuplements fonctionnels** » qui sont des « **groupes fonctionnels** » d'espèces jouant à peu près le **même « rôle »** ou exerçant la **même « fonction »** dans les communautés du vivant (Cf. Guilde et synusies).

★ Exemples :

→ le groupe fonctionnel des organismes **saproxylophages** œuvrant à la **dégradation/décomposition** du bois mort dans une forêt.

→ le groupe fonctionnel des **essences pionnières** (Bouleau, Tremble...) participant à la **reconquête ou recolonisation forestières** d'espaces agricoles abandonnés.



Cétoine dorée (*Cetonia aurata*)



Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*)

## ⑤ **La diversité écosystémique**

★ On l'appelle aussi la **diversité des habitats**.

★ Cette diversité de « fonctionnement » s'apprécie à deux niveaux principaux :

- **Celui des écosystèmes**
- **Celui des écocomplexes**

★ De ce fait, elle englobe également d'autres concepts :

- les **interactions** des populations et des peuplements (**biocénoses** et **facteurs biotiques**)
- les **interactions** des biocénoses et de leurs environnements physiques (**biotope** et **facteurs abiotiques**)

★ D'une manière générale, plus il y a des **habitats diversifiés**, plus les **diversités spécifique** et **génétique** ont des chances d'être élevées.

★ Mais attention : la **biodiversité** s'apprécie aussi bien d'un point de vue **quantitatif** que **qualitatif**.

★ Ainsi certains **milieux** peuvent être **très pauvres** sur le plan de la **diversité spécifique** (groupements « **monospécifiques** » ou « **paucispécifiques** »), mais **remarquables** sur le plan de la biodiversité générale parce que renfermant des espèces **très spécialisées**, peu communes, que l'on ne retrouve pas ailleurs.

★ **Exemples :**



*Les forêts ombrophiles sont considérées comme d'importants réservoirs de biodiversité (de composition et de structure).*



*Les tourbières sont des milieux oligotrophes généralement pauvres en espèces (milieux paucispécifiques).*

### Ecosystème

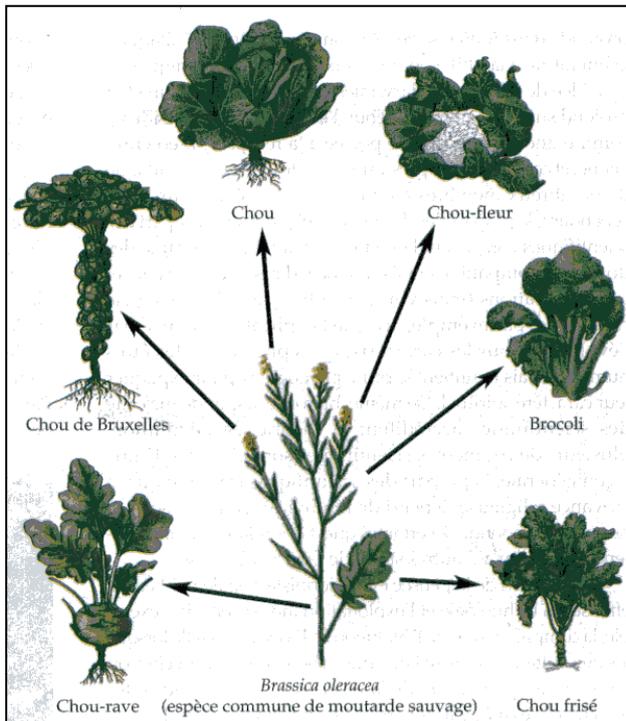
- Ensemble formé par une association ou communauté d'êtres vivants (biocénose) et son environnement géologique, géomorphologique, pédologique et atmosphérique (biotope).
- Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie.
- Un écosystème est l'interaction entre les facteurs biotiques et abiotiques.
- Un habitat, au sens de la directive HFF de 1992, est synonyme d'écosystème.

### Écosystème complexe

- Assemblage de « systèmes écologiques » en interactions sur un territoire, autrement dit, « assemblage d'écosystèmes ».
- Les écosystème complexes sont des mosaïques d'écosystèmes réunis dans un cadre géomorphologique donné (exemple : un bassin versant).
- Les divers écosystèmes qui se répartissent sur un territoire ne sont pas totalement indépendants les uns des autres.
- De multiples interactions existent entre les écosystèmes, notamment du point de vue des facteurs physiques et chimiques (avec souvent l'eau comme vecteur) : échanges d'énergie, de matière...
- De la même façon, beaucoup d'espèces ne sont pas limitées à un seul écosystème et leur vie peut exiger des milieux différents plus ou moins distants.
- Sur chaque territoire, il existe un assemblage d'écosystèmes interdépendants, ayant entre eux des échanges de matières et d'organismes vivants.
- De tels assemblages d'écosystèmes s'appellent des écosystème complexes.
- Un site, au sens de la directive HFF de 1992, correspond à un écosystème complexe (ou à un fragment d'écosystème complexe).

## C) Biodiversité « sauvage » et biodiversité « domestique »

- La **biodiversité** concerne donc **tout le vivant** et la **dynamique des interactions** au sein du vivant.
- Suivant qu'il soit « **naturel** » ou bien « **géré par l'homme** », on parle de :
  - Biodiversité « **sauvage** » (*organismes « naturels »*)
  - Biodiversité « **domestique** » (*organismes « anthropozoogéniques »*)



### La sélection artificielle est un facteur de biodiversité

- La sélection artificielle opérée par l'homme est responsable du changement génétique.
- Les humains ont dirigé l'évolution de *Brassica oleracea*, espèce commune de moutarde présentée ici au centre de la figure.
- Ils ont alors produit des plantes différentes, telles que les choux de Bruxelles, les choux-fleurs et les brocolis.
- Malgré leurs différences évidentes, toutes les plantes montrées ici appartiennent à la même espèce.

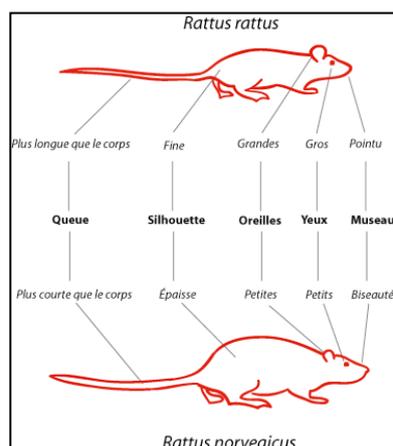
- A ces deux catégories s'ajoute la biodiversité « **commensale** » de l'**homme**, c'est à dire les espèces qui, tout en n'étant pas « gérées » par l'homme s'adaptent aux milieux qu'il crée.

### Commensalisme

**Association des deux organismes** dont l'un, le **commensal**, tire parti de l'autre, l'**hôte**, pour s'abriter, se nourrir, ou se déplacer sans que celui-ci en souffre ou en tire un profit.

- Exemples :

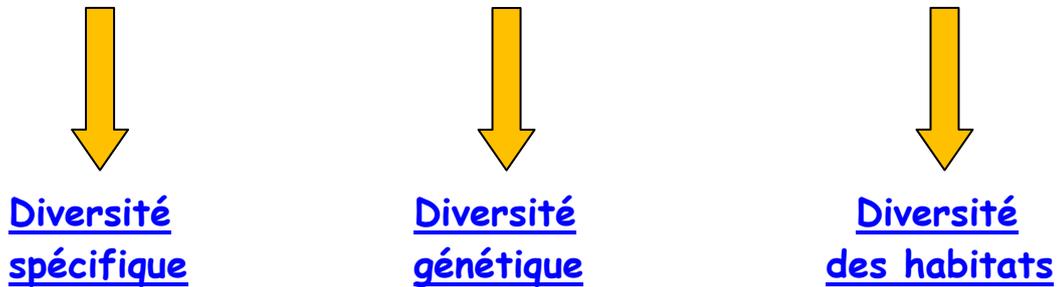
- Le **rat** : *Rattus rattus* (connu sous le nom de **rat noir**) et *Rattus norvegicus* (connu sous les noms de **rat brun**, **rat d'égout** ou **surmulot**).
- La **blatte** (appelée aussi **cafard** ou **cancrelat**). Nombreuses espèces dans les villes, les maisons, les boulangeries, les restaurants, les hôtels, les dépôts d'ordures... Exemple d'une espèce commune en France : la **blatte orientale** (*Blatta orientalis*).



- On emploie également le terme d'**anthropophile** pour désigner ces espèces qui vivent à **proximité de l'homme** (habitations, villes...).

## FICHE DE SYNTHÈSE

### BIODIVERSITÉ = DIVERSITÉ BIOLOGIQUE



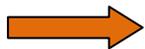
#### Diversité spécifique

- Cela concerne le **nombre d'espèces présentes**, c'est-à-dire l'**ensemble de tous les organismes vivants** qui peuplent notre planète.
- Plus il y a d'**espèces différentes**, plus la **diversité spécifique** est importante.



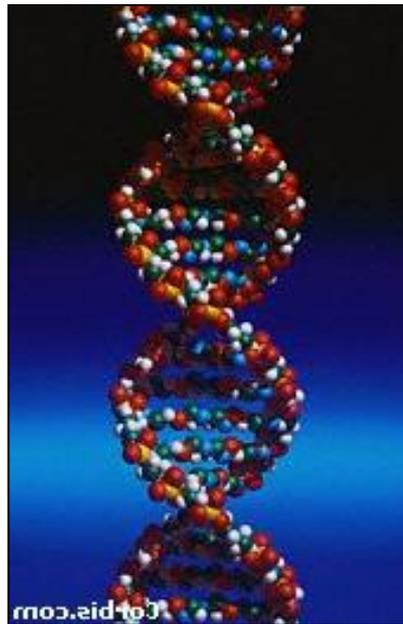
#### Diversité génétique

- Cela concerne la **richesse du patrimoine génétique** des **espèces**.
- Plus les **populations** d'une espèce donnée ont une **diversité génétique diversifiée**, plus cette espèce a des **chances de survivre**.



#### Diversité des habitats

- Cela concerne la **diversité des habitats**, des **écosystèmes** ou **milieux de vie** des **espèces**.
- Plus il y a des **habitats diversifiés**, plus les **diversités spécifique et génétique** seront importantes.



## II - L'inventaire de la biodiversité : combien y a-t-il d'espèces vivantes ?

### A) L'inventaire du vivant dans le monde est très incomplet

☞ Cf. Document 4 et 5.

- L'étude de la biodiversité, c'est d'abord et avant tout « l'inventaire du monde vivant ».
- La **diversité spécifique** qui concerne le **nombre d'espèces** comprend aussi bien :
  - *Les animaux*
  - *Les végétaux*
  - *Les champignons*
  - *Les micro-organismes (bactéries...)...*
- On l'exprime généralement par le **nombre d'espèces** présentes dans une « **unité géographique donnée** ».
- Exemples :
  - *Il y a 370 espèces végétales dans le massif d'Iraty*
  - *Il y a 113 espèces de mammifères en France (métropolitaine ; + une vingtaine d'occasionnelles = phoques, cétacés...)*
  - *Il y a 180 espèces de mammifères en Europe*
  - *Il y a près de 6000 espèces de mammifères recensées dans le monde*
- A l'échelle planétaire, en 2005, le nombre d'espèces recensées, décrites, identifiées et placées dans la hiérarchie linnéenne s'élevait à : **1 749 577 espèces vivantes**.
- Mais les scientifiques **ne connaissent pas le nombre exact** d'espèces sur Terre.
- De nombreux biologistes estiment que l'on a à peine amorcé le dénombrement des espèces dans le monde.
- Quelques évaluations suggèrent que **90% ou plus de tous les organismes vivants sont encore à découvrir, identifier et à nommer**.
- La plupart des **estimations** se situent dans des « **fourchettes** » plus ou moins larges :
  - *Estimation « haute » : de 30 à 100 000 000*
  - *Estimation la plus « courante » : de 3 à 30 000 000*

## B) L'inventaire du vivant dans le monde est très inégal

### ① Une inégalité taxonomique

- Certains groupes d'organismes sont **bien connus** tandis que d'autres sont **mal étudiés**.
- Environ la moitié des **1,5 million d'espèces** connues (soit 750 000) est constituée d'insectes.
- L'ensemble des autres **animaux** se compose d'environ **280 000 espèces**.
- Le deuxième groupe le plus abondant est celui des **plantes** avec environ **250 000 espèces** connues.
- Il existe également environ **69 000 mycètes**, **57 000 protistes** et à peu près **4 800 procaryotes** (Bactéries et Archaea).
- Parmi ces groupes d'organismes, certains ont été **très abondamment étudiés**, souvent parce qu'ils sont **grands, faciles à observer et à capturer**.
- D'autres au contraire, ont été **très peu étudiés** souvent parce qu'ils sont **microscopiques**, donc **difficiles à collecter et à identifier**.

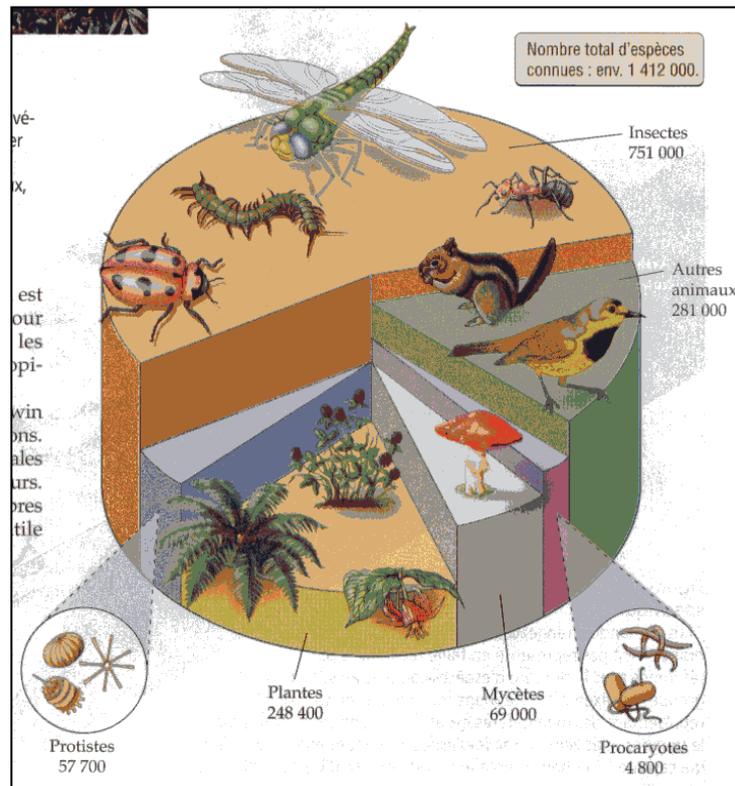
### ② Une inégalité géographique et écosystémique

- Un autre **obstacle** rend certains inventaires **déliçats** : les **milieux difficiles d'accès**, les milieux de l'« **extrême** ».
- Pour des raisons souvent **économiques**, ces milieux sont **peu ou mal étudiés**.

## C) Les « hot spot » de la biodiversité

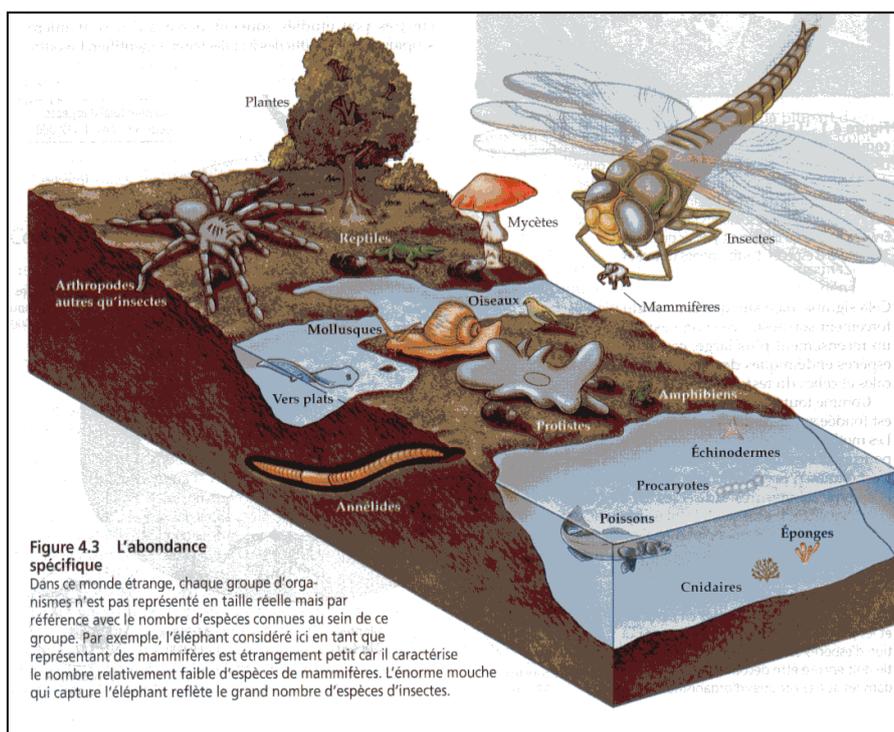
- Les biologistes ont déterminé en certains endroits du monde des « **points chauds** » (ou « **hauts lieux** ») de la **biodiversité**.
- Ce sont des lieux où la biodiversité y est beaucoup **plus élevée** qu'ailleurs (au moins la **diversité spécifique** dans sa dimension **quantitative** et, très certainement **qualitative**).
- Exemple du **Costa Rica** où la concentration en espèces est une des plus élevées du monde :
  - **Brésil** : 6 espèces différentes d'arbres au Km<sup>2</sup>
  - **Colombie** : 35 espèces différentes d'arbres au Km<sup>2</sup>
  - **Costa Rica** : 295 espèces différentes d'arbres au Km<sup>2</sup>
- La majeure partie des « hot spot » de la biodiversité dans le monde sont situés dans la **zone intertropicale humide** : **biomes forestiers** (forêts ombrophiles...).

## Document 4 : Diverses représentations de l'inventaire du vivant



Le diagramme ci-dessus en forme de gâteau montre l'abondance de toutes les espèces connues sur Terre. Les animaux (insectes en particulier) et les plantes constituent la plus grande portion d'espèces connues, mais une grande partie doit encore être découverte, notamment dans d'autres groupes d'organismes.

Ci-dessous, un « bloc diagramme » par « anamorphose » c'est-à-dire tenant compte de l'importance numérique relative de chaque groupe d'organismes.



## Document 5 : Inventaire du vivant en France et dans le monde

	Estimation du nb total d'espèces	Nb espèces décrites
Oiseaux	9 225	9 100
Mammifères, Reptiles, Amphibiens	15 210	14 500
Poissons	21 000	19 100
Végétaux	480 000	352 000
Autres Invertébrés et micro-organismes	3 000 000	280 000
Insectes	30 000 000	750 000
TOTAL	+ de 30 millions (jusqu'à 100 millions selon les estimations)	Environ 1,43 million

*Inventaire des espèces vivantes dans le monde aujourd'hui* Source : UICN - (1988)

	Nb espèces décrites
Oiseaux	270 nicheurs - 83 migrateurs
Mammifères	113
Reptiles	37
Amphibiens	30
Poissons (eaux douces)	76
Insectes	35 200
Végétaux	4 900
Invertébrés et micro-organismes	Plusieurs dizaines de milliers

*Inventaire des espèces vivantes en France aujourd'hui* Source : MNHN - (1998)

### III - L'érosion de la biodiversité

- La **biodiversité** n'est pas quelque chose de figé. Elle évolue aussi bien dans le temps que dans l'espace.
- L'expression « **érosion de la biodiversité** », signifie que le **nombre d'espèces diminue**, que le **patrimoine génétique s'appauvrit**, que des **écosystèmes** ou des **habitats disparaissent**.
- Les biologistes s'accordent généralement sur l'**hypothèse** d'une phase actuelle d'**érosion considérable** de la **biodiversité**.
- En d'autres termes, la Terre se trouve confrontée à une **période exceptionnelle** pendant laquelle une **quantité énorme d'espèces** pourraient **disparaître**.
- Mais ce n'est pas la première fois que notre planète connaît de pareils événements.
- Les **mécanismes** de ces **disparitions** sont **multiples, complexes** et de ce fait **difficiles à cerner**.

#### A) Les extinctions de masse du passé

##### MESSAGE PRINCIPAL

- Au cours de l'histoire de la vie sur Terre, il y a eu **5 précédentes extinctions de masse**.
- A la suite de chaque extinction de masse, le **nombre d'espèces s'est reconstitué lentement** au bout de **plusieurs millions d'années** (entre 5 et 10 en moyenne).
- A la différence de l'**extinction de masse actuelle**, les précédentes n'ont pas été provoquées par les **hommes**.

- La **vie** serait apparue sur notre planète il y a environ **3,5 milliards d'années**.
- L'histoire de la vie sur Terre est marquée par quelques **événements décisifs** pendant lesquels d'**énormes quantités d'espèces** se sont éteintes.
- Ces événements sont décrits sous le nom d'**extinctions de masse**.
- Au cours de l'histoire de la vie sur Terre, il y aurait eu **5 extinctions de masse**.
- Ces extinctions de masse ont eu lieu aux **périodes suivantes** :
  - Il y a **440 millions d'années** (ère primaire : de l'Ordovicien au Silurien)
  - Il y a **350 millions d'années** (ère primaire : au début du Carbonifère)
  - Il y a **250 millions d'années** (ère primaire : à la fin du Permien)
  - Il y a **206 millions d'années** (ère secondaire : du Trias au Jurassique)
  - Il y a **65 millions d'années** (ère secondaire : à la fin du Crétacé)

- L'extinction de masse la **plus dévastatrice** est celle datant de **250 millions d'années**, à la fin de l'époque géologique permienne.
- A ce moment-là, environ **80 à 90%** de toutes les **espèces marines** ont disparu.
- L'extinction de masse la **plus célèbre** a eu lieu il y a **65 millions d'années**, à la fin du crétacé et au début des périodes tertiaires.
- A ce moment-là, le dernier **dinosaure** (à l'exception des oiseaux) a disparu.
- Ces extinctions de masse n'ont pas été provoquées par les **hommes** dont l'évolution n'avait pas encore commencé.
- Les scientifiques ont envisagé **plusieurs causes** possibles qui pourraient expliquer les différentes extinctions de masse :
  - *Le changement climatique*
  - *L'augmentation de l'activité volcanique*
  - *Les variations du niveau des mers et océans (eustatisme)*
  - *Les répercussions sur l'atmosphère de l'impact d'un astéroïde (cas probable de l'extinction des dinosaures)*
- Au cours de ces extinctions de masse, **certains groupes d'organismes** ont disparu, alors que **d'autres ont subsisté**, apparemment indemnes.
- **Après** chaque extinction de masse, le **nombre d'espèces** s'est **reconstitué** au bout de **plusieurs millions d'années**.
- En revanche, **après** chaque extinction, de **nouveaux organismes évoluent** et **colonisent** la Terre.
- Par exemple, quand les **dinosaures** dominaient la planète, il n'y avait seulement que quelques genres de **petits mammifères** dans leur voisinage.
- Mais après leur disparition, de **nouvelles espèces de mammifères** ont pu **évoluer**.
- Ces espèces ont commencé à s'installer dans de **nouveaux habitats** en affichant de **nouveaux comportements**.
- En réalité, l'évolution de **notre propre espèce** a été l'une des conséquences de cette grande **diversification des mammifères**.



## B) Vers une 6<sup>ème</sup> extinction de masse ?

### MESSAGE PRINCIPAL

- Beaucoup d'études indiquent qu'un nombre non négligeable d'**espèces disparaissent** actuellement à une vitesse extrêmement **rapide**.
- Nous en serions au **début** d'une **nouvelle extinction de masse**.
- Celle-ci serait probablement l'extinction de masse **la plus rapide** de l'histoire de la Terre.
- A la différence des extinctions de masse précédentes, l'actuelle serait directement imputable aux **activités humaines**.

- Beaucoup de biologistes pensent aujourd'hui que nous nous dirigeons vers la **perte de nombreuses espèces**.
- Certains estiment même que la Terre en est au **début d'un processus** d'extinction de masse, peut-être **le plus rapide** de toute son histoire.
- De même que pour l'évaluation du nombre total d'espèces, les **taux d'extinction** ne sont que des **évaluations**.
- Mais, même dans le cas des **évaluations les plus optimistes**, les espèces s'éteignent à un **taux vertigineux**.
- **Exemples :**
  - *Environ 20% des espèces d'oiseaux existant il y a 2000 ans ont disparu*
  - *Parmi les espèces d'oiseaux survivantes, on estime que 10% sont menacées, c'est-à-dire en **danger d'extinction***
  - *Environ 20% des espèces de **poissons d'eau douce** encore présentes récemment ont disparu ou se sont presque éteintes aujourd'hui*
  - *En 1998, les scientifiques ont annoncé qu'**1/8<sup>ème</sup>** des espèces mondiales de **plantes** est menacé d'extinction...*
- La principale cause de cette extinction de masse semble être imputable à l'ensemble des activités humaines.
- Les disparitions d'espèces les plus « dévastatrices » et les plus « évidentes » se produisent dans les régions tropicales.
- Il s'agit surtout des forêts ombrophiles (forêts pluvieuses ou « rain forest ») qui dans de très nombreux cas sont exploitées, brûlées ou coupées.
- On estime qu'en un peu moins de 4000 ans, plus de la moitié des forêts pluvieuses ont été détruites.
- Selon le biologiste E.O. Wilson, les pertes annuelles sont de 27 000 espèces (en grande partie dans les forêts pluvieuses, mais pas exclusivement), avec une moyenne de 74 espèces par jour, 3/heure.

## Erosion de la biodiversité

La biodiversité s'appauvrit à une vitesse stupéfiante. Tigres, abeilles, conifères... 39% des espèces vivantes aujourd'hui sont sérieusement en danger d'extinction.

Article du Hors-série de Capital.  
Avril 2008



**A** lerte, la biodiversité est en danger ! L'Union internationale pour la conservation de la nature, l'organisme de référence qui étudie dans le détail l'évolution de plus de 41 000 espèces végétales et animales (parmi les 3,9 millions recensées), estime que 16 000 d'entre elles, soit 39%, sont menacées d'extinction à plus ou moins long terme. La France n'y échappe pas : on y trouve 641 espèces en danger. Des insectes aux mammifères, des champignons aux fleurs et des algues aux poissons, un animal ou une plante disparaît actuellement de la planète toutes les vingt minutes, principalement à cause des activités humaines. Un rythme étourdissant, 100 fois plus rapide qu'avant la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, et qui le sera probablement 10 000 fois plus en 2050, car il tend à s'accroître. La faune et la flore sont d'autant plus vulnérables que les zones vierges (pas encore colonisées par l'homme) se raréfient ou rétrécissent : elles ne représentent plus que 17% de la surface émergée du globe. Ce phénomène n'a rien d'anecdotique. Il met en péril l'équilibre de notre écosystème et compromet la recherche dans de nombreux domaines (par exemple, la moitié de nos médicaments proviennent de substances naturelles).

**- 90%** La baisse du nombre de chimpanzés africains depuis 1985. La déforestation, le braconnage et la multiplication des mines à ciel ouvert déciment les grands singes. Les chimpanzés ne seraient aujourd'hui plus que 100 000 dans toute l'Afrique, contre 1 million en

1960. Hécatombe aussi chez les gorilles des montagnes : moins de 200 individus adultes survivent dans l'est africain. Quant aux bonobos, on n'en compte plus que 5 000 au nord de la République démocratique du Congo, contre 100 000 en 1985, avant la guerre civile. Avec l'orang-outan de Sumatra et Bornéo, c'est le singe le plus menacé. Vers 2020, ces deux espèces, bien qu'elles soient théoriquement protégées, auront probablement disparu à l'état sauvage.

**5 milliards de dollars, le "chiffre d'affaires" annuel du trafic d'animaux sauvages.** La demande est telle pour certains produits d'origine animale (peaux de crocodiles, défenses d'éléphants, laine de vigogne, crinières de lions, carapaces de tortues...) que, malgré les protections officielles, le commerce illégal d'animaux sauvages ne s'est jamais aussi bien porté. Selon l'ONG Wildlife, son «chiffre d'affaires» avoisinerait aujourd'hui 5 milliards de dollars par an, à peine moins que le trafic de stupéfiants. D'où le déclin spectaculaire de certaines espèces : en un siècle, le nombre des éléphants d'Afrique est tombé de 10 millions à 500 000, celui des antilopes du Tibet de 1 million à 75 000. Le braconnage est devenu tellement massif qu'il déclenche parfois des troubles de comportement chez les animaux. Une baisse de la fécondité chez certaines espèces, des pulsions agressives inattendues chez d'autres. Ainsi a-t-on observé récemment pour la première fois de jeunes éléphants africains attaquer et tuer des rhinocéros.

Suite page 26 ▶

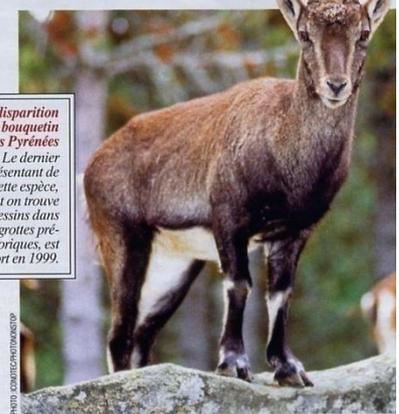
## La baisse du nombre d'abeilles met en péril la pollinisation des plantes

► Suite de la page 25 experts y voient le signe que ces animaux, traqués par les chasseurs, ont perdu leurs repères.

**6 espèces d'ours sur les 8 existantes risquent de disparaître.** Les ours ne seront-ils bientôt plus visibles que dans les magasins de jouets et les chambres de nos enfants ? La menace que la fonte de la banquise fait peser sur les 25 000 ours polaires de l'Arctique est bien connue. On sait moins que cinq autres espèces courent le même risque à moyen terme : le panda géant, l'ours andin, l'ours lippu, l'ours noir d'Asie et l'ours malais. Ce dernier, présent en Asie du Sud-Est, vient d'être classé «vulnérable» par l'IUCN à la suite de comptages indiquant une baisse de 30% des effectifs depuis 1980, due notamment au braconnage intensif et à la déforestation. Seules deux espèces d'ours sont hors de danger pour l'instant : l'ours noir américain et l'ours brun.

**33% des espèces de conifères sont en danger.** Agents actifs de la biodiversité, les végétaux, sources irremplaçables de nourriture et de matériaux de construction, ne bénéficient pas du respect qu'ils méritent. Selon l'IUCN, le nombre d'espèces d'arbres et de plantes en danger aurait augmenté de 60% entre 1996 et 2004, atteignant un total de 8 300, dont près de 1 500 seraient dans une situation criti-

**La disparition du bouquetin des Pyrénées**  
Le dernier représentant de cette espèce, dont on trouve des dessins dans les grottes préhistoriques, est mort en 1999.



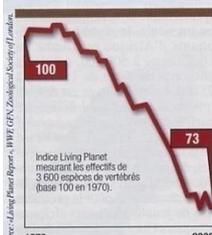
que. Certes, l'étude ne porte que sur une petite partie des végétaux recensés dans le monde, mais l'évolution n'en est pas moins inquiétante, d'autant qu'elle est confirmée par l'examen exhaustif de certaines espèces faciles à observer. C'est le cas notamment des gymnospermes, qui correspondent en gros à la famille des conifères (sapins, épicéas, mélèzes, ifs, séquoias...), dont 305 variétés sur 908 seraient aujourd'hui menacées.

Vingt-trois d'entre elles sont classées par l'IUCN dans la catégorie «extinction imminente».

**70% des abeilles ont disparu sur certaines parties de la côte ouest des États-Unis.** 80% des plantes à fleurs et 35% de l'alimentation humaine ont besoin de la pollinisation des abeilles. Et près de 100% des espèces aromatiques, des arbres fruitiers, bon nombre de légumes, l'arachide ou encore l'amandier. D'où l'inquiétude suscitée par la diminution spectaculaire du nombre d'abeilles depuis 2000 : jusqu'à -60% sur la côte est des États-Unis, -70% par endroits sur la côte ouest, et jusqu'à -90% dans certaines régions d'Europe. Les experts s'interrogent sur les causes de cet «effondrement des colonies». La piste des OGM ayant été abandonnée, on soupçonne un affaiblissement de l'immunité due à un champignon ou à un virus. Les pesticides, qui font perdre le sens de l'orientation aux abeilles, ont aussi une part de responsabilité. ♦

### UN QUART DE LA FAUNE EN MOINS DEPUIS 1970

Mis au point par WWF, Global Footprint Network et la Société zoologique de Londres, l'indice Living Planet montre que, en un tiers de siècle, les populations de 3 600 espèces de vertébrés (terrestres, d'eau douce et marins) ont baissé en moyenne de 27%.



## C) Les principales menaces envers la biodiversité

### MESSAGE PRINCIPAL

- Les espèces mondiales sont **menacées** pour de nombreuses **raisons** telles que :
  - *La perte et la détérioration de leur habitat*
  - *L'introduction d'espèces non-indigènes*
  - *Le changement climatique*
  - *D'autres causes non encore identifiées*
- Le **nombre** toujours **croissant** d'**humains** sur Terre intensifie la majorité, si ce n'est la totalité, des **défis** lancés pour la persistance de la biodiversité.

### ① **La perte et la détérioration de l'habitat**

- La **destruction** et l'**altération** des lieux de vie des espèces constituent la **plus grande menace** envers la biodiversité.
- Le **problème** se pose à **deux niveaux** :
  - *La destruction (disparition) pure et simple et donc définitive de l'habitat*
  - *La détérioration ou dégradation de l'habitat*
- Les deux phénomènes aboutissent généralement au même résultat : un **appauvrissement**, une **banalisation** des **espaces** et des **espèces** qui les peuplent.
- Les **mécanismes** en cause : l'expansion des zones urbaines, suburbaines, agricoles, industrielles et commerciales...
- Même les **espaces protégés** sont victimes de leur (sur)fréquentation : **piétinement**, **dérangement**...



## ② Les espèces non-indigènes introduites

- L'introduction volontaire ou accidentelle d'espèces allochtones peut causer l'extermination d'espèces indigènes (ou autochtones).
- De nombreux exemples dans le monde le prouvent.
- **Exemple 1** : le Lac Victoria en Afrique équatoriale (Kenya, Ouganda et Tanzanie).

→ *C'est le quatrième plus grand lac au monde en terme de superficie (avec 68 100 km<sup>2</sup>).*

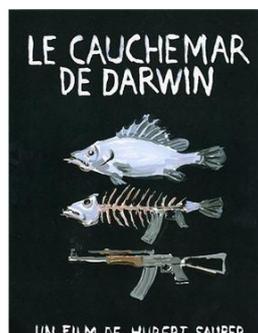
→ *Il comprenait il y a une vingtaine d'année encore, plus de 300 espèces autochtones de cichlidés\* qui ont évolué pendant 10 000 ans, contribuant à faire de ce lac un véritable trésor de biodiversité des poissons.*

→ *A ce jour, on dénombre moins de la moitié de ces espèces et, parmi celles qui ont survécu, plusieurs sont menacées d'extinction.*

→ *La **perche du Nil** (*Lates niloticus*), prédateur vorace, introduite dans ce lac car très appréciée des pêcheurs et des amateurs de poissons, est en grande partie responsable de l'extinction des espèces de cichlidés.*

*\* Exemples de cichlidés (poissons souvent utilisés en aquariophilie) : le scalaire, l'oscar ou encore le discus, le Poisson clown, le Poisson perroquet...*

- **Exemple 2** : sur l'île de Guam, dans l'archipel des Mariannes en Micronésie.
  - *Introduction accidentelle du **serpent brun arboricole** (*Boiga irregularis*) par des avions américains provenant de Nouvelle-Guinée où cette espèce vit naturellement.*
  - *Redoutable prédateur, ce serpent a sévèrement réduit le nombre d'oiseaux dans la forêt de Guam en faisant disparaître 9 des 11 espèces d'oiseaux forestiers de l'île.*
  - *De nombreux spécialistes considèrent le serpent brun arboricole comme le symbole parfait des problèmes causés par les espèces envahissantes dans le monde.*

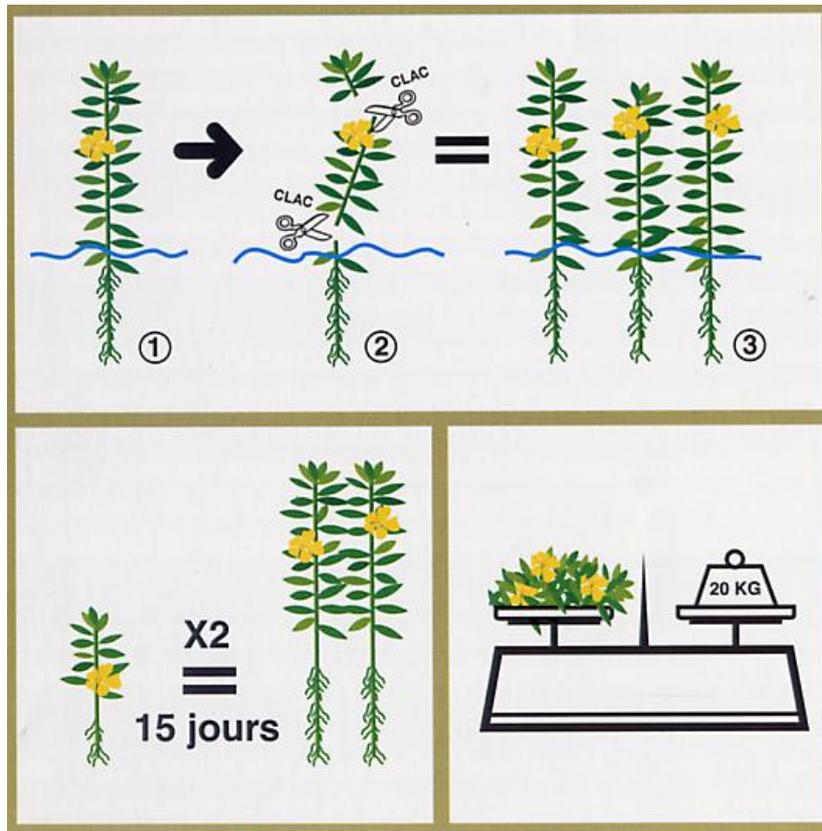


- **Exemple 3** : les jussies en France (*Ludwigia spp.*).

- Les **jussies** sont des plantes **amphiphytes** (amphibies) originaires d'Amérique du Sud, introduites « accidentellement » en France, mais dont la dispersion ultérieure a probablement été largement accrue par des **introductions volontaires** pour leurs qualités ornementales afin d'agrémenter les bassins extérieurs.
- Les premières observations ont été faites dans le Languedoc vers 1820-1825, d'autres près de Bayonne prouvent la présence de la jussie vers 1895, puis son implantation s'est faite progressivement dans le **sud** et le **sud ouest** de la France. La répartition des jussies a connu une extension vers le **nord** depuis environ 3 décennies.
- Les jussies sont des **Onagracées** (ou onagres). **Deux espèces** de jussies exogènes sont généralement reconnues en France : la jussie rampante, *Ludwigia peploides* (ou *Jussiaea repens* L. var. *glabrescens*) et la jussie à grandes fleurs, *Ludwigia uruguayensis* (ou *Jussiaea grandiflora*).
- Elles posent de **grands problèmes de gestion** dans les zones humides où elles **prolifèrent** et sont considérées comme **envahissantes** dans de nombreuses régions depuis les années 1970.
- La colonisation des milieux par la jussie provoque des **impacts importants** sur les habitats, la flore et la faune.
  - En ce qui concerne les **impacts physico-chimiques**, on note que les herbiers émergés denses de jussies modifient les cycles d'oxygène dissous et de Ph en provoquant une **désoxygénation** (anoxie) des milieux aquatiques et des risques de mortalité pour les peuplements de poissons.
  - La production conséquente de matière organique favorise également le **comblement** des milieux (**atterrissements**).
  - Par ailleurs, l'implantation des jussies provoque une **compétition** avec les plantes indigènes et induit une **banalisation** des habitats pour la faune (évolution vers des formations paucispécifiques, voire monospécifiques).



## Le pouvoir invasif des Jussies (Ludwigia spp.)



Originaires d'Amérique du Sud, les Jussies ont été introduites et employées, entre autres, pour leurs qualités environnementales dans les bassins d'agrément, depuis un peu plus d'un siècle. D'abord observée vers 1820-1830 sur les rives du Lez du côté de Montpellier et à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, à Bayonne, leur extension s'est ensuite poursuivie dans nos contrées. Elle n'a pas encore de caractère proliférant, qui se développe brusquement dans les années 1990.

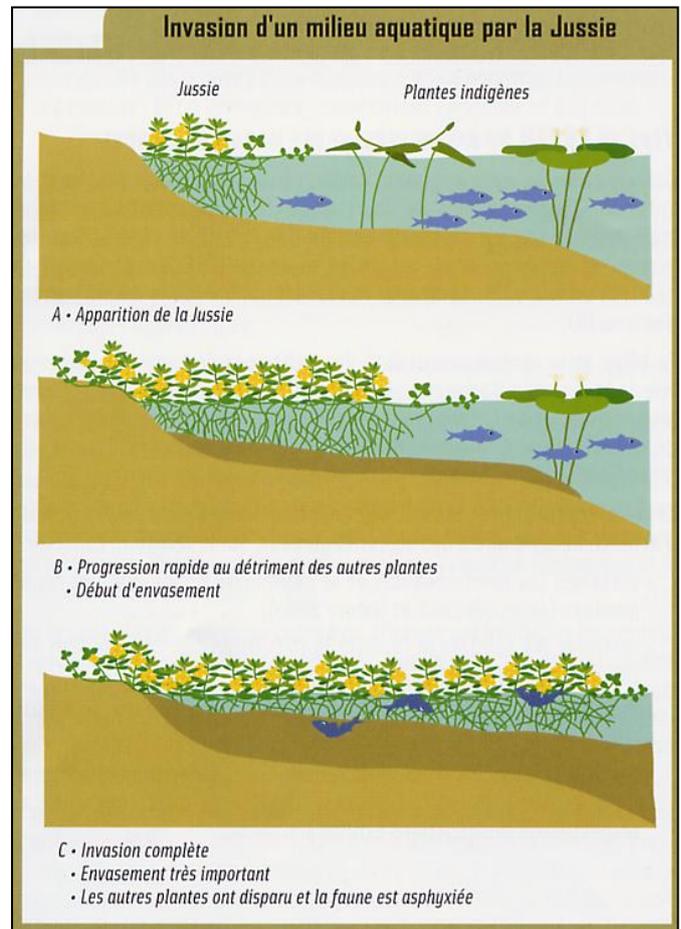
La Jussie est une plante aquatique flottante, munie de grandes fleurs jaunes lumineuses propres à égayer les bassins d'agrément. D'abord cantonnée aux plans d'eau d'ornement, elle a progressivement colonisé les rivières et les marais.

Elle se développe dans les eaux stagnantes ou peu courantes : plans d'eau jusqu'à 3 mètres de profondeur, parties lentes des cours d'eau, fossés, marais, rives (figure 1). La prolifération de la Jussie s'explique par :

- > sa croissance rapide (plusieurs mètres en un seul été : 1 mètre d'herbier de jussies au début de l'été = 13 mètres à la fin de l'été),
- > ses nombreuses ramifications, pouvant dépasser des longueurs cumulées de plusieurs dizaines de mètres,
- > son bouturage très facile (figure 2),
- > sa dispersion au fil de l'eau,
- > sa résistance à plusieurs semaines de sécheresse,
- > la survie de ses racines (rhizomes) dans la vase pendant l'hiver,
- > l'absence de prédateurs,
- > sa grande facilité d'adaptation au milieu.

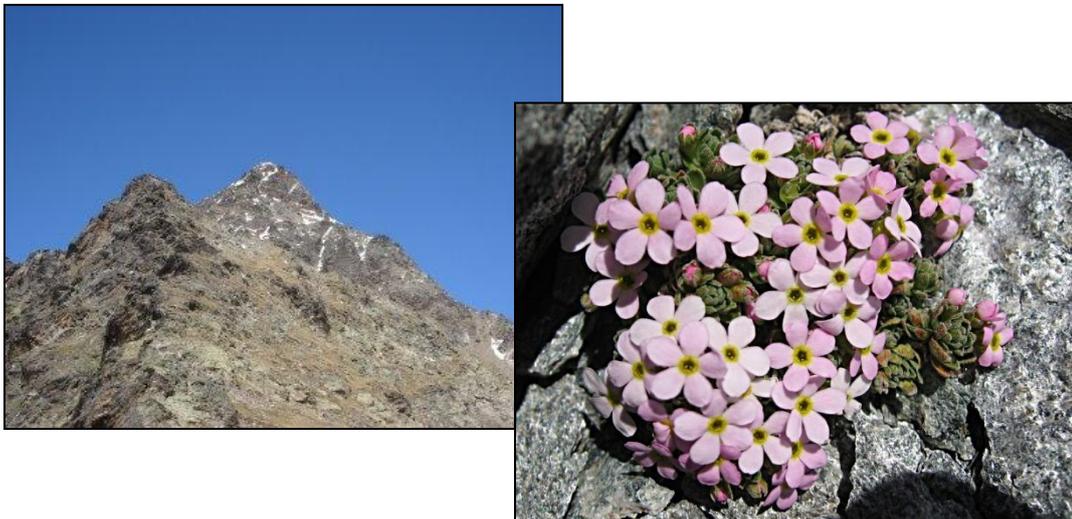
**En pleine période de végétation, la biomasse totale d'un herbier peut pratiquement doubler en trois semaines ! D'où l'intérêt d'intervenir le plus précocement possible dans la saison.**

Les nuisances occasionnées sont nombreuses et communes à tout type de développement de plante à caractère proliférant : perte de la biodiversité, accélération du comblement et de l'envasement, obstacle à la circulation de l'eau, perturbation des usages et altération de la qualité de l'eau sont autant de conséquences préjudiciables à l'écosystème en place (figures 3 et 4).



### ③ Les changements climatiques

- Les **changements climatiques** (observables et mesurables aujourd'hui) constituent un autre type de **menace** qui affecte différentes espèces.
- De nombreux exemples illustrent ces modifications qui se traduisent la plupart du temps par une **érosion de la biodiversité**.
- Exemple en Autriche où des biologistes ont observé que des **communautés entières de plantes alpines** se déplaçaient lentement pour atteindre des altitudes où la température est **plus fraîche**.
- Cette « **migration** » vers le haut se ferait apparemment en réponse au réchauffement global.
- Ces plantes migrent en hauteur à une altitude moyenne d'environ **1 mètre par décennie**.
- C'est pourquoi, si ce réchauffement se poursuit, elles n'auront plus la possibilité de migrer plus haut et s'éteindront inévitablement.



#### « Les plantes qui ne peuvent aller nulle part »

L'**Androsace alpine** (*Androsace alpina*) est une Primulacée **endémique** des Alpes, vivant sur sol toujours siliceux (éboulis fixés, les moraines, rocailles...) entre 2200 et 3400 mètres d'altitude. Elle est intégralement **protégée au niveau national**. Elle fait partie de la communauté des plantes capables de « migrer » sur les flancs des hautes montagnes alpines. Par exemple, sur le Mont Hohe Wilde dans les Alpes autrichiennes, cette fleur sauvage migre vers le haut à une hauteur de **2 mètres tous les 10 ans**. Les chercheurs estiment que, si le réchauffement global continue, cette espèce disparaîtra prochainement car elle ne pourra pas aller plus haut sur la montagne.

## D) L'hypothèse des « rivets »

- Selon l'**hypothèse des « rivets »**, les **écosystèmes** pourraient **s'effondrer rapidement et inopinément** (de façon « imprévue »).
- Bien que l'augmentation du nombre d'espèces ait permis à des écosystèmes « expérimentaux » de **mieux fonctionner** et d'être **plus stables** (Cf. Partie suivante), des questions demeurent :
  - « *Quel est le nombre d'espèces requis pour éviter l'effondrement d'un écosystème ?* »
  - *Autrement dit : « Avons-nous vraiment besoin d'avoir toutes ces espèces ? »*
- L'hypothèse des « rivets » apporte une **proposition de réponse**.
- Elle suggère que la **disparition de quelques espèces** dans un écosystème ne doit pas l'affecter tout de suite, à l'image de la **perte de quelques rivets d'un avion** qui peut passer totalement inaperçue.
- Cependant, après la **perte d'un grand nombre de rivets**, l'avion ne peut continuer à voler et **s'écrase inévitablement** sur le sol.
- De même que la perte de rivets conduit au « crash » de l'avion, l'**extinction d'un grand nombre d'espèces** d'un écosystème pourrait causer sa « **désintégration** ».
- Ainsi, quelques espèces pourraient disparaître sans effet apparent, mais ce ne serait qu'à partir d'un **certain niveau d'extinctions spécifiques** que l'écosystème pourrait s'effondrer de manière brutale et inattendue.
- Cette hypothèse a été formulée pour la première fois par **Paul Ehrlich**, un écologue de l'Université de Stanford aux Etats-Unis.



## IV - L'importance de la biodiversité

- Une première question très fréquente intéresse à la fois les scientifiques et le « grand public » : la disparition d'une espèce fait-elle vraiment défaut à l'humanité, est-elle réellement préjudiciable à la biosphère ?
- Une autre question intéresse tout particulièrement les biologistes : qu'apporte la biodiversité aux écosystèmes ?

### A) La biodiversité fournit beaucoup de produits à la société humaine

- De nombreuses espèces sur Terre fournissent à l'humanité une multitude de **produits** et de **biens indispensables** à nos **activités** et à nos **besoins**.

#### ① **De la nourriture** :

- Une grande quantité de **plantes** cultivées sont en réalité des espèces sauvages domestiquées par les hommes.
- Idem pour le **bétail** (animaux d'élevage).
- La recherche agronomique « puise » constamment dans la nature pour « créer » les aliments de demain.
- Exemple : les scientifiques qui cherchent à augmenter la douceur des tomates vont chercher cette caractéristique chez la plante sauvage pour réaliser un croisement avec les plantes domestiques.
- Les **insectes** apportent la ration protéinique à de nombreux peuples dans le monde...

#### ② **Des médicaments** :

- **Un quart** de l'ensemble des médicaments prescrits et distribués dans les pharmacies est extrait à partir de **végétaux**.
- Presque autant provient des **animaux**, des **mycètes**, ou d'organismes microscopiques tels que les **bactéries**.
- La **quinine**, utilisée dans les traitements **antipaludiques**, est extraite d'une plante appelée le **quinquina jaune** (*Cinchona calisaya*).
- Le **taxol**, médicament important dans la **chimiothérapie anticancéreuse**, provient de l'if (*Taxus baccata*).
- Le **bromelain**, groupe d'enzymes utilisé dans le contrôle des **processus inflammatoires**, vient des **ananas** (*Ananas comosus*)...

#### ③ **Des matériaux de construction et des vêtements** :

- Le **bois** fourni par différentes espèces d'**arbres**, est utilisé pour la construction des **habitations**, des **meubles** et de la **pâte à papier**.
- De nombreuses espèces animales et végétales fournissent la matière première servant à la fabrication de nombreux **vêtements** : **coton**, **lin**, **laine**, **alpaga**...

- La **découverte** de **nouvelles espèces**, jusque-là inconnues, nous permettra sans doute de trouver de **nouveaux médicaments, aliments, matériaux** et autres **biens indispensables**.
- C'est pourquoi il est **nécessaire** de les **découvrir** et de les **préserver** avant qu'elles ne disparaissent (comme c'est déjà le cas du crapaud doré du Costa Rica).

## **B) La biodiversité augmente la productivité des écosystèmes**

- De l'**état des écosystèmes** dépendent les **conditions de vie** de nombreuses espèces dont la notre (quantité d'O<sub>2</sub> produite, qualité de l'eau, nourriture...).
- De nombreuses expérimentations ont démontré que la **biodiversité** rend les écosystèmes **plus productifs**.
  - *Une plus grande **diversité spécifique** augmente la « productivité » d'un écosystème.*
  - *La **productivité** d'un écosystème traduit la masse réelle de matière végétale (les racines, les feuilles, les tiges et les fruits) qu'une parcelle de terrain peut produire.*
  - *Cette quantité de matière produite est appelée **biomasse** : quantité totale de **matière vivante** (végétale et/ou animale), donnée en **unité de masse** (par unité de temps), contenue dans un milieu naturel donné.*
  - *Les chercheurs qui ont analysé un panel d'écosystèmes ont constaté que plus il y a de biodiversité, plus les écosystèmes tendent à être productifs.*
- Exemple du programme européen **Biodepth**.
- D'autres expérimentations ont également démontré que la biodiversité rend les écosystèmes **plus stables, moins fragiles** (plus fortes **résiliences** et **inerties** face aux perturbations).
- Mais dans ces différents domaines, nous n'en sommes qu'au début des connaissances et de nombreuses découvertes.

### **Arguments en faveur de la préservation de la biodiversité :**

- **Les arguments scientifiques**
- **Les arguments socio-économiques**

- En raison de l'importance « économique » et « vitale » de la Nature dans nos besoins et nos activités, on la qualifie souvent « **d'or sauvage** ».

## Document 6 : Programme européen BIODDEPTH

**BIODDEPTH** est l'acronyme de: *BIODiversity and Ecological Processes in Terrestrial Herbaceous ecosystems* (biodiversité et processus écologiques dans les écosystèmes herbacés terrestres).

C'est le nom d'un programme européen conclu en 1999, qui a associé 34 scientifiques d'une douzaine d'équipes européennes pour mesurer expérimentalement et *in situ*, et de manière standardisée l'importance fonctionnelle de la biodiversité pour la productivité des prairies européennes.

L'étude a porté sur des parcelles expérimentales caractérisées par des climats et sols variés, dans huit pays d'Europe, de la Grèce à la Suède.

Sur ces sites, l'impact de la perte de diversité en espèces végétales sur la productivité primaire a été simulé en plantant des communautés végétales plus ou moins riches.

### **RESULTATS**

Les résultats montrent une très nette corrélation entre la réduction du nombre d'espèces et la diminution de la biomasse aérienne. Le nombre d'espèces de plantes par parcelle, mais aussi leur appartenance à différents types (graminées, légumineuses fixatrices d'azote, herbes non fixatrices d'azote...) jouaient chacun un rôle majeur pour le bon fonctionnement et la productivité des écosystèmes.

Sur un site donné et pour un nombre d'espèces donné, les communautés possédant un moins grand nombre de groupes fonctionnels se montrent moins productives, probablement en raison de la complémentarité écologique des différentes espèces, mais aussi d'interactions positives entre elles.

En novembre 1999, l'étude a conclu (dans la revue *Science magazine*) que la perte de biodiversité des prairies européennes engendrait bien une perte très importante de productivité végétale, ainsi qu'une diminution de la quantité d'énergie disponible pour le réseau trophique (pyramide alimentaire), en menaçant aussi la santé des écosystèmes prairiaux et en dépendant.

La préservation et la restauration de la biodiversité sont donc utiles pour maintenir la productivité des prairies.

- *La diminution de moitié du nombre d'espèces végétales a entraîné une baisse de productivité végétale d'environ 80 g par m<sup>2</sup> en moyenne.*
- *La diversité n'est pas tout : les rendements sont encore meilleurs quand les plantes ont des caractéristiques fonctionnelles variées.*
- *La suppression d'un seul groupe fonctionnel produit une chute de productivité moyenne d'environ 100 g par m<sup>2</sup>.*
- *Ces résultats valent pour les huit types différents de prairies européennes testés par l'étude, ce qui laisse penser qu'ils sont extrapolables à l'échelle du continent (une étude nord américaine pilotée par David Tilman de 1982 à 1999 arrivait au même résultat)*

## Notions fondamentales à retenir :

- Sommet de la Terre (Conférence de Rio en 1992)
- Directive Habitats Faune Flore (CE 1992)
- Sommet européen de Göteborg (2001)
- Diversité spécifique
- Diversité génétique
- Diversité de « structure »
- Diversité de « fonctionnement »
- Diversité écosystémique
- Biodiversité « sauvage »
- Biodiversité « domestique »
- « Hot spot » de la biodiversité
- Extinction de masse
- Erosion de la biodiversité
- Hypothèse des « rivets »



# RESUME DU THEME 4

## → Combien y a-t-il d'espèces sur Terre aujourd'hui ?

- Les scientifiques ne connaissent pas le nombre exact d'espèces sur Terre aujourd'hui.
- En utilisant des méthodes indirectes, les scientifiques ont estimé le nombre total d'espèces ; la plupart de ces estimations situe ce nombre entre 3 et 30 millions.
- Une grande partie de ces espèces demeure inconnue.
- Parmi les 1,5 million d'espèces déjà découvertes et nommées, environ la moitié sont des insectes.

## → Les extinctions de masse du passé

- Au cours des précédentes 5 grandes extinctions de masse sur Terre, des millions d'espèces ont été éliminées, entraînant une altération de la biodiversité sur la planète.
- Les extinctions de masse précédentes n'ont pas été provoquées par l'homme.
- Après chaque extinction de masse du passé, le nombre d'espèces sur Terre s'est lentement reconstitué pendant des millions d'années.

## → Les débuts de l'actuelle extinction de masse

- Bien qu'il soit difficile de mesurer avec précision le nombre d'espèces disparues et le taux d'extinction, de nombreux indices montrent que la Terre en est aux prémices d'une extinction de masse qui pourrait s'avérer être l'extinction la plus rapide de l'histoire du vivant.
- Les hommes sont en grande partie responsables de l'extinction de masse actuelle (directement ou indirectement).

## → Les nombreuses menaces envers la biodiversité

- La perte et la détérioration des habitats, l'invasion d'espèces non-indigènes et le changement climatique représentent actuellement les principales menaces envers la biodiversité.
- Plusieurs de ces menaces sont aujourd'hui le résultat de l'augmentation constante des populations humaines.

## → L'importance de la biodiversité

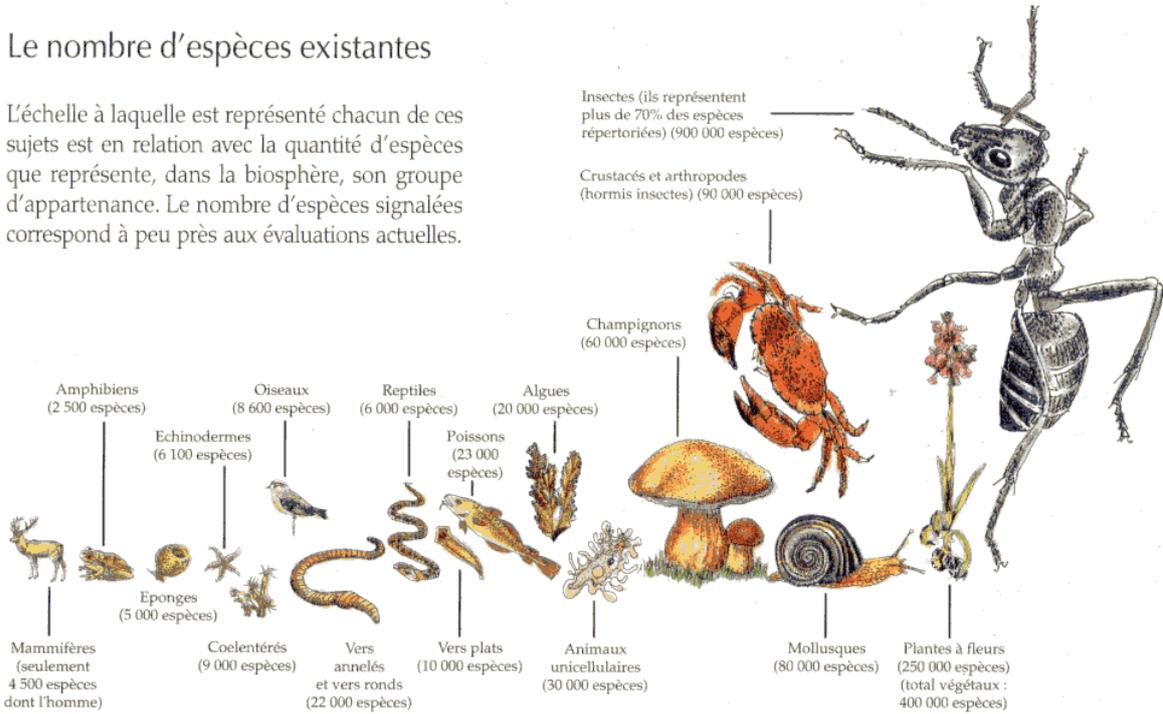
- L'humanité est dépendante de l'équilibre des écosystèmes, notamment pour l'apport en oxygène et en eau douce.
- La biodiversité peut rendre des écosystèmes plus productifs et plus stables.
- Selon l'hypothèse des « rivets », bien que la perte des espèces puisse ne pas avoir d'effet apparent, l'effet cumulatif de la disparition des espèces pourrait entraîner l'effondrement soudain et apparemment inexplicable des écosystèmes.
- Les nombreuses espèces sur Terre fournissent à l'humanité une multitude de produits, y compris sa nourriture, ses médicaments, des matériaux pour la construction de ses abris, de ses vêtements... C'est ce que l'on appelle parfois « l'or sauvage ».

**DOCUMENTS  
D'APPROFONDISSEMENT**

# LA BIODIVERSITÉ

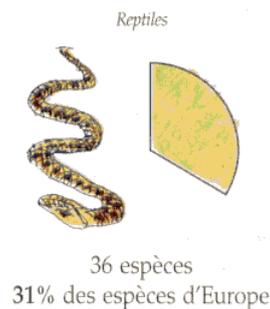
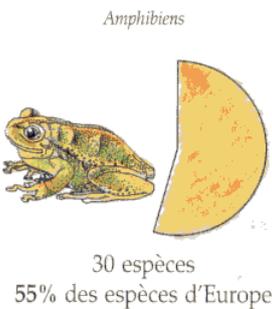
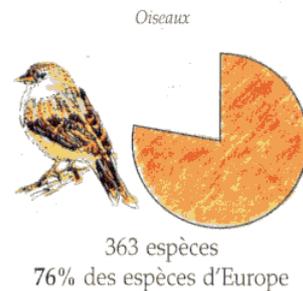
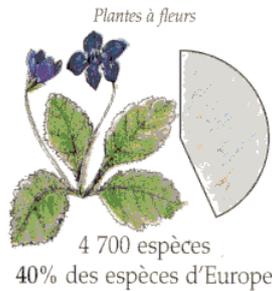
## Le nombre d'espèces existantes

L'échelle à laquelle est représenté chacun de ces sujets est en relation avec la quantité d'espèces que représente, dans la biosphère, son groupe d'appartenance. Le nombre d'espèces signalées correspond à peu près aux évaluations actuelles.



## Le patrimoine naturel de la France métropolitaine

Rapporté à celui de l'Europe, il apparaît comme très riche. Ces chiffres tirés d'un document du Ministère de l'environnement paru en 1993, sont réactualisés au fur et à mesure des inventaires



Et plus de 60 000 espèces d'insectes



## ■ LE PROCESSUS SCIENTIFIQUE

### *Le préambule à la théorie de l'origine de la vie : une expérience classique de biologie*

**A**u moment de la formation de la Terre, il y a 4,6 milliards d'années, la planète était dépourvue de vie. Les premiers organismes cellulaires ont vu le jour il y a 3,5 milliards d'années. Mais d'où provenaient ces premiers organismes et comment la vie sur Terre a-t-elle pris naissance à partir de la matière inanimée ? Ceci demeure l'une des questions scientifiques les plus débattues.

En se basant sur une quantité considérable de données expérimentales, les scientifiques ont formulé différentes hypothèses sur l'origine de la vie. Certains adhèrent à l'hypothèse selon laquelle la vie sur Terre trouverait son origine dans les sources chaudes au fond des océans. D'autres estiment que la vie proviendrait de volcans sous-marins ou de geysers d'eau chaude terrestres comme celui de Yellowstone (USA). D'autres encore suggèrent que des molécules fondamentales à l'élaboration de la vie ont pu se former dans l'univers et arriver sur Terre, transportées par des météorites. L'hypothèse la plus connue et la plus souvent admise est la théorie désignée sous le nom de « théorie de la soupe primitive » à l'origine de la vie.

En 1953, Stanley L. Miller, à l'époque étudiant universitaire, a réalisé une expérience qui est vite devenue célèbre et qui est considérée aujourd'hui comme une expérience classique de la biologie moderne. Il s'agissait d'un essai de reconstitution des conditions qui prévalaient sur la Terre primitive (mers chaudes et cieux remplis d'éclairs) afin de reconstruire les origines de la vie.

Pour simuler cette « soupe primitive », Miller a commencé par faire bouillir de l'eau en permanence. Cette eau s'évaporerait dans une atmosphère composée de méthane, d'ammoniac et d'hydrogène. De tels gaz, provenant d'anciens volcans, étaient abondants dans l'atmosphère primitive. Ensuite, Miller provoquait des décharges électriques dans cette atmo-

sphère artificielle, pour imiter la foudre, et condensait les vapeurs créant ainsi de la pluie qui ramenait tous les composés dissous dans l'eau bouillante. Pendant une semaine, grâce à un appareil ingénieux, Miller a laissé circuler l'eau dans un mouvement continu depuis la « mer bouillante », puis à travers les orages jusqu'au retour à la mer miniature.

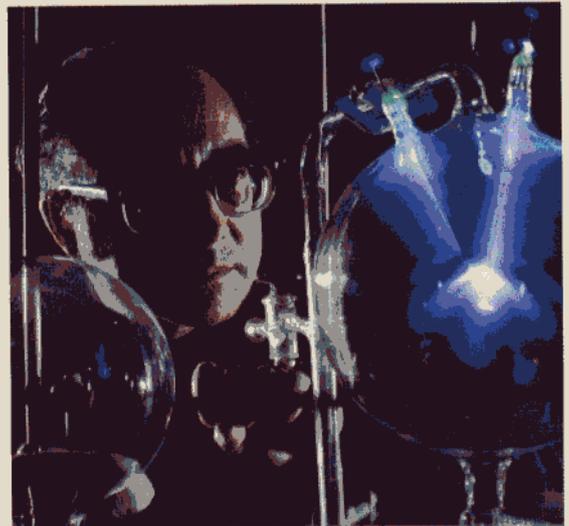
À la fin de cette semaine, en analysant le contenu de la soupe primitive, Miller y a retrouvé différents composés organiques, dont deux acides aminés qui constituent la base des protéines, et peuvent donc être considérés comme étant à l'origine de la vie. Depuis, de nombreux laboratoires ont repris les expériences de Miller en modifiant les conditions de l'atmosphère recréée. Ces expériences ont donné lieu à la formation d'autres molécules biologiques fondamentales y compris tous les acides aminés, les sucres, les lipides et les éléments constitutifs de l'ADN et de l'ARN.

L'importance de ce simple modèle de Miller repose sur la capacité de création des conditions existant sur Terre il y a des milliards d'années, ce qui permet aux scientifiques d'aujourd'hui d'étudier dans les laboratoires tous les processus fondamentaux.

Cependant de nombreuses questions demeurent : dans quelle mesure les conditions simulées dans les soupes primitives correspondent-elles aux conditions réelles de la Terre à ses origines ? Comment s'organisaient les précurseurs moléculaires pour former des molécules biologiques complexes ainsi que la pre-

mière cellule capable de capter de l'énergie et de se reproduire ? La première cellule flottait-elle libre dans la solution primitive ou alors était-elle déjà organisée sur une surface fixe comme celle des fonds océaniques ?

Les chercheurs essaient de répondre à ces questions en utilisant diverses méthodologies. Certains s'intéressent aux fossiles anciens en recherchant les premiers signes de la vie. D'autres étudient les arbres phylogénétiques de tous les êtres vivants afin de mieux comprendre le genre et les caractéristiques des organismes qui devaient être à l'origine de tous les autres. D'autres encore étudient des météorites ou d'autres objets extraterrestres, tout en cherchant la typologie de ce qui pouvait exister à la surface de la Terre à ses origines. Enfin, par quel procédé la Terre, planète chargée de roches et de cailloux, s'est-elle transformée en berceau de la vie ? Cette question reste encore la plus difficile et la plus exaltante de la Science.



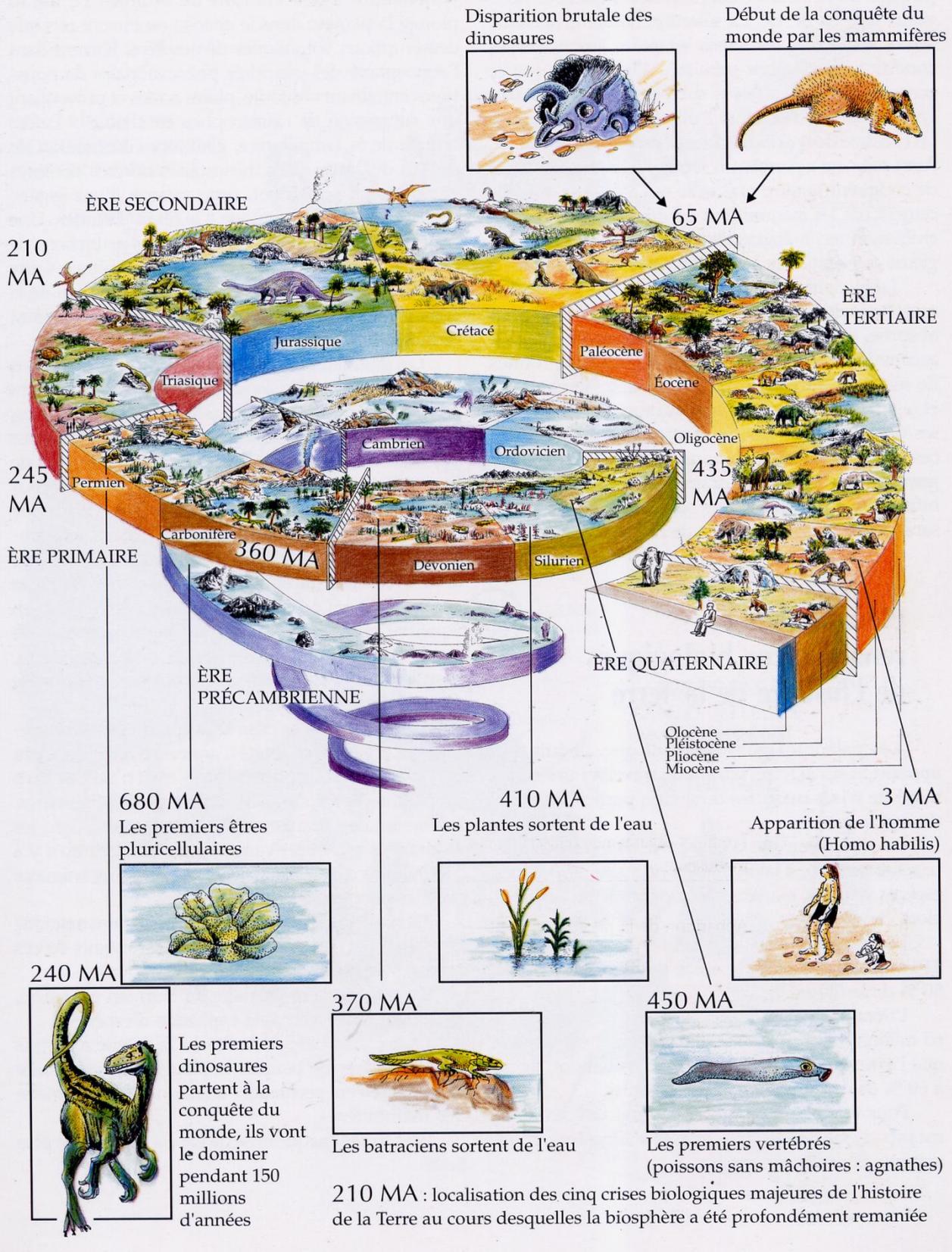
Stanley Miller avec l'appareil qu'il a utilisé pour préparer la soupe primitive, il y a plus de 50 ans.

# L'ÉCHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES

	années	Soit l'équivalent de	ou, sur un cycle de 24h
	Naissance du Christ	2 000	2 cm 24h
	Développement de l'agriculture	10 000	10 cm 23h59'59"
	Hommes de Néanderthal	100 000	1 m
	Les premiers outils élaborés	2,7 millions	27 m
	Premiers hommes (Homo habilis)	3 millions	30 m 23h58'51"
	Apparition des mammifères actuels	55 millions	550 m 23h39'09"
	Disparition des dinosaures	65 millions	650 m 23h35'22"
	Premiers oiseaux	150 millions	1,5 km
	Premiers mammifères	205 millions	2 km
	Les reptiles se lancent à la conquête du monde	240 millions	2,4 km 22h44'12"
	Les amphibiens sortent de l'eau	370 millions	3,7 km
	Premières plantes terrestres	400 millions	4 km 21h26'25"
	Premiers vertébrés (poissons sans mâchoires)	450 millions	4,5 km
	Apparition de la respiration	700 millions	7 km 19h34'44"
	Premiers organismes pluricellulaires (algues, méduses, ...)	1 milliard	10 km 17h41'06"
	Apparition de la photosynthèse	2 milliards	20 km 11h22'06"
	Apparition de la vie (premières algues et bactéries)	3,8 milliards	38 km 0h
	Formation de la Terre	4,7 milliards	47 km
	Formation de l'Univers	15 à 20 milliards	150-200 km

# QUELQUES GRANDS ÉVÉNEMENTS DE L'ÉVOLUTION

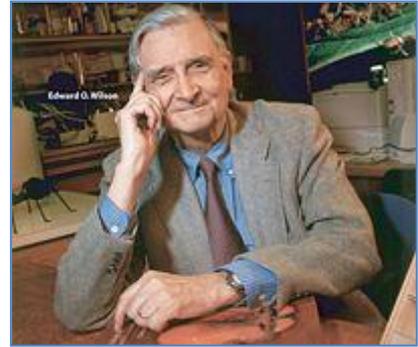
Sur cette spirale des ères géologiques, les datations sont exprimées en millions d'années



## Edward Osborne Wilson

**Edward Osborne Wilson**, né en 1929 à Birmingham, Alabama, est un entomologiste et un biologiste connu pour son travail en évolution et sociobiologie. Il est diplômé d'Harvard. Wilson est le grand spécialiste des fourmis, en particulier dans leur utilisation des phéromones comme moyen de communication.

Wilson a introduit le terme de biodiversité dans la littérature scientifique.



Wilson affirme que la préservation du gène, plutôt que de l'individu, est la clé de l'évolution (un thème exploré plus en détail par Richard Dawkins dans son ouvrage *Le gène égoïste*). Wilson a également étudié les extinctions massives du XX<sup>e</sup> siècle, et leurs relations avec la société moderne.

Wilson explique : « A présent, lorsque vous détruisez une forêt, une forêt ancienne en particulier, vous ne faites pas que supprimer des grands arbres et quelques oiseaux qui volent dans les feuillages. Vous mettez en grand danger un nombre important d'espèces sur une surface d'un mile carré autour de vous. Le nombre de ces espèces peut aller jusqu'à des dizaines de milliers. La plupart d'entre elles sont encore inconnues de la science, et nous ne connaissons pas encore le rôle probablement primordial qu'elles jouaient dans la préservation de cet écosystème, comme dans le cas des champignons, des microorganismes et de nombreux insectes. »

Wilson ajoute : « Abandonnons immédiatement la notion selon laquelle il suffit de conserver une petite portion de la nature originelle, quelque part, et que l'on peut faire ce que l'on veut du reste de la planète. C'est une notion fautive et extrêmement dangereuse. »

Wilson a reçu de nombreuses récompenses pour ses travaux, entre autres la National Medal of Science, le Prix Crafoord, et deux fois le Prix Pulitzer. Il est membre du Conseil d'Honneur de la Fondation Dialogue des savoirs (World Knowledge Dialogue), et « scientifique en résidence » du symposium 2008, organisé au cœur des montagnes valaisannes en Suisse (Crans-Montana). Il est élu membre étranger de la Royal Society en 1990.

## Bibliographie

Ses principaux ouvrages sont :

- *The Theory of Island Biogeography* (1967)
- *Insect Societies* (1971)
- *Sociobiology: The New Synthesis* (1975)
- *La Sociobiologie*, Le Rocher, Monaco/Paris, Cambridge (USA), 1987
- *L'Humaine nature* (On Human Nature) (1978 - Prix Pulitzer)
- *Biophilia* (1984)
- *The Ants* (1990 - Prix Pulitzer, avec Bert Hölldobler, Springer-Verlag, ISBN 3-540-52092-9).
- *La diversité de la vie* (The Diversity of Life) (1992) Prix Pulitzer, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge et chez Odile Jacob pour la traduction française. Revu/réédité en 2001 chez Pinguin's Books.
- *Naturaliste* (1995)
- *L'unicité du savoir* (Consilience: The Unity of Knowledge) (1998) - traduit en français et publié chez Laffont
- *L'Avenir de la vie*

## Encart A

# LES ABYSES, LES FORÊTS ET ... LES NAPPES DE PÉTROLE

① Les fosses marines de grande profondeur et les abysses abritent une foule d'organismes vivants dont l'existence était insoupçonnée jusqu'à cette décennie. Ainsi, sur une surface de 50 m<sup>2</sup> d'un fond marin très profond, il a été recensé 1 597 espèces d'invertébrés ; et les spécialistes estiment qu'il pourrait bien y avoir plus de dix millions d'espèces dans ce genre de milieu. On a même retrouvé plusieurs représentants de groupes qu'on croyait disparus, comme certains lys de mers.

② On réalise depuis une dizaine d'années également, que les forêts tropicales humides et équatoriales sont des milieux incroyablement riches. Ainsi, dans la forêt vierge du Panama, 163 espèces de coléoptères (c'est-à-dire des insectes semblables aux scarabées et aux

hannetons) vivant dans la couronne de feuillage ont été recueillies sur une seule espèce d'arbre ; la plupart d'entre elles étaient inconnues. Selon les estimations les plus sérieuses, un hectare de cette forêt hébergerait au moins 18 000 espèces différentes de coléoptères. Au total, pour l'ensemble des forêts tropicales du monde entier, cela donnerait plus de huit millions d'espèces de coléoptères dont la plupart inconnues jusqu'à présent. Quand on pense que les coléoptères ne représentent qu'une partie des insectes vivants, on imagine l'immensité du nombre total d'insectes qui doit avoisiner au bas mot les 30 millions.

③ On vient de découvrir des êtres vivants dans des endroits aussi inattendus que les nappes de pétrole. Ainsi, des bactéries ont été trouvées récemment à 3 000 mètres de profondeur dans une nappe de pétrole où la pression est très élevée et les températures sont comprises entre 70 et 110 °C. L'une de ces bactéries est appelée *Archaeoglobus lithotrophicus*, son nom signifiant littéralement mangeuse de roches (*lithos* = roche et *trophos* = manger, comme dans chaînes trophiques qui désignent les chaînes alimentaires en écologie). ■

## Encart B

# POSÉ SUR LES FEUILLES ... LE RADEAU DES CIMES !

En octobre 1989, un curieux attelage multicolore survole la forêt guyanaise ! Il s'agit d'une plateforme de 600 m<sup>2</sup> suspendue sous une montgolfière. La plateforme n'est rien d'autre qu'un vaste filet noir tendu par de gigantesques boudins oranges et gonflés à bloc. La montgolfière doit larguer la plateforme sur un immense « tapis végétal » : la canopée.

Cette année-là, la mission « radeau des cimes » se déroulait en Guyane, à l'initiative de Francis Hallé (Professeur à l'Université de Montpellier et responsable scientifique de la mission), de Denis Cleyet-Marrel (aéro-

naute) et de Gilles Ebersolt (inventeur du radeau). L'objectif était simple : poser le « radeau des cimes » et les nombreux scientifiques qui allaient y habiter, sur la canopée et explorer celle-ci de fond en comble. Mais que représente donc cette canopée ? La canopée est l'interface entre la forêt et l'atmosphère ; autrement dit, c'est la couche de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur de feuillage qui se trouve en contact avec le soleil et l'air au-dessus de la forêt. Mais pourquoi diable envoyer des scientifiques risquer de se rompre le cou pour étudier le haut des arbres ? Tout simplement parce que cette couche (située en Guyane à 30 ou 40 mètres au-dessus du sol) a une importance capitale et demeure très mal connue des scientifiques : elle héberge une multitude d'êtres vivants dont le nombre est largement sous-estimé et les relations complexes qui existent entre eux sont inconnues. ■



## Encart C

# LES OISEAUX ET LES DAUPHINS SE CACHENT POUR ... VIVRE !

On recense en moyenne chaque année deux espèces nouvelles d'oiseaux alors qu'il y a déjà près de 9 700 espèces déjà connues ! Ainsi, des ornithologues (c'est-à-dire les scientifiques qui étudient les oiseaux) brésiliens viennent de décrire une nouvelle espèce d'engoulevent (un oiseau très difficile à voir, qui chasse au vol en ouvrant son bec) : ils l'ont nommé *Chordeiles vieillardii*\*. Il en va de même pour d'autres gros animaux puisqu'en 1994 également, une nouvelle espèce de la famille des bovidés (à laquelle appartiennent nos vaches) a été identifiée : il s'agit du Saola (*Pseudoryx nghetinhensis*\*) qui vit au Vietnam. En 1991, il a été aussi trouvé un nouveau cousin des dauphins, observé dès 1976 mais décrit seulement quinze ans plus tard faute de spécimens entiers. Il se nomme *Mesoplodon peruvianus*\* et mesure près de quatre mètres. Pourtant tout le monde est persuadé que les baleines et les dauphins sont tous connus aujourd'hui ! ■

## LE SERPENT BRUN ARBORICOLE (*BOIGA IRREGULARIS*)



Bon nombre de personnes considèrent le serpent brun arboricole comme l'enfant-vedette d'affiche des problèmes causés par les espèces envahissantes dans le monde. Originaire de Nouvelle-Guinée, d'Indonésie et des îles Solomon, cette espèce a été introduite dans l'île de Guam durant ou peu après la Seconde Guerre mondiale, entraînant depuis de sérieuses répercussions sur l'écosystème et l'économie de l'île.

### **Répercussions :**

**Écologiques** – Les oiseaux indigènes de l'île de Guam vivaient à l'abri des prédateurs comme le serpent brun arboricole. Après l'arrivée du serpent brun arboricole dans la région, sa présence a causé la disparition de neuf des 11 espèces d'oiseaux forestiers de l'île. L'île de Guam abritait également plusieurs espèces de scinques (lézards) indigènes, dont la plupart sont maintenant disparues. La population des roussettes (chauve-souris), d'importants pollinisateurs de la flore de l'île de Guam, a aussi considérablement diminué depuis l'arrivée sur l'île du serpent brun arboricole.

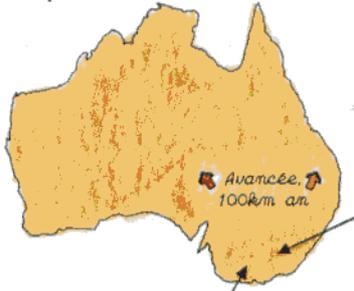
**Économiques** – Comme il préfère les arbres et espaces similaires, le serpent grimpe et se pend aux lignes électriques, ce qui entraîne des pannes de courant par milliers et, par conséquent, des millions de dollars de pertes sur le plan économique. Ce prédateur s'en prend également aux animaux domestiques et de ferme causant ainsi de nouvelles pertes économiques pour les habitants de l'île. L'économie de l'île de Guam s'est également détériorée en raison de la perte de millions de dollars attribués à des programmes de prévention pour assurer l'inspection des avions et des navires en partance de l'île afin qu'aucun individu clandestin de l'espèce ne puisse quitter l'île.

**Sociales** – Le serpent brun arboricole représente un risque très sérieux pour les enfants en bas âge, car il est très venimeux. L'interaction entre le serpent et l'humain est chose courante et d'aucuns estiment qu'autant qu'un cas sur mille traités en salle d'urgence est directement attribuable à une morsure de serpent.

**Internationales** – Le serpent, comme bien d'autres espèces de vertébrés, est un généraliste, c'est-à-dire qu'il peut se nourrir de différents types de proies et survivre dans des habitats très variés. Il est aussi très discret, préférant rester caché le jour et chasser la nuit, ce qui le rend difficile à détecter. La nature nocturne de cette espèce a certainement contribué à sa propagation vers d'autres endroits dans le monde où on a observé sa présence, notamment à Hawaï, en Australie, au Japon ainsi qu'aux États-Unis. On ne sait pas si cette espèce a réussi à établir à ces endroits des populations qui se reproduisent ou s'il s'agit simplement de serpents seuls qui se sont faufiletés à bord d'un navire.

## QUELQUES ENVAHISSEURS CÉLÈBRES

### Le lapin en Australie :



1ère implantation réussie du virus de la myxomatose en 1950

En provenance d'Europe, introduction dans l'État de Victoria en 1859.

Les 27 lapins lâchés donneront naissance à 5 milliards de descendants avant d'être combattus par une maladie virale.

### Le cactus épineux opuntia en Australie : (Figuier de Barbarie)



Chenille et adulte de papillon *Cactoblastis cactorum*, parasite spécifique du cactus

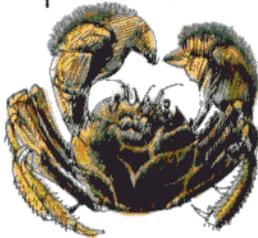
### Le millepertuis en Amérique :

Importé par les immigrants européens en Amérique, le millepertuis y envahit très vite des millions d'hectares de terres cultivées. L'ennemi naturel qui enrayera son développement est une chrysomèle européenne.



### Dans les eaux chaudes du monde entier :

#### En Europe :



Le crabe chinois, une espèce nuisible introduite en Allemagne en 1912.

Elodée du Canada



Importée en 1836, elle colonise désormais toutes les eaux douces d'Europe.

Érigéron du Canada



Importée en 1650 dans des colis de peaux de castor, cette plante cosmopolite se rencontre aujourd'hui un peu partout.

Des spécimens apportés des USA en 1871 s'échappent du Muséum.



Poisson-chat



Jacinthe d'eau



Le rat musqué, importé d'Amérique en 1905. On lui a déclaré la guerre.

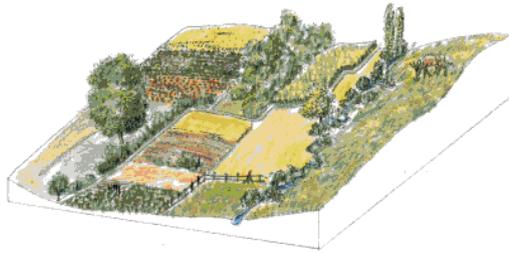


Ecrevisse américaine

Introduite des USA, cette écrevisse sans intérêt gastronomique concurrence désormais les espèces européennes.

# BIODIVERSITÉ ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

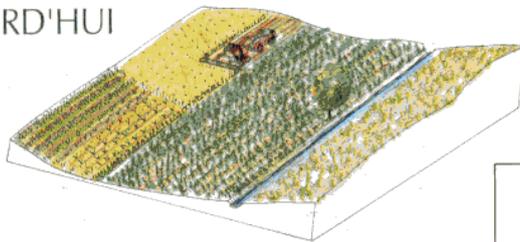
## HIER



Paysage rural du 19<sup>ème</sup> siècle, une biodiversité remarquable

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

## 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.

	Taube	Perdrix	Ray-grass anglais	Trèfle violet
Ecureuil	Lièvre	Fouine	Lotier corniculé	Tremble
Renard	Buse	Fétuque des prés	Maïs	Blé

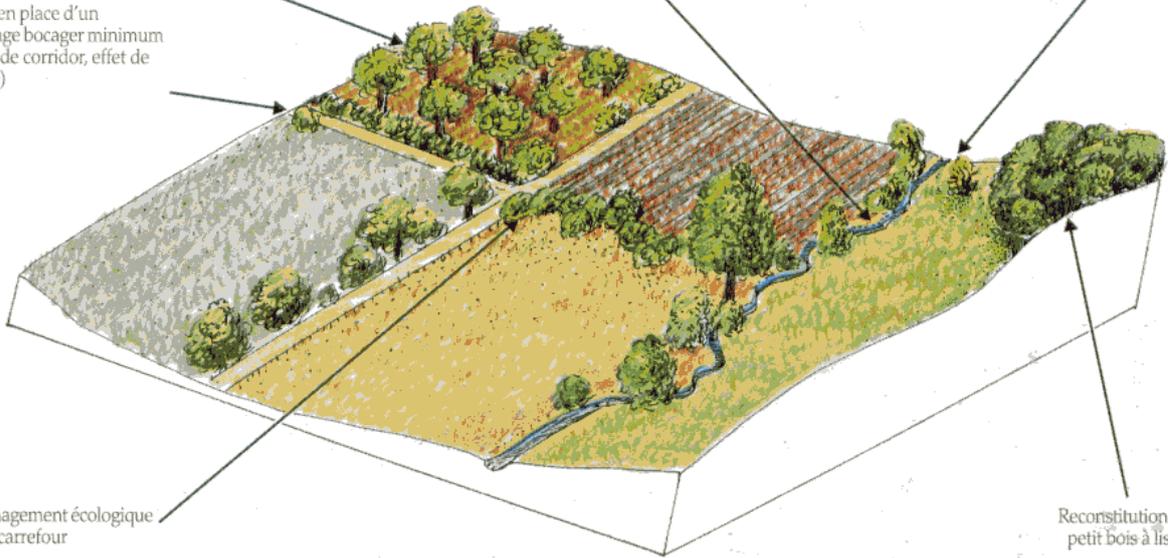
# DEMAIN

Verger à grand écartement

Restauration de l'écosystème rivière

Recréation de méandres, reconstitution de forêts riveraines et revégétalisation des rives

Mise en place d'un maillage bocager minimum (effet de corridor, effet de lisière)



Aménagement écologique d'un carrefour

Reconstitution d'un petit bois à lisières

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

					Héron	Erable sycamore	Trèfle violet	Lotier corniculé	Eétuque des prés
Lézard	Lièvre	Taupe	Fouine	Martre	Pigeon	Ray-grass anglais	Grande berce	Menthe aquatique	Géranium robert
Libellule	Papillons	Blaireau	Chevreuil	Renard	Bardane	Epiaire	Charme commun	Aubépine monogyne	Noisetier à fruits
Ecureuil	Buse	Perdrix	Coléoptères	Grillons	Sureau	Viorné obier	Bouleau verruqueux	Frêne commun	Merisier
Couleuvre	Tanche	Truite	Grenouille	Crapaud	Noyer commun	Tilleul à feuilles plates	Tremble	Aulne glutineux	Blé



# Extrêmophile

## Définition

Un organisme est dit **extrêmophile** lorsque ses conditions de vie normales sont mortelles pour la plupart des autres organismes : températures proches ou supérieures à 100°C (**hyper-thermophiles**) ou inférieures à 0°C (**psychrophiles**), pressions exceptionnelles (grands fonds marins, fosses abyssales), milieux très chargés en sel (**halophiles**), milieux très **acides** ou **hyper-alcalins**, milieux radioactifs ou anoxique (sans oxygène) ou non-éclairés...

Beaucoup d'extrêmophiles appartiennent aux taxons des Archaea ou des Bactéries, bien qu'il existe aussi des extrêmophiles eucaryotes unicellulaires et métabolites, (insectes, crustacés, poissons...). On réserve toutefois le terme aux organismes unicellulaires.

Des organismes extrêmophiles peuvent par exemple être isolés de sources chaudes sulfureuses, de cheminées hydrothermales sous-marines, de sédiments, dans les glaces de l'Antarctique ou de l'Arctique, dans des eaux saturées en sel (lac ou Mer Morte), dans des gisements pétroliers...

Quelques êtres vivants, appelés **polyextrêmophiles**, cumulent même plusieurs de ces résistances (exemples de *Deinococcus radiodurans*, *Kineococcus radiotolerans* ou encore de *Sulfolobus acidocaldarius*).

Parfaitement adaptés à ces conditions très spéciales, les extrêmophiles sont rares dans les conditions plus ordinaires. En effet, même lorsqu'ils sont capables de supporter ces conditions (car dans bien des cas leur métabolisme spécial nécessite les conditions extrêmes), ils supportent mal la concurrence d'organismes « banals ». Il arrive que l'on distingue **extrêmophile** et **extrêmotolérance**, selon que l'organisme a **besoin** des conditions exceptionnelles, ou bien qu'il les **supporte** mais qu'on le trouve dans des conditions plus ordinaires.

Il faut bien distinguer le cas des **extrêmophiles-vrais** (qui vivent normalement ou exclusivement en conditions extrêmes), des cas relativement banals d'organismes capables de provisoirement prendre une **forme résistante** aux conditions défavorables (en suspendant leurs fonctions vitales, en se protégeant par la formation d'un kyste ou d'une spore). Certaines bactéries comme *Deinococcus radiodurans* sont capables de s'auto-réparer en condition extrêmes, mais ne les exigent pas pour vivre.

## Différents types d'extrêmophiles

- **Acidophile** : organisme vivant dans des environnements acides (pH optimum de croissance proche de 3).
- **Alcalophile** : organisme vivant dans des environnements basiques (pH optimum de croissance proche de 9 et plus).
- **Halophile** : organisme vivant dans des milieux très salés (forte concentration en NaCl).
- **Métalotolérant** : organisme tolérant de hautes concentrations en métal (cuivre, cadmium, arsenic, zinc).
- **Psychrophile** ou **psychrotolérant** ou encore **cryophile** : organisme vivant dans des environnements froids (abysses, glaciers, voire réfrigérateur où ils peuvent affecter l'hygiène alimentaire en rendant moins efficace la chaîne du froid).
- **Piézophile** ou **barophile** : organisme vivant dans des environnements soumis à des pressions élevées (fonds océaniques profonds jusqu'à -11 000 mètres ; fosse des Mariannes).
- **Radiorésistant** : organisme pouvant survivre à des radiations ionisantes élevées.
- **Thermophile** : organisme vivant dans des environnements chauds avec des optimums de croissance proche de 60°C.
- **Hyperthermophile** : organisme vivant dans des environnements très chauds avec des optimums de croissance proche de 90°C à plus de 100°C.
- **Xérophile** : organisme capable de résister à la dessiccation (ayant besoin de peu d'eau pour survivre).

## Intérêt de l'étude des extrêmophiles

Les extrêmophiles sont un **sujet d'étonnement** et d'**étude** à plusieurs titres :

- ➔ Leurs particularités offrent des **perspectives technologiques** variées (protéines **thermostables**, enzymes de lessives à l'eau froide, par exemple) et un vaste champ d'études biologiques. Les **protéines** et **enzymes** extrêmes constituent un marché en plein essor (**biotechnologie** et **industrie chimique**). L'exemple le plus spectaculaire est la Taq polymérase provenant de *Thermus aquaticus* qui est largement employé pour les réactions de PCR : abréviation anglophone de Polymerase Chain Reaction ou Amplification en Chaîne par Polymérisation. C'est une méthode de biologie moléculaire d'amplification génique in vitro, qui permet de copier en grand nombre (avec un facteur de multiplication de l'ordre du milliard), une séquence d'ADN ou d'ARN connue, à partir d'une faible quantité (de l'ordre de quelques picogrammes soit  $10^{-12}$  gramme) d'acide nucléique (séquence *spécifique* d'ADN (l'Amplicon) ou amorces spécifiques constituées d'oligonucléotides de synthèse de 20 à 25 nucléotides). Cette technique permet entre autres de détecter la présence du virus VIH ou de mesurer la charge virale (concentration du virus dans le plasma), des OGM (organismes génétiquement modifiés), des virus des hépatites B, C et D. Cette technique est de plus en plus utilisée en criminalistique (police scientifique).
- ➔ **L'apparition de la vie** a peut-être eu lieu dans un **environnement extrême**. L'atmosphère primitive de l'époque, sans oxygène et sans ozone, laissait passer les UV du soleil qui pouvait entraîner la formation de radicaux libres toxiques pour les cellules. Le chimiste Günter Wächtershäuser pense que la vie est apparue dans un milieu chaud sulfuro-ferreux en absence d'oxygène. Ce milieu est proche de celui des cheminées hydrothermales où vivent de nombreux micro-organismes hyperthermophiles. Cependant, les preuves fossiles de l'existence d'une forme de vie au niveau de sites hydrothermaux fossilisés ne sont pas encore confirmées.
- ➔ Ils illustrent les capacités étonnantes d'adaptation de la vie, ce qui crédibilise l'idée de formes de vie sur des planètes en apparence non viables.

## Quelques exemples d'extrêmophiles

- Une souche surnommée *Strain 121*, proche des Archaea des genres *Pyrodicticum* et *Pyrobaculum*, a été isolée d'échantillons hydrothermaux et serait capable de survivre à 121°C.
- *Pyrolobus fumarii* isolée de cheminée hydrothermale sous-marine se multiplie encore à 113°C.
- *Sulfolobus acidocaldarius* isolé de sources chaudes acides, est à la fois acidophile (croissance à un pH de 2-3) et hyperthermophile (optimum de croissance vers 80°C).
- *Deinococcus radiodurans*, radiorésistant à 1 500-3 000 fois la tolérance humaine.
- *Bacillus infernus* a été isolée à 2 700 mètres sous la surface du sol.
- *Ferroplasma acidarmanus* peut croître à pH proche de 0.
- *Haloarcula marismortui* isolée de la Mer morte, est très halophile et se développe dans une eau à 300 g/l de NaCl (10 fois la salinité de l'océan).
- Les poissons de la famille des *Nototheniidae*, vivent dans l'Océan Austral et sécrètent des protéines antigel dans leur sang.
- Le ver de Pompéi *Alvinella pompejana*, des cheminées hydrothermales sous-marines, présente des capacités de thermorésistance exceptionnelles pour un eucaryote pluricellulaire (tolère une température de 20 à plus de 80°C chez l'adulte).
- Les **extrêmophiles polaires**. On a découvert en 2004 un nombre important de micro-organismes sous des roches de l'Arctique et du continent Antarctique. Ce milieu était jusqu'alors considéré comme particulièrement hostile au développement de la vie, d'une part en raison des températures extrêmes, mais aussi à cause de vents extrêmement violents et surtout du rayonnement ultraviolet.

