



RONÉOS DFGSP2 2020 - 2021

UE PL2.6 : BEMN 1-2

Date : 02/09/20

Plage horaire : 10h30-12h30

Enseignant : CLUZET Stéphane

N°ISBN : 978-2-37366-078-4

Ronéistes DELAGE Marion mariondelage12@gmail.com
GRAVOUIL Aïnhua ainhua.gravouil@gmail.com

Évolution et biodiversité des organismes vivants

Plan du cours :

I –Introduction

- A. L'apparition de la vie
- B. Notions importantes
- C. Quelques mots clés

II - Approche systémique

III - L'évolution du Big Bang à l'Anthropocène

- A. Énergie
- B. Place de l'Homme dans les échanges

IV - Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes

- A. Biodiversité
- B. Le Tissu du vivant
- C. La coévolution
- D. D'où vient la biodiversité?
- E. Les 5 extinction de masse

V - L'anthropocène et les changements globaux

- A. Utilisation de l'énergie fossile
- B. Conséquences
- C. La résilience d'un écosystème
- D. Notion d'espèces et biodiversité
- E. Les services écosystémiques

Objectifs du cours :

- *Nous intéresser, nous éveiller*
- *Donner envie d'approfondir par nous même ces disciplines naturalistes*
- *Développer une intelligence naturaliste*

I. Introduction

L'Homme est de plus en plus déraciné, éloigné de l'Homme, il est un petit peu hors sol. Il est donc important de retrouver une vision systématique, une vision globale du monde dans lequel on est. Et ceci est possible par une approche pluridisciplinaire.

A. L'apparition de la vie

L'Univers est né il y a 13,7 milliards d'années. C'est à ce moment là que nous avons eu le Big Bang. La Terre, quant à elle, est apparue il y a 4,6 milliards d'années. Et la première cellule est apparue il y a à peu près 3,9 milliards d'années avec donc l'apparition de la vie. On estime qu'il y a actuellement 8,7 millions d'espèces sur Terre qui sont en interaction constante les unes avec les autres sur une Terre ronde qui évolue aussi constamment.

B. Notions importantes

Nous sommes dans une société où ce sont les médias qui priment, nous sommes formatés dans un confort, une consommation et aussi beaucoup d'individualisme. On va donc essayer de repartir à nouveau, de s'éloigner de cette approche globale et de vraiment faire face à ces thèmes. Des gens se veulent rassurants et nous disent parfois "Ne vous inquiétez pas, ça va s'arranger. La nature sait bien faire les choses" ou alors "l'Homme est intelligent, il va trouver des solutions". Le problème est que tout ce qui se passe est vraiment réel. Donc ceci est vrai pour nous et évidemment pour les générations futures.

Il ne faut pas hésiter à faire sa propre opinion, sa propre interprétation et aller chercher les données à la source. Il ne faut pas juste lire un titre sur un forum ou sur un panneau journaliste car l'information donnée est interprétée selon la vision du rédacteur.

Quoi qu'il en soit, beaucoup de scientifiques disent que l'on peut encore réagir, mais il faut le faire rapidement. Il y a urgence pour réagir et essayer de faire changer les choses.

C. Quelques mots clés

DYNAMIQUE : lorsqu'on parle d'évolution, cette évolution provient d'un équilibre dynamique entre les espèces, les écosystèmes. Cet équilibre va se déplacer constamment mais sans retour à l'état initial. C'est donc le propre de cette évolution, qui n'est pas un équilibre statique.

TISSU (du vivant) : on a discuté sur les écosystèmes, les relations entre les molécules etc. Ce sont mailles d'un tricot, entrelacées et très interdépendantes les unes des autres.

COMPLEXITÉ : c'est avoir une vision systémique et globale, il ne faut donc pas avoir peur d'aller traiter ce sujet là complexe, même si on ne comprend pas tout. Et pour un scientifique il est très important d'avoir des grandes notions de cette complexité.

QUESTION : se poser des questions est le propre, une singularité de notre espèce car nous avons un gros cerveau. Mais on doit aussi se poser les vraies questions, avec le plus de rigueur et d'honnêteté possible. On a aussi le fait qu'il faut faire face aux problèmes, ne pas laisser attendre à d'autres, le fait de proposer des solutions..

Sapere aude est une devise des **Lumières** qui signifie "ose penser par toi-même". Une des grandes leçons de l'évolution des espèces, est de changer pour durer.

II. Approche systémique

Nous allons étudier la complexité du fonctionnement de la biosphère. Quand on parle de complexité, on y associe le mot incertitude et il faut accepter que l'on ne peut pas tout comprendre. L'incertitude est donc toujours associée à la complexité. Cette **approche systémique**, globale, est primordiale pour appréhender la complexité du fonctionnement de la biosphère. Il faut alterner entre **la théorie** (les concepts, les connaissances) et **la pratique** (l'apprentissage, l'expérience...).

"Si nous ne changeons pas notre façon de penser, nous ne serons pas capables de résoudre les problèmes que nous créons avec nos modes actuels de pensée" **Albert Einstein**

Nous devons donc avoir une approche globale, pluridisciplinaire pour mieux comprendre l'évolution dans le temps. Il est impossible de comprendre l'évolution et de prédire le futur de l'humanité. Et pour le comprendre il faut avoir connaissance de ce qu'il s'est passé auparavant.

III. L'évolution du Big Bang à l'Anthropocène

Depuis le big bang, tout a évolué : les étoiles naissent et meurent, les animaux et les végétaux apparaissent et disparaissent, la Terre évoluera aussi peut-être un jour. Nous pouvons donc nous demander : qui conduit les lois de cette évolution et de ces mouvements? Nous allons donc essayer d'y réfléchir en prenant en exemple l'énergie.

A. L'énergie

L'énergie est **l'invariant** de l'évolution. Le Soleil rayonne, il émet sous forme lumineuse de l'énergie. Cette énergie est captée par les plantes qui vont, à partir de cette énergie lumineuse, construire une énergie chimique grâce à la photosynthèse. Il y a également une restitution de cette énergie sous forme de chaleur.

Comprendre cet échange d'énergie, est la base des principales caractéristiques de la biosphère. C'est une structure dissipatrice d'énergie qui suit les lois de la thermodynamique. Lorsqu'on est dans un écosystème, il y a une économie, au sens premier du terme, qui est faite d'optimisation de ressources de **recyclage**, **d'informations** pour dissiper le plus durablement possible l'énergie qui a été produite, et avec un maximum **d'efficacité**.

Les échanges d'énergie se font entre les espèces : c'est le propre de la chaîne alimentaire. Le producteur d'énergie (la plante) va être consommé par un herbivore qui accumule de l'énergie et qui se fait manger par un carnivore, avec ceci il y a aussi les relations entre les espèces et à la fin de la chaîne alimentaire, les décomposeurs qui ont un grand rôle à jouer car il assurent le recyclage de toute cette énergie, ainsi que de la matière.

B. Place de l'Homme dans les échanges

Sur le schéma représentant les différentes espèces, toutes les flèches (les échanges alimentaires) vont vers l'Homme, c'est donc une vision **anthropocentrique** du monde. Ce schéma voulait sûrement montrer que l'Homme a une interdépendance très forte avec son environnement. Pourtant cette vision est très dangereuse : l'Homme, tel un trou noir, aspire toute la biosphère. Il faut donc changer de représentation.



IV. Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes :

A. La biodiversité

Le mot **biodiversité** est une contraction des termes *diversité* et *biologique*.

Plusieurs définitions existent mais une définition institutionnelle a été établie lors de la Convention sur la biodiversité de Rio en 1992 : *"la biodiversité représente la variété et la variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques dont ils font partie."*

La biodiversité est **l'ensemble des formes de vie sur Terre**, c'est à dire la faune, la flore, les milieux naturels (écosystèmes), l'espèce humaine **et toutes les relations établies entre elles**.

La biodiversité a de multiples composantes : on peut considérer la diversité d'un point de vue génétique (au sein d'une même espèce), la diversité des espèces, la diversité des fonctions écologiques, voire la diversité des conséquences de ces fonctions pour les systèmes écologiques. Quoi qu'il en soit, il faut bien avoir en tête cette multitude d'interactions. Et tout

de suite percevoir que si un moindre changement vient affecter une population, une espèce, il y aura une répercussion sur les autres espèces avec lesquelles elle est en interaction, ainsi que sur l'ensemble du réseau. D'où le terme de tissu du vivant et d'écosystème planétaire.

Vivre c'est interagir, on interagit entre organismes. L'évolution c'est aussi interagir avec l'environnement physique et chimique qui entoure le milieu de vie des êtres vivants. Et tout cela a fait que les réseaux trophiques se sont constitués et ce sont eux qui forment la trame vivante de nos écosystèmes, de la biosphère toute entière.

B. Le tissu du vivant

En général, on pense qu'un tissu est solide, seulement il peut se déchirer et se dégrader insidieusement.

Par exemple, dans le livre de **Robert Barbault** *Un éléphant dans un jeu de quilles*, où la loutre de mer au niveau des côtes de l'Alaska tient le premier rôle. Dans les années 90, a été signalé un effondrement de la population des loutres de mer qui était protégée, et même florissante. Alors que s'est-il passé?

Les loutres de mer se délectent des oursins, donc les scientifiques sont allés voir de ce côté-là mais les oursins pullulaient. Donc ce n'était pas le problème. Normalement les loutres de mer ne sont pas consommées par les orques, car ces derniers se nourrissent des phoques. Sauf que les phoques eux mangent du poisson, et ce poisson est surpêché par leur prédateur ultime, l'Homme. Comme il n'y avait presque plus de poisson, la population de phoque fut quasiment inexistante. Les orques ont donc trouvé une nouvelle source alimentaire : les loutres de mer. De plus, suite à la disparition des loutres de mer, beaucoup d'oursins prolifèrent et mangent allègrement les algues laminaires. Ces dernières étant très précieuses pour l'écosystème car permettent des modifications de divers poissons... Et ainsi, tous les écosystèmes (les mollusques, les crustacés..) abrités par ces algues ont aussi disparus.



Cette biodiversité est donc un assemblage complexe d'espèces qui interagissent les unes avec les autres (pour la prédation, la compétition, la facilitation...).

Nous voyons bien qu'il y a **interdépendance** entre ces espèces. Chaque espèce est un noeud, un point. Et les liens de consommation entre les espèces sont les lignes qui unissent les noeuds.

« Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution » Theodosius Dobzhansky

“A la lumière de” signifie que tout découle de l’évolution, en particulier la biodiversité. Cette biodiversité compte déjà 3,9 milliards d’années (apparition de la première cellule). Comprendre cette évolution consiste à déceler **les mécanismes qui ont présidé à la structuration actuelle de la biodiversité**. Cela a permis les multiples adaptations des animaux, des végétaux, des unicellulaires qui existent aujourd’hui.

“Ce ne sont pas les espèces les plus intelligentes, ni les plus fortes qui survivent mais c’est l’espèce qui est la plus à même de s’adapter et de répondre aux changements environnementaux” **Charles Darwin** (*L’origine des espèces*)

Plus les descendants d’une espèce sont **différents**, plus ils ont des chances de **réussir** dans la lutte pour l’existence. Ce principe a été repris par Leigh van Valen avec l’hypothèse de la Reine Rouge.

C. La co-évolution

La coévolution c’est l’évolution qui s’appuie sur la biodiversité et les interactions entre les espèces.

Il se retrouve une analogie de l’hypothèse de la Reine Rouge dans le livre de Lewis Carroll (*De l’autre côté du miroir*), qui est la suite de Alice aux pays des merveilles où Alice dit :

« Mais, Reine Rouge, c’est étrange, nous courons vite et le paysage autour de nous ne change pas ? » La reine répondit : « **Nous courons pour rester à la même place.** »

Il s’agit d’une métaphore à la course aux armements entre les espèces. Si la sélection naturelle va favoriser les prédateurs les plus rapides, il va donc falloir que les proies soient elles aussi de plus en plus rapides si le rapport de force doit rester inchangé. Il y a donc un régime stationnaire entre les espèces, d’un point de vue rapport de force, il n’y a pas une espèce plus évoluée qu’une autre. Mais si jamais l’une des espèces ne peut plus s’adapter à l’autre, l’équilibre dynamique établi entre les deux espèces est rompu, entraînant la disparition d’une espèce. Cependant la disparition de cette espèce peut laisser la place pour l’apparition d’une nouvelle, c’est le phénomène d’auto-régulation. On a donc une forme de coévolution antagoniste qui se produit. De cette façon, la théorie de la Reine Rouge est également surnommée : le paradoxe de l’évolution.

La reproduction sexuée est un avantage certain pour une espèce qui a recours à ce mode de reproduction, puisque nous allons avoir une recombinaison des allèles et donc la possibilité de création de nouveaux êtres qui auront plus de chances de s’adapter dans un nouvel environnement.

● **Exemple du pigeon : Pigeon vole ou pigeon court ?**

Pendant la saison des amours, les mâles font une parade en gonflant leurs ailes et leurs plumes.

Des chercheurs se sont demandés comment la femelle choisissait son mâle, normalement le plus adapté à la reproduction pour la perdurance de l’espèce. Les chercheurs ont alors chronométré le temps de parade des pigeons et se sont aperçus que les femelles ont une

attirance pour les pigeons faisant les parades les plus longues. Par la suite, ils se sont aperçus que les mâles faisant les plus courtes parades étaient porteurs de parasites (poux qui se placent au niveau des barbules des plumes et les mangent). Or sans ces barbules les pigeons aux plumes abîmées ont plus rapidement froid, il doivent dépenser plus d'énergie, et ainsi font des parades plus courtes. De plus les parasites affaiblissent leur organisme.

Ainsi, la durée de parade est un indicateur de la santé des pigeons mâles, et c'est une arme de sélection. Cela montre une longue coévolution qu'il y a eu entre le pigeon et le poux.

- **Exemple de pollinisation**

L'abeille va pouvoir polliniser en venant prélever le pollen sur les étamines de la fleur, et l'amener sur le pistil d'une autre fleur, cela permettant la reproduction des fleurs en question. Il s'agit là encore d'un exemple de coévolution extrêmement fort, qui nous montre l'utilité d'une approche multidisciplinaire.

- **Exemple de la savane**

Si on s'en va dans d'autres écosystèmes, dans des steppes de la savane. Il y a les **herbivores**, mangeurs d'herbes, de feuilles, chacun a sa strate de consommation. Puis les **prédateurs** qui ont différents types de chasse. Et enfin, ceux qui nettoient, les **charognards**. Il s'agit là encore de reflets des nombreuses interactions.

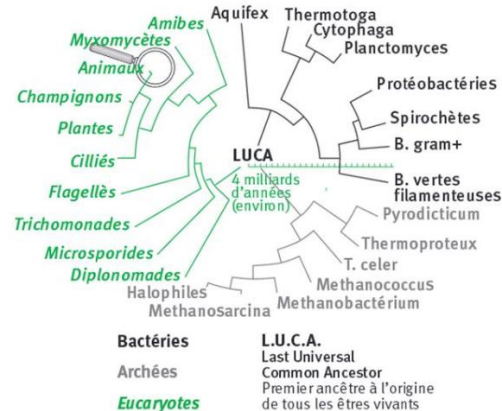
Il y a aussi des interactions qui ont lieu sous terre, que l'on ne voit pas forcément, entre les plantes et les bactéries qui sont fixatrices d'azote. C'est le cas pour les légumineuses, les champignons... Il y a aussi des évolutions pas forcément toujours bénéfiques, on peut avoir des interactions entre les ravageurs (des pathogènes) et des plantes ou des animaux quelconques. Il y a donc une grande diversité de fonctions écologiques et ces dernières sont toujours liées à notre biodiversité, celle des interactions entre espèces.

Pour lutter contre les ravageurs, l'Homme a recours à une utilisation massive de pesticides. Au fur et à mesure, les ravageurs, les champignons développent des résistances à ces substances. L'Homme doit alors trouver de nouveaux pesticides, plus puissants, pour lutter contre les ravageurs. C'est un jeu sans fin, une véritable course évolutive aux armements dont personne ne peut être vainqueur.

Cependant il faut faire attention car l'Homme par son action peut induire un réel **déséquilibre**.

D. D'où vient la biodiversité?

Il y a 3,9 milliards d'années, la première cellule, nommée **LUCA**, est apparue. Il a été démontré que LUCA est la première cellule au niveau cellulaire ainsi qu'au niveau fonctionnel puis ensuite en faisant de la transgénèse. Tous les êtres vivants ont la même formation génétique : l'ADN, ainsi que les mêmes mécanismes de transcription et de traduction. Ils partagent donc tous ces caractères. Ces liens de parenté sont représentés par un **arbre de vie**



qui peut se retrouver sous de multiples formes.

Afin d'appréhender l'arrivée de l'Homme sur Terre par rapport à LUCA, il est nécessaire de faire une analogie avec une journée pour mieux nous rendre compte. L'arrivée de l'Homme correspond aux toutes dernières secondes de cette journée. L'Homme est donc une espèce extrêmement **récente** du point de vue de l'évolution. Il essaye donc de comprendre tout ce qu'il s'est passé avant et comment cette diversité s'est constituée de manière progressive, pendant ce temps extrêmement long.

Il y a environ 2 milliards d'années, les premiers organismes multicellulaires sont apparus. Il y a 500 millions d'années, a eu lieu une explosion de diversité avec la plupart des êtres vivants qui existent aujourd'hui. Au départ, les êtres vivants avaient une vie essentiellement marine, puis il y a 350 millions d'années, la vie terrestre s'est de plus en plus développée.

A partir de ce moment-là, il y a eu **5 grandes extinctions.**

La première lignée humaine est apparue il y a 7 millions d'années avec TOUMAI qui est l'un des premiers hominidés. On peut dire que son apparition marque le temps du genre Homo. Ensuite, on a eu plusieurs apparitions d'Homo qui se sont toutes éteintes les unes après les autres. Une seule a perduré : c'est l'Homo Sapiens, qui est apparu il y a environ 150 000 ans. C'est donc une espèce jeune.

Pour revenir de manière plus générale, les êtres vivants ayant un même ancêtre commun (LUCA) ont des liens de parenté très étroits et sont donc similaires sur plein de points. Quelques exemples :

- Une dépendance à l'énergie
- Des cellules constituées d'ADN (support de diversité) et de protéines
- Les vertébrés possèdent tous un squelette osseux.

De cette unité (LUCA) on est donc allé vers la complexité, comme notamment les mammifères qui font partie des organismes les plus complexes. C'est le résultat de la **sélection naturelle** qui est un processus continu.

Dans le langage courant on a tendance à dire qu'une espèce animale ou végétale s'adapte à l'environnement. L'utilisation du terme «s'adapte» est inapproprié car cela voudrait dire qu'il y a une notion d'intention derrière, or ce n'est pas le cas, c'est dû au hasard, à un instant. Si par chance, une mutation amène une nouvelle caractéristique favorable au nouvel environnement alors l'espèce portant la nouvelle mutation sera conservée. Une espèce mal adaptée disparaît. Il se produit donc un tri incessant qui est le moteur de la biodiversité, de la complexité de l'évolution. Cette compétition qui a lieu sans arrêt est donc le principal moteur de l'évolution.

En portant ceci en regard de la théorie de l'évolution de **Darwin** et la théorie de l'évolution par sélection naturelle, on en vient à interpréter ce processus comme une stratégie qui fait de la vie le paradigme du développement durable.

Sous cet angle de vision, l'évolution est basée sur les compétitions intra ainsi que inter espèces, mais aussi sur les mutations, recombinaisons et la sélection naturelle. Cependant, il est inadéquat de parler de « théorie d'évolution » car la vision actuelle de l'évolution biologique prend en compte un autre déterminant majeur : l'environnement physico-chimique.

La synthèse moderne de l'évolution biologique se fait donc avec le jeu des hasards et des nécessités. L'hérédité et l'environnement font que l'on va avoir l'émergence de la diversité chez les êtres vivants.

E. Les 5 extinctions de masse

L'évolution est donc un processus continu, ponctué par des crises. Il faut savoir que les espèces disparaissent naturellement, même en absence de crise. Une espèce existe entre 2 à 10 millions d'années en moyenne. Il existe de nombreuses raisons expliquant la disparition d'une espèce : manque d'adaptation à l'environnement, concurrence entre espèces. On parle d'extinction de bruit de fond. Depuis l'apparition de la vie, plus de 99,9% des espèces ont disparu. La biodiversité actuelle représente donc une très faible partie de la biodiversité qui a existé depuis 3,8 milliards d'années.

Les paléontologues reconnaissent 5 grandes crises correspondant à des extinctions de masse qui ont eu lieu sur des temps relativement longs géologiquement parlant : de 300 000 à 2 millions d'années. La crise la plus dévastatrice a eu lieu il y a 250 millions d'années où 96% des espèces présentes à ce moment-là ont disparu. Ces crises vont infléchir le cours de l'histoire du monde vivant puisqu'elles provoquent la disparition d'espèces qui vont libérer des niches vides qu'il va falloir occuper. On aura donc l'apparition de nouvelles espèces.

Parmi ces crises, la cinquième crise, la plus célèbre, a eu lieu il y a 65 millions d'années (au Crétacé) où 76% des espèces dont les dinosaures ont disparu. Cela a entraîné un

bouleversement des écosystèmes et cela a eu une influence considérable sur le déroulement de l'évolution du vivant : les mammifères ont pu se développer après la disparition des dinosaures en occupant les niches vides.

La nature actuelle résulte donc essentiellement de cette période de diversification donc du début du Tertiaire. Les familles d'espèces connues aujourd'hui ont été constituées il y a 30 millions d'années.

V. Les changements globaux, l'Anthropocène

A. Utilisation de l'énergie fossile

Il y a 300 millions d'années, et sur plusieurs millions d'années, il y a eu beaucoup d'être vivants qui sont morts et qui en se dégradant ont créé les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz). Aujourd'hui, on utilise la combustion de ces énergies fossiles qui est l'inverse de la photosynthèse car cette réaction est rapide, violente, à haute température et dégage beaucoup d'énergie ainsi que du CO₂, alors que la photosynthèse quant à elle est très lente et à très haut rendement.

B. Conséquences

Selon les scientifiques, le déstockage brutal des énergies fossiles en quelques dizaines d'années, alors qu'elles avaient mis des millions d'années à s'accumuler, est responsable du changement climatique. Cette combustion a entraîné un dégagement de CO₂, modifiant les taux des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Tout cela s'est véritablement accéléré vers la fin de la Seconde Guerre Mondiale. La combustion des hydrocarbures a néanmoins eu des conséquences très positives sur notre société et sur notre santé mais également de nombreuses répercussions défavorables sur l'environnement et les écosystèmes.

« Le temps du monde fini commence » **Paul VALÉRY**

Cette citation traduit non pas la fin du monde mais la fin d'un monde que l'on pensait infini. À travers cette citation, on prend conscience des limites de notre monde, des ressources de la Terre. Cela montre qu'il est important de changer de vision, de concept, de paradigme.

La biosphère n'évolue plus seulement au rythme du changement du climat mais beaucoup sous la pression des hommes (ex : combustion des énergies fossiles). L'Homme utilise et modifie à tel point l'environnement de la Terre que l'on parle d'une nouvelle ère : L'Anthropocène où l'Homme est devenu une force géologique. Avant on parlait l'Holocène, cette période géologique s'étendait sur les 10 000 dernières années. Les activités humaines (industrie, transport, agriculture) entraînent des changements planétaires avec souvent la libération de gaz carboniques.

GRAPHIQUES : quelques exemples, entre 1750 et 2000.

On remarque que la population, la concentration de CO₂, la consommation d'eau, ont augmenté et continue à augmenter. On constate également une augmentation du tourisme, ainsi que l'augmentation de l'utilisation de véhicules, ce qui entraîne une forte libération de CO₂. Il y a une interdépendance entre ces facteurs.

On remarque également que la fonte des glaces (de l'Antarctique et des glaciers) est accélérée à cause du changement climatique et ceci entraîne la hausse du niveau des mers qui menacent de nombreuses villes côtières.

La Terre pourrait subir jusqu'à 6 catastrophes climatiques simultanées d'ici la fin du siècle. On est déjà confronté à de nombreux changements climatiques (vendanges à Bordeaux, etc) déclenchant des bouleversements (neige au Sahara).

La disparition massive d'espèces entraîne également une forte baisse de la biodiversité mondiale.

- **L'impact sur la biodiversité**

La disparition d'espèces est une chose normale. Mais ce qui est inquiétant ce sont les taux et les vitesses d'extinctions car ils sont 20 fois supérieurs à ceux observés dans les enregistrements fossiles.

L'activité humaine dégrade la biodiversité avec un rythme sans précédent avec un impact planétaire. Les activités humaines agissent en synergie et il y a deux grandes composantes :

- Les changements climatiques : exemple avec la montée des chaleurs, il y a une migration des espèces en altitude et vers le Nord. Il y aurait un décalage de 3 degrés sur 600 km. Si cela continue nous aurons un décalage des espèces de 6 km par an. Un des débats actuels concerne les migrations assistées de certaines espèces pour favoriser leur survie. La disparité entre les temps d'adaptation des espèces va créer des disruptions énormes au niveau des assemblages d'espèces qui sont en interrelation ce qui entraîne des modifications profondes dans le fonctionnement des écosystèmes dues à l'accélération des changements climatiques. Les ours polaires sont ainsi menacés d'extinction car ils perdent leurs zones où ils peuvent se reproduire à cause de la fonte de la banquise.
- Les changements d'usage : on n'a plus la même façon d'utiliser les terres (destructions de l'habitat, surexploitation), mode de production et utilisation de l'énergie. Exemple d'érosion de la biodiversité lié à un changement d'usage : la surpêche provoque l'érosion des ressources halieutiques. Nous allons de plus en plus vers des agricultures intensives afin de nourrir la population mondiale, donc la biodiversité « ordinaire » recule.

- **L'impact sur les paysages**

Exemple de la Mer d'Aral : entre 1989 et 2008, suite aux changements drastiques d'écosystèmes, cette mer a quasiment complètement disparu.

Au niveau de la banquise en Arctique : c'est tout à fait normal que la banquise fonde, mais lorsque l'on prend une photo d'une même période, on remarque qu'entre 1979 et 2007 la fonte de la banquise a nettement progressé, et cette banquise a de moins en moins de chances de rester entière.

Les constructions : La création de routes provoque une séparation entre espèces, qui ne peuvent plus interagir et communiquer entre elles. Cela entraîne une fragmentation des habitats naturels la plupart du temps défavorables comme pour les reptiles et les amphibiens qui se retrouvent confinés dans des niches défavorables à leur reproduction (mélange d'allèles de moins en moins possibles donc évolution défavorisée).

Ces changements entraînent aussi des pathologies émergentes par transport aérien qui facilite le déplacement de toutes sortes de parasites et agents pathogènes sur le globe qui s'installent souvent avec succès dans de nouvelles zones (pandémies rapides).

Graphique migration des oiseaux : les oiseaux communs prédominent de plus en plus sur les oiseaux spécialistes qui disparaissent faute d'adaptation. On remarque que des oiseaux qui sont très spécifiques, habitués à vivre dans un certain écosystème vont être amenés à disparaître au détriment des oiseaux dit « généralistes ». On a une érosion d'une biodiversité localement adaptée et son remplacement par une biodiversité plus généraliste, qui saura mieux s'adapter. Ceci entraîne un appauvrissement et une homogénéisation de la biodiversité ainsi qu'une dégradation des services écosystémiques pour les sociétés humaines. Il est important aussi de prendre en compte les effets seuils (point de bascule/rupture) qu'on ne connaît pas bien.

Il existe également un problème lorsqu'on introduit des espèces invasives qui éliminent parfois des espèces locales bien adaptées entraînant très souvent un appauvrissement de la biodiversité et une perte de la résilience des écosystèmes concernés. Exemple avec les oiseaux dans l'archipel d'Hawaii.

Il y a également toujours des "profiteurs" qui profitent des niches vides laissées par les espèces disparues, comme par exemple les méduses qui prolifèrent sur les plages.

Changement climatique et risques

Les vagues de chaleur et inondations (liées à l'augmentation de la température) entraînent une recrudescence des allergies (diffusion de végétaux allergènes) notamment dans les villes polluées où les personnes sont fragilisées. Pour les mêmes raisons, on constate un allongement de la saison de transmission des maladies propagées par les moustiques (2 milliards de personnes de plus pourraient être exposées au risque de transmission de la dengue d'ici 2080). Les inondations, tempêtes, ouragans, incendies, provoquent entre autres des famines, noyades, asphyxies, des recrudescences d'épidémies et entraînent également

un risque sur la santé mentale (dépression et stress post-traumatique). Les systèmes de santé risquent également d'être compromis ou dépassés (car pas assez adapté, pas assez préparé) par les risques climatiques.

C. La résilience d'un écosystème

Heureusement, dans la nature existe le phénomène de la **résilience d'un écosystème** : c'est la capacité d'une espèce ou d'un écosystème à récupérer un fonctionnement et/ou un développement normal après avoir subi un traumatisme mais ce n'est jamais un retour à l'état initial (sinon contraire à l'évolution). Cependant, on va quand même réussir à retrouver un retour à l'équilibre.

Au début, ce terme de résilience était utilisé en physique des métaux, puis beaucoup en psychologie. C'était un processus psychique qui permettait à certains de survivre alors qu'ils avaient vécu des moments traumatisants qu'ils surmontaient, alors que d'autres personnes n'arrivaient pas à s'en remettre. Pour comprendre la résilience il faut en explorer les mécanismes et aller évaluer son efficacité dans les domaines de l'écologie.

Il y a beaucoup d'exploration scientifique pour essayer de comprendre ce phénomène. Par exemple, on étudie la vitesse du retour à l'équilibre, le seuil de dégradation, ce qui est réversible ou non, les capacités d'adaptation d'un écosystème, etc. L'objectif est d'essayer de prédire l'évolution des écosystèmes, l'état de la biosphère et d'organiser notre bien-être futur.

La diversité des espèces et la subtilité des relations qui existent entre elles dans chaque écosystème sont la caractéristique propre d'un écosystème et de sa résilience. La diversité a donc un rôle d'assurance par rapport à toutes les perturbations environnementales. Il faut laisser à la nature sa capacité d'évolution. Le PFH (Prodigieux Facteur Humain) qui va catalyser et orienter ces échanges, il est le noeud majeur et le centre des problèmes actuels.

Est-on dans une 6ème crise d'extinction?

Nous allons essayer de prédire ce qu'il va se passer dans les années futures mais il ne faut surtout pas faire de prédiction à court terme. La place de l'homme est ici un peu celle d'un éléphant dans un jeu de quilles. L'analogie peut être faite avec Scrat, dans l'Age de Glace, qui sent un premier craquement dans la banquise. Nous devons être très attentifs à tous les signes que l'on nous donne pour essayer de réagir et ne pas être sourd.

" Tout se joue maintenant, il faut réagir maintenant, car notre capacité de résilience est en train de s'amoinrir. " Gilles BOEUF

Aujourd'hui, en 3850 millions d'années, il y a 9 millions d'espèces estimées (donc 1,9 million recensées) mais il faut garder à l'esprit que la biodiversité n'est pas seulement le nombre d'espèces car elle prend aussi en compte les **interactions** entre elles.

D. Notion d'espèces et biodiversité actuelle

Linné, au 18ème siècle, a recensé les espèces vivantes, montrant une très forte biodiversité dans les forêts tropicales. Dans le bassin amazonien, il a plus de 550 espèces d'oiseaux par km². C'est plus que dans l'Europe entière. Au Brésil, il y a plus de 40 000 espèces d'orchidées, et en Guyane, plus de 1 200 espèces d'arbres. L'Amazonie n'est pas vraiment le poumon de la Terre, mais c'est une réserve de biodiversité indéniable et elle concourt à refroidir notre climat grâce à l'évapotranspiration des arbres.

Les espèces qui prédominent actuellement en terme de biodiversité sont les insectes.

Les scientifiques ont ainsi proposé par le passé 25 points chauds de biodiversité, qui sont aujourd'hui au nombre de 45. Ce sont les plus grands. Faire un inventaire, est plus simple quand les organismes sont grands (mammifères, oiseaux, reptiles...), mais dès qu'ils sont de petite taille cela est beaucoup plus difficile. Cela explique qu'il y a encore tant de choses à découvrir, notamment avec les micro-organismes. En effet, on estime le nombre d'espèces à 9 millions, or ce sont des valeurs basées sur des extrapolations car on ne connaît qu'une minorité d'espèces (environ 2 millions). Il est donc difficile de savoir si une espèce disparaît puisqu'on ne les connaît même pas toutes.

Mais cela reste plus simple quand l'organisme est de grande taille (disparition du dodo). On ne peut donc pas documenter l'apparition d'une espèce car on ne connaît même pas toutes les espèces actuelles.

Ce qui fait peur aujourd'hui, c'est que les taux d'extinction actuels sont 20 fois supérieurs à ceux d'avant. On arrive vers une extinction massive selon certains scénarios.

E. Les grands types de services écosystémiques

Les services écosystémiques sont très importants pour l'Homme, ce sont des ressources, des services que la nature nous offre. Il y en a 3 grands types :

1. **D'approvisionnement** : les ressources directement utilisées par les sociétés pour se nourrir (plantes, animaux...) ou pour construire des bâtiments (bois et autres matériaux, eau etc).
2. **De régulation** : par exemple, la forêt est une source de biodiversité, mais qui permet aussi de réguler le climat. D'ailleurs, les villes essaient de replanter des arbres, car la température est 2 à 3°C plus haute qu'en campagne. Ces services régulent aussi l'étendue des maladies, les événements liés à l'eau (si on a de la végétation, l'eau des crues sera ralentie).
3. **Culturels** : généralement, tout le monde se sent bien dans la nature, en randonnée, en faisant du ski ou du surf,... mais pas sur une aire d'autoroute. Cela a donc des fins esthétiques, récréatives et spirituelles.

De plus, la nature rend des services économiques énormes qui seraient impossibles à chiffrer. La pollinisation faite par les abeilles coûterait 150 milliards d'euros par an si elle devait être faite par l'Homme.

Ces services écosystémiques sont évidemment liés au fonctionnement des écosystèmes. Ils peuvent être vus comme la transcription, la conséquence pour l'Homme du fonctionnement des écosystèmes. Notre évolution est donc tributaire de cette relation réciproque et de son interaction permanente avec des mécanismes écologiques.

La biodiversité nous offre des leçons de vie et nous rappelle à nos valeurs.