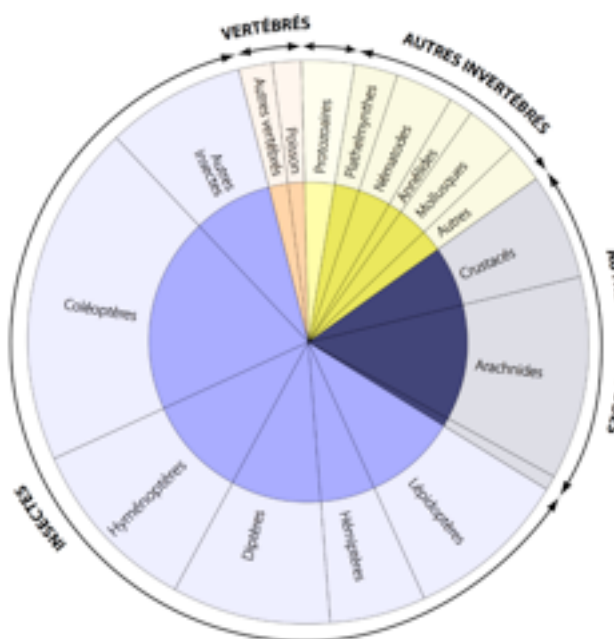


# LA BIODIVERSITE: un instantané dans l'évolution du vivant

## 1 - Les biodiversités correspondent à une étape de l'histoire du monde vivant

Un conseil: vous comprendrez bien mieux cette partie du cours si vous avez en tête votre chapitre de troisième sur l'évolution. Je vous engage à le réviser!

### 11- Les différentes échelles de la diversité du vivant



Vous avez, dès la sixième, commencé à étudier votre environnement et les êtres vivants qui s'y trouvent. Vous savez que ces êtres sont très différents (1): les insectes, les oiseaux, les mammifères, les arbres... autant de catégories qui se ramènent, en fait, à des groupes d'êtres vivants d'aspect divers, à de nombreuses espèces différentes.

Ci contre: répartition des différentes espèces d'animaux: contre toute attente, vous voyez que «le monde des animaux» est bien davantage celui du million d'espèces d'insectes connu que celui des pauvres vertébrés qui, avec seulement 50000 espèces répertoriées, ne pèsent pas bien lourd dans l'ensemble du monde animal... schéma Valérie Chansigaud - wikimedia).

Si vous avez voyagé un peu, vous avez remarqué que les espèces présentes changent aussi: il existe un lien entre un environnement, un milieu,

et les êtres vivants qui l'habitent. Le moindre documentaire animalier met en évidence l'existence de cet ensemble être vivant/milieu, que l'on nomme un écosystème (un nom à la mode).

Mais ce n'est pas tout: il existe une autre diversité, interne à chaque espèce: vous avez beau être un humain de l'espèce humaine (j'espère!), vous êtes différents (légèrement) de votre voisin, et plus encore de votre voisine (2): il existe, à l'intérieur d'une même espèce, une diversité au niveau des gènes (bien illustrée par les différentes variétés de chiens, par exemple).

La diversité du vivant peut donc être reliée à plusieurs éléments, chacun s'exprimant à une échelle différente:



- les écosystèmes sont différents, et peuvent changer dans le temps (songez tout simplement aux changements induits par les saisons)

- les espèces sont différentes, et changent également dans le temps, mais très lentement: c'est l'évolution (3)

- les gènes d'une espèce forment un ensemble qui diffère par l'existence de toute une population d'allèles différents pour un même gène (ci contre: différents types à l'intérieur de l'espèce maïs). De plus, vous savez à présent que peuvent survenir des mutations susceptibles de créer de nouveaux allèles (et qui ont été à l'origine des allèles existants).

Toutes ces variations dans le temps montrent que la biodiversité n'est pas un état fixe, mais une dynamique: elle évolue à différentes échelles de temps, et nous ne voyons qu'un état transitoire dans cet incessant flot de changements.

1 - En apparence! Vous savez qu'au niveau cellulaire, cette différence si apparente au niveau des organismes devient beaucoup plus difficile à décoder

2 - inversez donc le masculin et le féminin si vous êtes une fille !

3 - alors, on a relu le chapitre correspondant du manuel de troisième ?

## Le contexte

### Un concept nouveau, des pratiques anciennes

Ce n'est qu'en 1980 que le biologiste Thomas Lovejoy, spécialiste de l'Amazonie, a inventé le terme de diversité biologique pour décrire la variété des espèces présentes dans ce milieu. En 1986, un important congrès était consacré à la «biological diversity», terme qui a été contracté en «biodiversity» (traduit par biodiversité) et popularisé par l'entomologiste E.O. Wilson.

Toutefois, l'idée de s'interroger sur la variété des espèces, de les dénombrer, n'est pas nouvelle: Dès 1735, le naturaliste Suédois Karl von Linné avait dans ses livres «systema naturae» essayé de classer l'ensemble des espèces connues. Même à son époque, c'était un travail immense: alors qu'il avait commencé par une brochure d'une dizaine de pages classant minéraux, végétaux et animaux; l'afflux d'échantillons lui étant envoyés par tous les explorateurs de l'époque depuis tous les continents aboutit à ce qu'il rédige finalement plusieurs gros volumes.

Depuis cette époque, la classification des êtres vivants (vous en avez eu un aperçu en sixième) a été fortement améliorée, et se base désormais sur leur histoire évolutive. Toutefois, l'inventaire des espèces est loin d'être terminé: les explorations systématiques de zones peu étudiées, difficilement accessibles, donnent à chaque fois l'occasion de découvrir de nombreuses nouvelles espèces (principalement d'insectes, mais également, dans les océans, de plancton, sans parler des bactéries...)

## 12 une image fixe dans le film de l'histoire du vivant

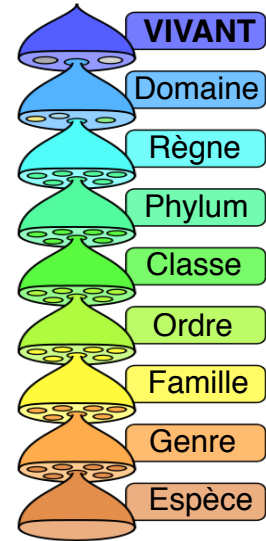
L'histoire du vivant a débuté voici presque 4 milliards d'années. Pendant cette durée, les différentes espèces se sont succédées, diversifiées, et ont disparu. En se basant sur le témoignage forcément limité des fossiles (1), les scientifiques estiment que 99 % des espèces ayant existé ont aujourd'hui disparu. Ou, plus exactement, que **les espèces qui peuplent aujourd'hui notre planète ne représentent que 1% de celles ayant existé.**

La connaissance de ces espèces nécessite de bien connaître les méthodes de déterminations (pour identifier un être vivant découvert) afin de savoir si ce dernier est déjà connu ou s'il constitue une espèce nouvelle (2). Par la suite, les caractéristiques d'une nouvelle espèce, par exemple, permettront de la classer dans l'ensemble du monde vivant.

De nouvelles espèces sont constamment découvertes, pour la plupart dans des milieux encore mal explorés, comme les forêts tropicales humides. Ce ne sont pas de nouvelles espèces (qui viennent d'apparaître) mais simplement des espèces existantes depuis longtemps qui n'ont jamais été décrites. La plupart sont des êtres vivants de petite taille (3), le plus souvent des insectes ou des champignons (4 cas bactéries).

Des espèces disparaissent également, soit à un rythme régulier, **soit très rapidement pendant des périodes de crise**, les extinctions massives.

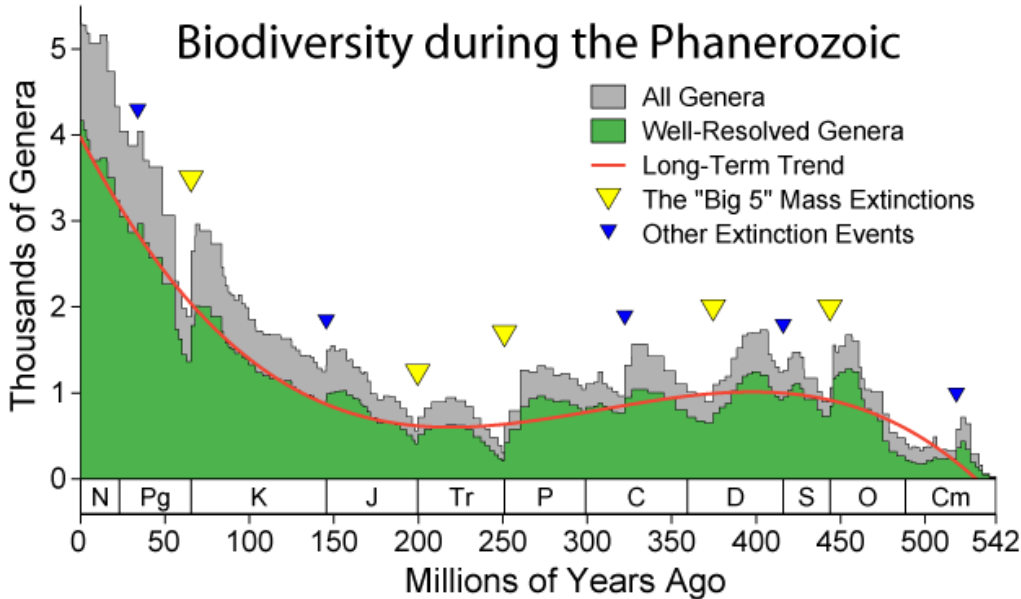
Si l'on suit un arbre «généalogique» du vivant (voir ci contre) nous voyons se développer différentes espèces à partir d'une origine unique (comme tant de preuves l'indiquent). Le présent est représenté par le sommet provisoire de l'arbre, mais, à chaque époque du passé correspond un niveau particulier de l'arbre, correspondant à une biodiversité particulière. **Cette biodiversité correspond aux populations animales, végétales, fongiques (5) et microbiennes qui peuplaient cet environnement à cette époque-là.**



Un rappel: la classification du vivant est basée sur des ensembles qui s'emboîtent les uns dans les autres. Ainsi, par exemple, plusieurs espèces d'une même origine évolutive sont regroupées dans un genre, et ainsi de suite... (vous n'avez pas à connaître le nom des différents groupes) Schéma perso/wikimedia

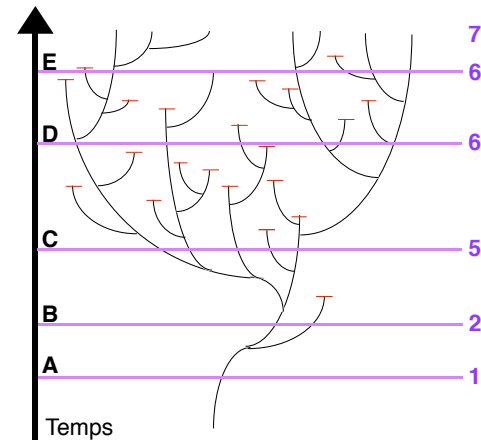
## 13 La biodiversité a une histoire

La biodiversité se modifie au cours du temps sous l'effet de nombreux facteurs. L'étude des fossiles a permis de reconstituer l'évolution de la biodiversité depuis 550 millions d'années environ (époque appelée phanérozoïque).

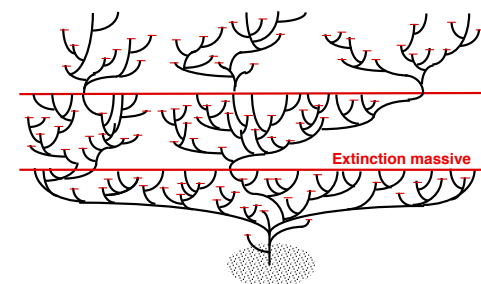


Évolution de la biodiversité marine depuis 542 millions d'années. En gris: tous les genres suspectés, en vert, les données les plus sûres. La ligne rouge correspond à une valeur «moyenne». Le présent est à gauche. D'après Rohde & Muller (2005). Schéma wikimedia.

Malgré le manque de précision de ces études, il semble bien que la biodiversité ait fortement augmenté depuis 200 millions d'années. Toutefois, de brusques baisses apparaissent, causées par des extinctions massives, dont 5 ont pu être pleinement caractérisées (la dernière, il y a 65 millions d'années, a vu la disparition des célèbres dinosaures - 6). Depuis quelques milliers d'années, il apparaît également que **l'influence humaine, de plus en plus importante, entraîne une réelle décroissance de la biodiversité**, mais dont l'impact exact est difficile à estimer.



La biodiversité évolue: de nouvelles espèces se forment à partir d'une, et disparaissent après quelque temps en ayant donné naissance, ou pas, à d'autres espèces. Ainsi, la biodiversité de l'époque A se limite à 1 espèce, puis 2 pour l'époque B, 5 pour C, 6 pour D et E et enfin 7 pour le «présent» pour lequel le nombre d'espèces «disparues, par contre, s'élève à 22.



De temps à autre, des extinctions massives, d'origine diverse (impact de météorites, changements climatiques...) taillent le buisson du vivant: de nombreuses espèces disparaissent, les survivantes prenant un nouveau départ. Ces événements, heureusement rares, font intervenir le hasard dans l'évolution des espèces.

1 - Car la fossilisation d'un être vivant est exceptionnelle, et concerne surtout les organismes à corps dur.

2 - Vous avez dû utiliser en TP des «clés de détermination» basées sur des caractères facilement (enfin, en principe) observables, afin de nommer végétaux et animaux.

3 - Ainsi, entre 1978 et 1987 ont été découvertes 26 espèces de mammifères et... 7222 espèces d'insectes!

4 - sans parler du cas des bactéries, tellement nombreuses qu'elles demandent des méthodes de recherche particulières.

5 - c'est à dire qui concerne les champignons

## 2 - La biodiversité est organisée en groupe d'êtres vivants apparentés

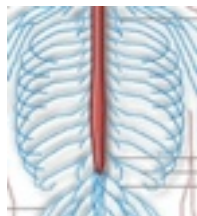
Lorsque vous avez, l'an dernier, étudié l'évolution des espèces (1), vous avez dû découvrir que dans un même groupe de la classification sont regroupées des espèces qui ont souvent «un air de famille». Selon les groupes, ces ressemblances sont plus ou moins directement visibles, mais il en est un, que vous connaissez mieux que les autres, dans lequel elles sont particulièrement faciles à mettre en évidence: les vertébrés (2).

Certes, tous les vertébrés partagent de nombreux caractères, par lesquels ils sont définis: ce sont des animaux «polarisés» (avec un avant et un arrière), à symétrie bilatérale (ils ont un axe de symétrie), possèdent un squelette et des vertèbres. Mais ce n'est pas tout.

La disposition des os des membres chez les mammifères (terrestres, marins et volants), les oiseaux, les lézards et les grenouilles permet de découvrir une même organisation d'ensemble: tous les membres sont constitués des mêmes os aux mêmes emplacements. Si l'on effectue ces comparaisons avec des vertébrés fossiles, on retrouve là aussi des structures communes.

Cette même organisation générale ne s'arrête pas au squelette: la disposition et l'organisation des membres et des organes internes sont également très voisines (3). Cette organisation commune a été mise en lumière dès 1846 par l'anatomiste R. Owen, qui alla jusqu'à tracer le «portrait robot» commun à tous les vertébrés sous la forme d'un animal imaginaire (4). En effet, tous les vertébrés ont en commun:

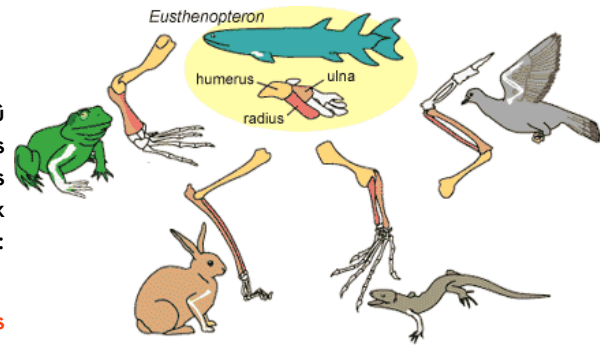
- un regroupement vers l'avant du corps de divers organes: cerveau, crâne rigide, bouche, organes des sens en double exemplaire... Tous ces organes forment la tête
- un cerveau massif, contenu dans le crâne, relié à un axe nerveux dorsal
- un système circulatoire fermé, avec un gros vaisseau, l'aorte, situé entre l'axe vertébral et le tube digestif
- un tube digestif en position ventrale
- deux paires de membres symétriques (5)
- un appareil reproducteur avec deux sexes distincts et séparés (6)



De plus, il existe aussi chez les vertébrés adultes (7) des traces de structures identiques qui se répètent en segmentant le corps, comme des anneaux empilés: les côtes, les vertèbres, la disposition des nerfs partant de la moelle épinière montrent cet empilement (voir schéma ci-contre: système nerveux au niveau de la cage thoracique; moelle épinière en rouge, nerfs en bleu. D'après ppg, Wikimedia).

Cette organisation commune s'explique par une origine commune: tous les vertébrés sont apparentés, en ce sens qu'ils partagent tous un ancêtre commun, ce qui explique leur unité d'organisation. Cette conclusion, tirée d'un examen morphologique, a été confortée par de nombreuses autres observations (8) ainsi que par l'analyse des gènes des vertébrés, qui sont eux aussi très similaires et confirment l'existence d'une origine commune (9)

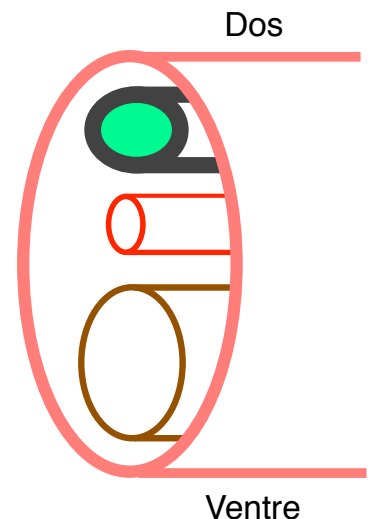
- 1 - Je sais, c'était le fin de l'année, vous aviez les voyages scolaires, le cinéma, le théâtre.... alors révisez donc le chapitre correspondant du manuel de troisième!
- 2 - En plus, vous en faites partie....
- 3 - En TP, vous avez dû comparer ainsi, en les disséquant, deux vertébrés (au hasard, une souris et une grenouille, non ?)
- 4 - Cet animal, sorte de vertébré «idéal» avait été appelé par Owen un archétype.
- 5 - Qui peuvent ensuite disparaître secondairement, comme chez les cétacés ou les serpents, mais leurs traces subsistent souvent cachées dans le corps de l'animal, dans ses embryons, ou dans ses gènes...
- 6 - Il existe quelques vertébrés «transformistes» capables d'être d'un sexe une partie de leur vie, puis d'un autre, mais jamais des deux en même temps!
- 7 - Et c'est parfois encore plus visible chez les embryons, mais c'est une autre histoire.
- 8 - Comme mentionné dans le chapitre correspondant de troisième. Mais vous le savez, puisque vous l'avez relu. Non ?
- 9 - L'ancêtre commun des vertébrés remonte à plus de 500 millions d'années. Il ressemblait probablement (la chose est discutée) à une espèce connue à l'état fossile du nom de Pikaia, organisme nageur présentant une sorte de colonne vertébrale.



Tous les vertébrés actuels possèdent des membres qui ont la même structure: un os (humerus ou fémur), puis deux (radius/cubitus ou tibia/péroné), puis les doigts (en simplifiant). Cette structure se retrouve dans les nageoires du fossile Eusthenopteron; qui fait peut-être partie des ancêtres communs à tous les vertébrés tétrapodes (à 4 membres). Schéma Berkeley university



Le vertébré «modèle» selon Owen, en 1846: il regroupe les caractéristiques communes à tous les vertébrés.



L'organisation commune à tous les vertébrés: du dos vers le ventre, on trouve un axe vertébral (noir) qui renferme la moelle épinière (verte), puis l'artère aorte (rouge) et enfin le tube digestif (marron). Ces organes se trouvent dans une cavité générale et sont enveloppés de muscles (en rose) recouverts de peau.



Un vertébré se reconnaît au premier coup d'oeil. Ici, l'attitude de celui de droite laisse penser qu'il peut s'agir de l'ancêtre commun de nombre de lycéens, voire de certains professeurs... Dessin JP Petit - savoir sans frontière

### 3 - La diversité des allèles est un des aspects de la biodiversité.

Chaque individu possède, au maximum, deux allèles d'un même gène. Par contre, dans une population, il peut y avoir plusieurs dizaines d'allèles pour un même gène, ces derniers se trouvant regroupés deux par deux dans les individus. Lorsque ces individus vont se reproduire, ces allèles vont se redistribuer et former de nouveaux couples. Plus le nombre d'allèles des différents gènes est important et plus la diversité génétique de la population est importante.

Tout au long de l'histoire d'une population, certains allèles vont se retrouver dans un nombre variable d'individus (1). Cette modification, largement due au hasard, de la diversité des allèles d'un gène dans une population est ce que l'on appelle la dérive génétique (2).

Si la population est très importante, le % des divers allèles ne va pas changer beaucoup, mais les choses sont différentes si on se place dans le cas d'une population de faible effectif (3): dans ce cas, un allèle rare peut se retrouver favorisé et se répandre dans la population au point de devenir majoritaire (4).

Un exemple extrême vous aidera à comprendre: imaginez qu'un groupe d'iguanes, réfugiés dans un arbre lors d'une inondation, soit emporté avec l'arbre par un fleuve, qui les dépose sur une petite île, sans iguanes. Dans le groupe, il n'y a qu'un seul mâle: même si ce mâle possède des allèles rares de certains gènes, il n'est pas difficile de comprendre que ces allèles vont rapidement devenir majoritaires dans la nouvelle population d'iguanes dont il va être à l'origine.

Ainsi, plus l'effectif d'une population est faible et plus la dérive génétique est marquée. De plus, les nouveaux allèles d'un gène qui peuvent apparaître dans une population isolée par mutation ne seront pas transmissibles à la population de départ: la dérive génétique s'accroît ainsi.

Donc, dans une population coupée de celle qui lui a donné naissance (comme c'est le cas, par exemple, sur des îles récemment colonisées, mais aussi, à grande échelle, après des «crises biologiques» comme les extinctions massives), les allèles présents vont se recombiner selon des proportions différentes de celle de sa population d'origine: la dérive génétique (par rapport à la population du continent) va s'accroître.

De plus, les allèles (5) vont également subir une sélection à cause de l'influence du milieu (parfois très différent de celui de départ): imaginez par exemple que ces allèles influent sur la couleur du corps: ceux qui fournissent un camouflage contre les prédateurs permettront aux individus qui en sont dotés de survivre plus longtemps, en moyenne, et donc de se reproduire davantage, ce qui contribuera à multiplier le % d'individus porteurs de ces allèles de «camouflage» (6). Il existe donc une sélection naturelle des gènes correspondant à des caractères qui favorisent la reproduction (et donc la survie) des individus.

L'accumulation sur un grand nombre de générations de la dérive génétique couplée à l'influence de la sélection naturelle peut aboutir à la formation d'une (ou plusieurs) nouvelles espèces.

Cette idée a pu être facilement vérifiée: c'est dans les îles, justement, que la biodiversité est maximale, certaines possédant des espèces qui n'existent nulle part ailleurs (flore de Corse, Marsupiaux d'Australie, Lémuriens de Madagascar en sont quelques exemples célèbres). De plus, l'apparition et l'accumulation de caractères conduisant à la définition d'une nouvelle espèce ont été observées dans de nombreuses populations animales et végétales, et ont même été testées expérimentalement chez les bactéries (7).

1 - Nombre qui dépend de ceux qui se sont reproduits ou pas, du nombre de leurs descendants, du nombre d'allèles au départ...

2 - Cette phrase peut paraître compliquée, mais en fait elle est très simple: la relire lentement

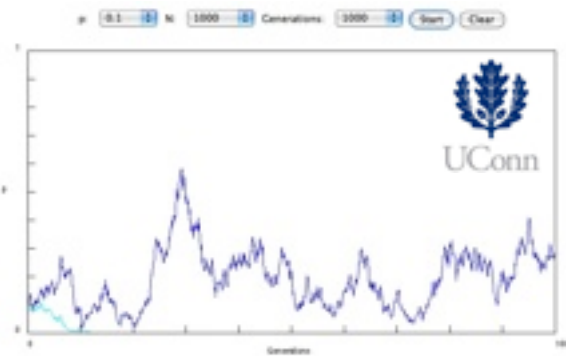
3 - Vous remarquerez que j'emploie le même vocabulaire qu'en math; c'est exprès: cette dérive n'est qu'un problème de statistiques - vous pourrez même l'illustrer en cours de math.

4 - Ce qui ne va pas sans poser problème si cet allèle diminue, par exemple, la résistance des individus à certaines maladies: ainsi, la population de lions isolée dans le cratère du volcan Ngorongoro souffre de nombreuses maladies à cause d'une reproduction «en circuit fermé», sans apport de nouveaux allèles - voir exercice 4.

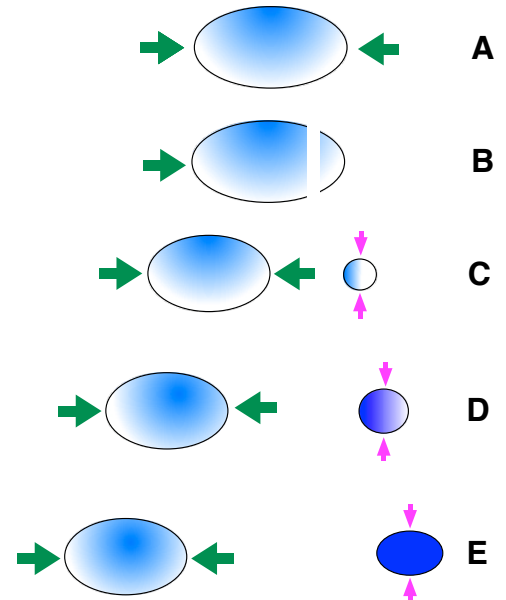
5 - Vous remarquerez que je parle des allèles comme s'il s'agissait de personnages. C'est exactement cela: pour certains biologistes, les gènes sont la «vrai» forme de vie, et les corps ne sont que des véhicules qu'ils emploient pour parvenir à se reproduire. Une conception intéressante, si on ne la prend pas au pied de la lettre!

6 - Voir exercice 3

7 - Qui présentent l'avantage, vu leur vitesse de reproduction, de voir les générations se succéder toutes les 20 minutes. Des expériences ont montré, par exemple, que de nouvelles voies de transformation chimique sont utilisées par des bactéries isolées de leur population de départ et soumises à une sélection naturelle différente.



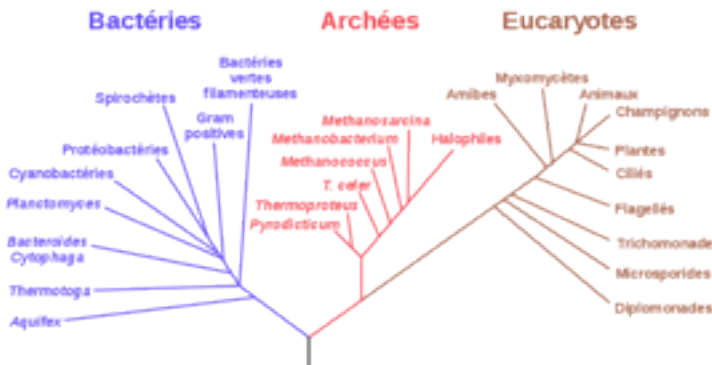
Simulation mathématique de la répartition d'un allèle dans une population selon son effectif. Ici, au départ, 10% de la population porte un certain allèle d'un gène. Dans une population de 1000 individus (graphe bleu ciel), l'allèle disparaît en une centaine de générations. Par contre, dans une population plus réduite de 250 individus (graphe bleu foncé) cet allèle, bien que varie beaucoup dans la population au cours du temps, se maintient pendant 1000 générations, temps au bout duquel il est répandu dans environ 1/3 des descendants de la population de départ: la dérive génétique est plus forte dans une population réduite. Vous pouvez vous même réaliser d'autres simulations sur [ce site de l'université du Connecticut](#).



Formation d'une nouvelle espèce: En A, une population d'êtres vivants de la même espèce, représentant plusieurs allèles pour un gène, est soumise à la pression de la sélection exercée par son environnement (flèches vertes). En B, un événement (inondation, glacier, colonisation d'une île...) sépare en deux parties inégales cette population. La population nouvelle, en C, n'est pas soumise à la même sélection (flèches roses - car elle ne vit pas au même endroit). Petit à petit, elle se différencie de la précédente: la dérive génétique de ses allèles s'accroît; de nouveaux allèles apparaissent (D) et se recombinent avec les précédents. Au bout d'un nombre suffisant de générations, les individus des deux populations sont si différents qu'ils ne pourraient plus se reproduire ensemble: une nouvelle espèce (en E) est née.

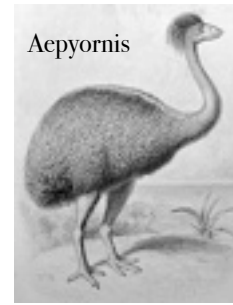
Les différentes étapes de ce mécanisme ont été observées dans tout le monde du vivant, les étapes A à C ont été réalisées chez de nombreux animaux et plantes domestiques, les étapes A à D ont été réalisées sur des bactéries. De récentes découvertes laissent entendre que la vitesse à laquelle se réalise ce processus peut être extrêmement variable.

## Arbre phylogénétique de la vie

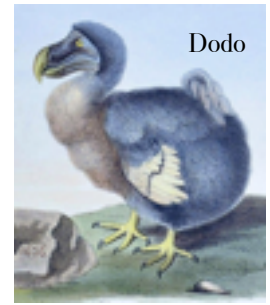


les êtres vivants «visibles à l'œil nu» que vous connaissez sont situés dans les trois groupes de bout de la branche de droite: l'essentiel de la biodiversité du vivant est invisible pour les yeux... Schéma NASA/Astrobiology institute.

Ce graphique, établi d'après l'étude et la comparaison de certains acides nucléiques par le biologiste Carl Woese, montre la parenté évolutive de l'ensemble du monde vivant connu (vous n'avez pas à retenir tous ces noms barbares, qui vous permettront de renouveler votre stock d'invectives). Vous remarquerez que tous



Aepyornis



Dodo

L'oiseau - éléphant Aepyornis de Madagascar (500 Kg!), le Dodo de l'île Maurice et le thylacine, ou loup marsupial, d'Australie sont trois animaux disparus à la suite d'une surexploitation humaine (respectivement au premier millénaire, vers 1740 et en 1913). Toutefois, la majorité des espèces qui disparaissent suite aux activités humaines consistent en insectes, vers et champignons.

## Le développement humain induit une diminution de la biodiversité

Depuis l'invention de l'agriculture (1), le développement de la population humaine ainsi que de ses besoins et de ses activités aboutit à une diminution significative (2) de la biodiversité. Historiquement, c'est la surexploitation (chasse trop importante) qui a conduit à la disparition de certaines espèces, comme, par exemple, le dodo de l'île Maurice, l'oiseau éléphant Aepyornis de Madagascar ou le loup marsupial d'Australie.

Actuellement, c'est la croissance de la population humaine impliquant l'occupation et l'utilisation de territoires toujours plus étendus qui cause la disparition de nombreuses espèces qui se voient privées d'habitat.

Ce problème est particulièrement important au niveau des îles, qui abritent souvent des espèces rares et, à cause de leur isolement (et de la dérive génétique qui en a résulté dans l'histoire de leurs populations), qui sont limitées à des territoires peu étendus. Ces espèces, dites endémiques, peuvent se révéler extrêmement fragiles en cas de modification de leur habitat (3). A cet égard, l'exploitation trop importante de certaines forêts ainsi que le déboisement à des fins agricoles (pour cultiver les terres) ou alimentaires (utilisation du bois pour la cuisine) peuvent restreindre l'habitat de certaines espèces au point de les mener vers l'extinction (4).

Toutefois, de nombreux programmes de protection des environnements et de développement concerté avec les populations locales (5) permettent d'espérer endiguer cette perte de biodiversité. Ainsi, le taux d'extinction des espèces (bien que très mal connu) diminue depuis 1950, et de nombreux scientifiques estiment qu'en raison de l'inégale répartition de la biodiversité sur notre planète (voir carte) des mesures de protection comme l'établissement de réserves naturelles, même en ne touchant que 1,4% de la surface terrestre, permettraient de sauver 44% des végétaux et 35% des vertébrés menacés de disparaître.

Les efforts de protection de la biodiversité doivent donc être poursuivis et développés, sans oublier pour autant la nécessité d'assurer un avenir décent (et un présent acceptable!) à une majorité d'êtres humains.



Thylacine



Carte des zones de biodiversité maximale. Vous remarquerez l'importance des îles. Schéma Wikipédia, d'après deux articles de la revue Nature (voir ici pour plus de détails).

### Résumé de l'épisode.

La biodiversité s'exprime au niveau des écosystèmes, des espèces, mais aussi des gènes (et donc des allèles). La biodiversité du monde vivant actuel est un instantané dans le déroulement de l'évolution du vivant: elle possède une histoire et a fortement varié dans le passé, en particulier lors des extinctions massives où elle a été fortement réduite. Actuellement, l'activité humaine est un facteur important de décroissance de la biodiversité de certains écosystèmes. Au sein de la biodiversité, des groupes d'êtres vivants sont facilement identifiables au moyen de caractères communs conduisant à leur assigner une origine évolutive commune. Un des mécanismes de l'évolution, à savoir la formation de nouvelles espèces, s'explique par la dérive génétique (modification aléatoire de la diversité des allèles) et par la sélection naturelle par le milieu des individus les plus aptes à se reproduire. Ces mécanismes sont souvent plus marqués s'ils s'exercent sur une population réduite (comme dans les îles, ce qui explique leur remarquable biodiversité).

1 - Et peut-être même avant: à la suite de l'arrivée des humains en Amérique du Nord il y a 12000 ans, on a assisté à la disparition de 80 % des animaux de plus de 50 Kg (les plus visibles). Toutefois, d'autres facteurs (comme les variations du climat) ont pu jouer dans cette diminution ancienne de la biodiversité.

2 - Mais extrêmement difficile à mesurer. Certains biologistes pensent que les humains sont en train de réaliser l'équivalent d'une extinction massive, mais les données sont beaucoup trop imprécises pour affirmer cela en toute confiance.

3 - Ainsi, sur les 90 espèces de mammifères disparues au cours des derniers 500 ans, 75 % étaient des espèces habitant des îles

4 - C'est le sort qui menace de nombreux grands félins (jaguars, tigres...) dont les territoires sont si réduits qu'ils ne peuvent plus se reproduire dans de bonnes conditions, en particulier en rencontrant des partenaires qui ne soient pas de leur famille: leur biodiversité génétique décline, même si leur espèce existe encore, pour le moment

5 - les hommes qui meurent de faim, ou d'une grande pauvreté ne peuvent pas mettre en balance leur survie et la protection de l'environnement!