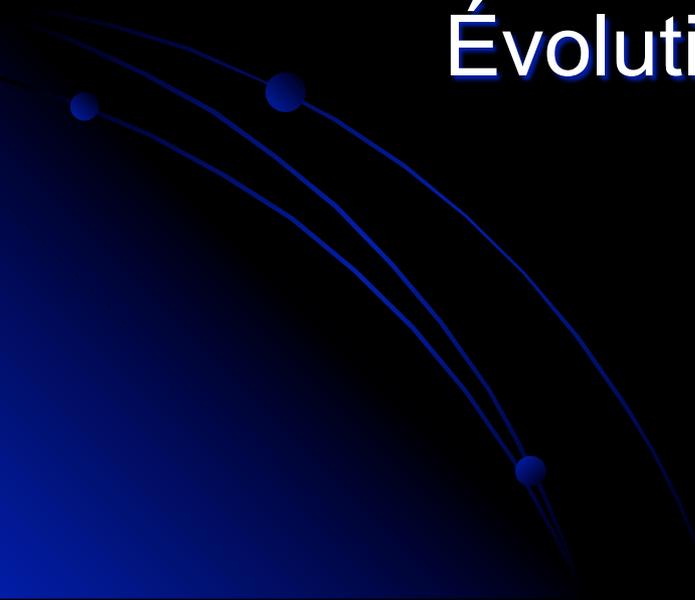
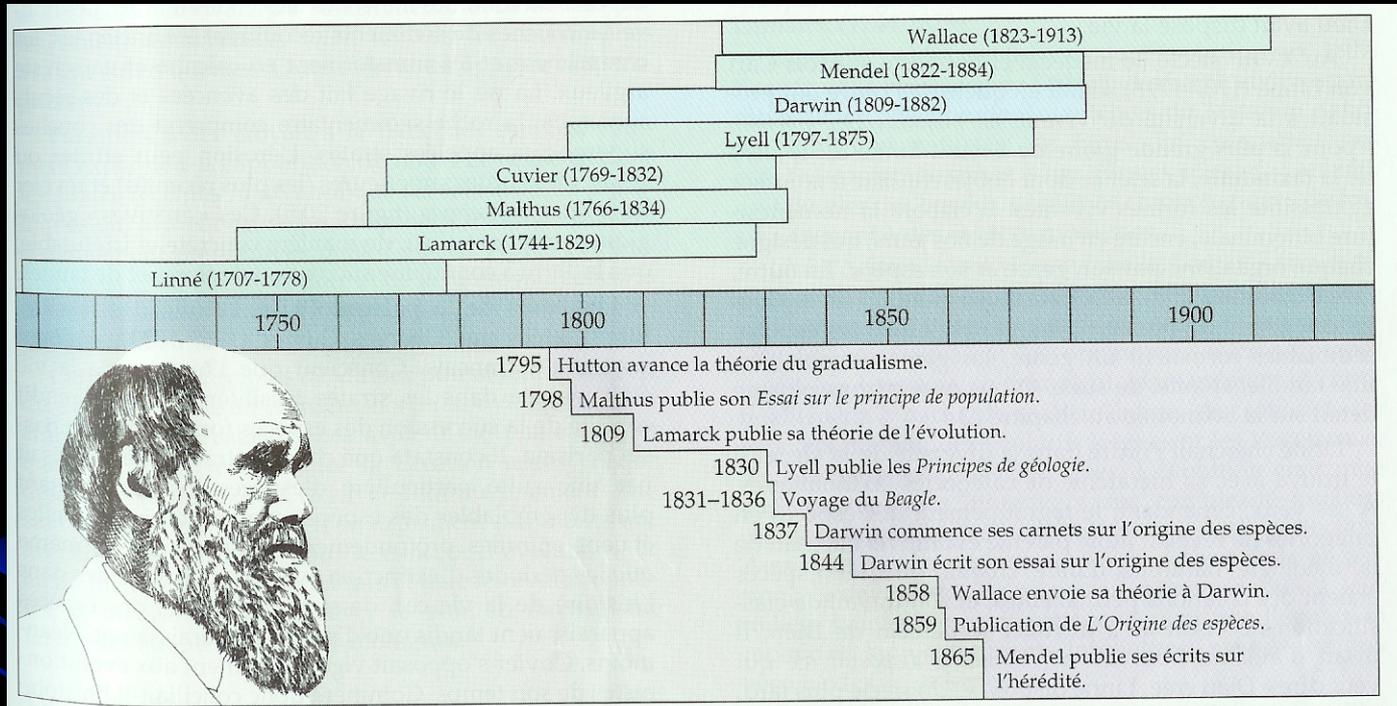


Darwinisme

Évolution, Histoire naturelle



Darwin

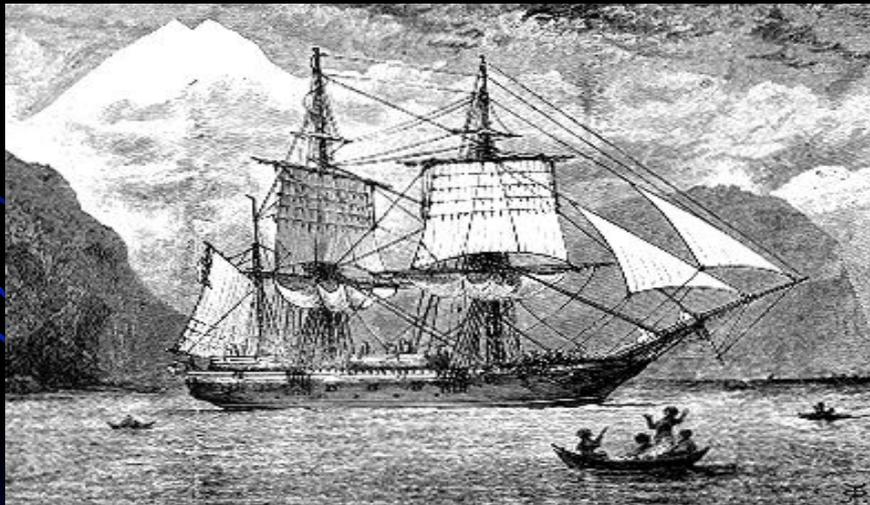


Darwin

- Charles Darwin (1809 - 1882)
- Études en médecine (qu 'il abandonne) puis en théologie et sciences naturelles.
- À 22 ans (1831) s 'embarque sur le HMS Beagle.

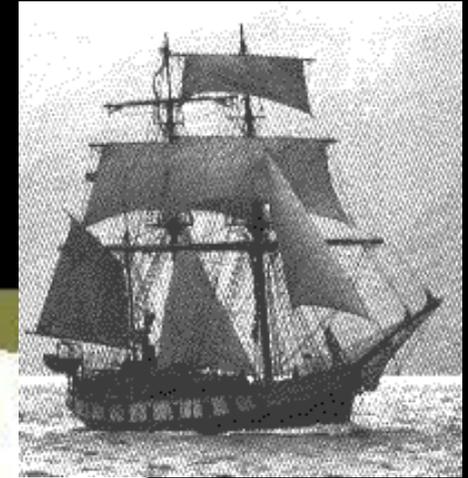


Charles Darwin (1840)



HMS Beagle

- Voyage de 5 ans autour du monde:
but = cartographier certaines régions peu
connues.



- Au cours du voyage Darwin élabore sa
théorie et recueille de nombreuses
données pour l'étayer.

Ces observations

- Espèces endémiques
 - Tortues terrestres;
 - Pinsons (13) sur les Galápagos;
 - Lézards marins;
 - Fous à pattes bleues;
 - Évolution isolée du continent (plusieurs millions d'années)
- 

Différentes espèces animales



Les Galápagos



Les pinsons

- Plusieurs variétés de pinsons observés sur des îles voisines aux profils biologiques différents (écosystème)



Pinus de Galapagos

G. Magnirostris





Retour du voyage : 1836

- Ne publie pas sa théorie, se contente d'en noter les grandes lignes.
- 1858 : lettre de Alfred Russel Wallace.

Expose la même théorie

- Le mois suivant : publication officielle de la théorie (cosignée Darwin-Wallace).
- 1859 : Publication de « L'origine des espèces par sélection naturelle ».
- Succès instantané de librairie.
- 10 ans plus tard, la théorie de Darwin est acceptée par la grande majorité des biologistes.

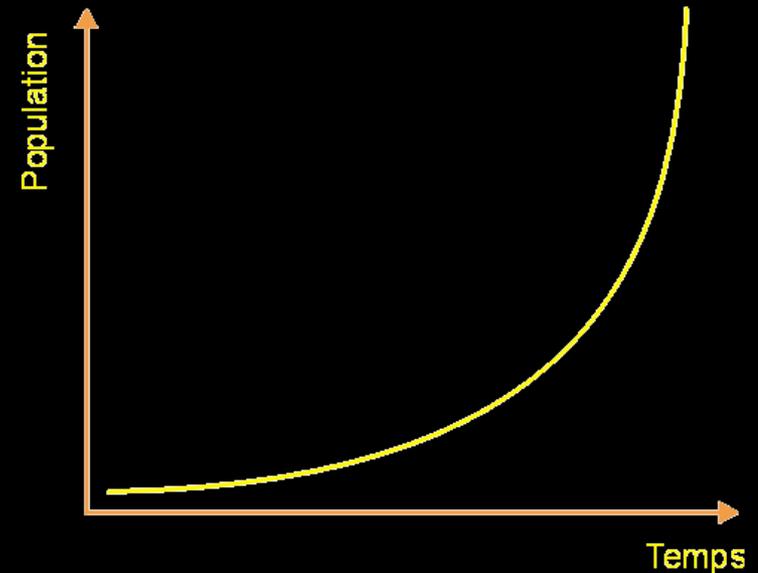


Alfred Russel
Wallace

Théorie de Darwin

1. Sans limitation, une population s'accroît de façon exponentielle

- Une morue peut pondre plus de 6 millions d'œufs.
- Si chacun de leurs descendants survivait un seul couple d'éléphants pourrait engendrer 19 millions d'éléphants en 750 ans.



Théorie de Darwin

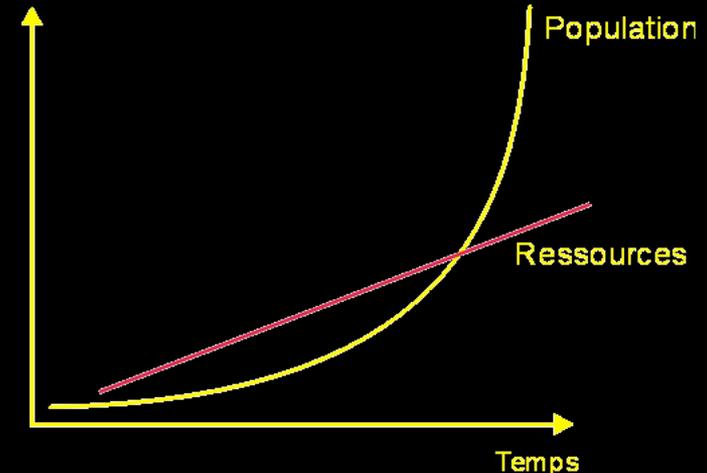
1. Sans limitation, une population s'accroît de façon exponentielle

2. Année après année, les populations demeurent relativement stables. Des facteurs limitants empêchent l'accroissement exponentiel.



Thomas Malthus

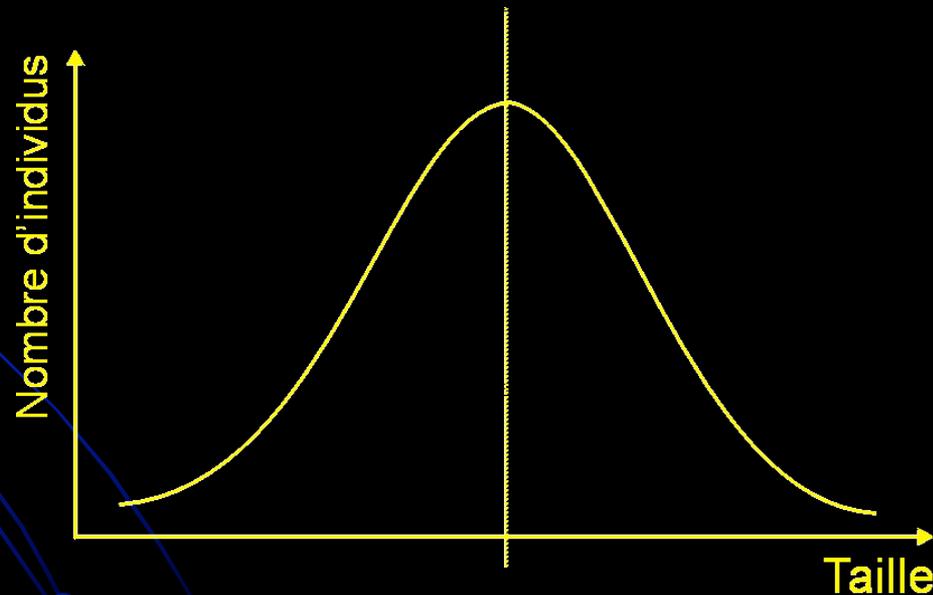
Darwin s'était inspiré pour ce point d'un ouvrage de l'économiste Thomas Malthus (1766-1834):



La population humaine augmente plus vite que la production des ressources alimentaires.

Théorie de Darwin

1. Sans limitation, une population s'accroît de façon exponentielle
2. Années après années, les populations demeurent relativement stables
Des facteurs limitants empêchent l'accroissement exponentiel.
3. Il y a des variations entre les individus: à chaque génération, les descendants diffèrent de leurs parents et diffèrent entre eux.



Théorie de Darwin

1. Sans limitation, une population s'accroît de façon exponentielle
2. Années après années, les populations demeurent relativement stables
Des facteurs limitants empêchent l'accroissement exponentiel.
3. Il y a des variations entre les individus: à chaque génération, les descendants diffèrent de leurs parents et diffèrent entre eux.
4. Si une différence s'avère avantageuse face à l'environnement de l'organisme, le ou les individus qui la possèdent ont plus de chances de survivre que ceux de la population qui ne la possèdent pas. Et donc plus de chances de se reproduire et de transmettre leur caractéristique = **SÉLECTION NATURELLE**

Théorie de Darwin

1. Sans limitation, une population s'accroît de façon exponentielle
2. Années après années, les populations demeurent relativement stables
Des facteurs limitants empêchent l'accroissement exponentiel.
3. Il y a des variations entre les individus: à chaque génération, les descendants diffèrent de leurs parents et diffèrent entre eux.
4. Si une différence s'avère avantageuse face à l'environnement de l'organisme, le ou les individus qui la possèdent ont plus de chances de survivre que ceux de la population qui ne la possèdent pas. Et donc plus de chances de se reproduire et de transmettre leur caractéristique = SÉLECTION NATURELLE
- **5. Le caractère avantageux a donc tendance à se répandre jusqu'à ce que ceux qui le possèdent surpassent et remplacent ceux qui ne l'ont pas.**

2 volets fondamentaux

● Ascendance commune

- Individus descendants d'un **ancêtre commun** et qui ont évolué de manière séparée sur des îles différentes en s'adaptant de manière spécifique à des environnements **spécifiques**.
- 99 % des descendants disparaissent; (manque d'adaptation ou adaptation limitée dans le temps dû aux changements de condition de vie)

● Sélection naturelle

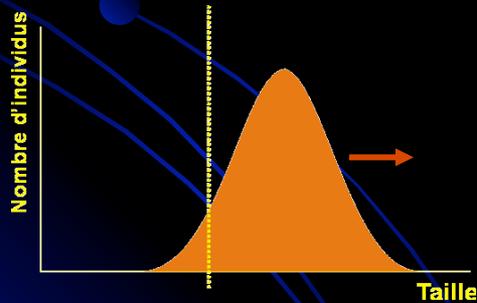
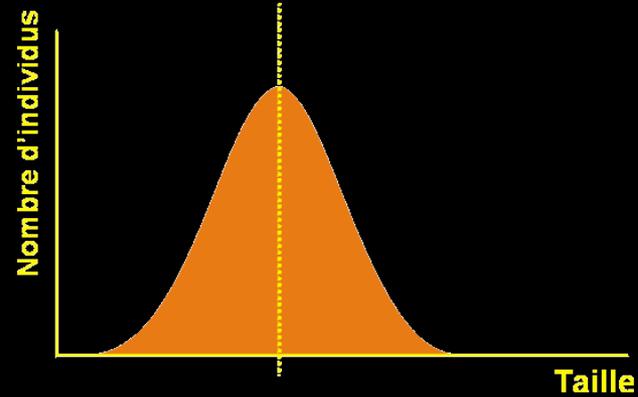
- **Mutation(s) (Aléatoire)** → Opportunités (+) → Adaptation → Sélection

↓
Inadaptation → disparition

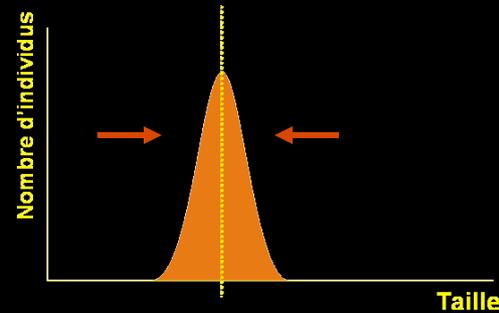
Sélection = processus dynamique
non aléatoire

Modes de sélection naturelle

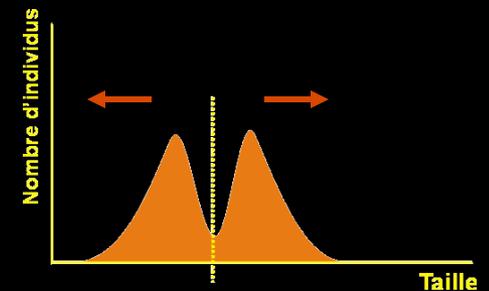
- Sélection directionnelle
- Sélection stabilisante
- Sélection diversifiante



Directionnelle

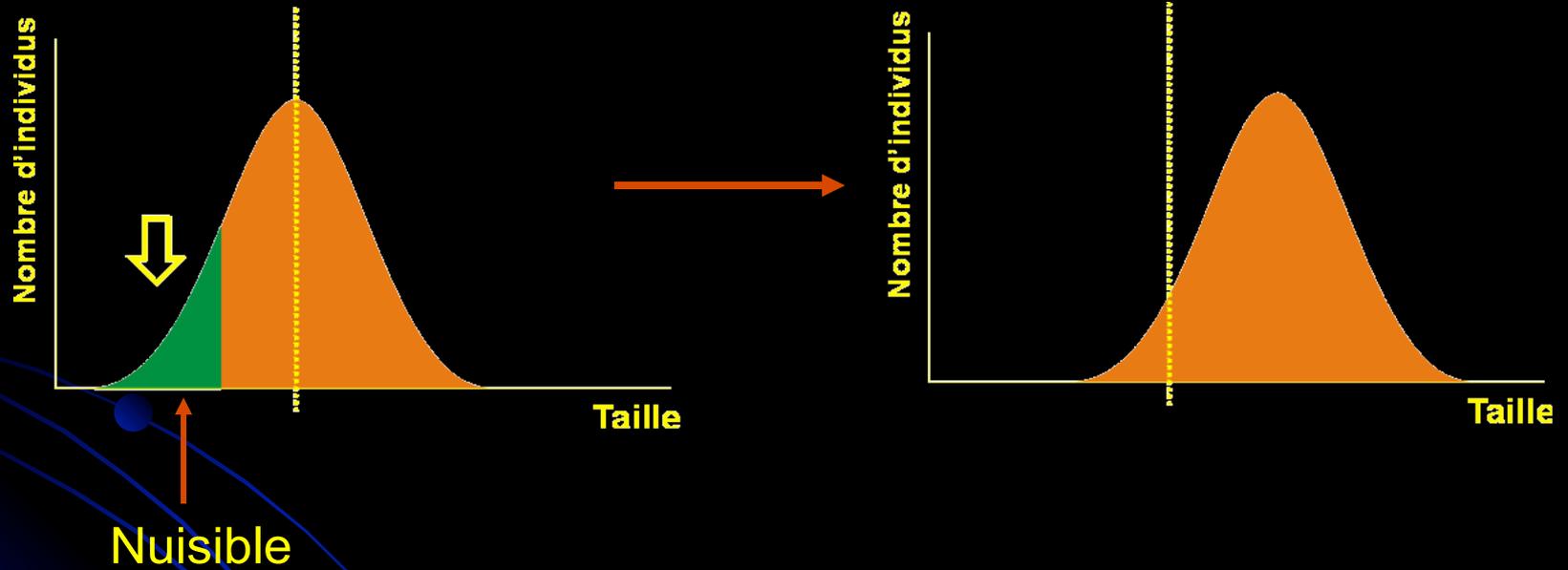


Stabilisante

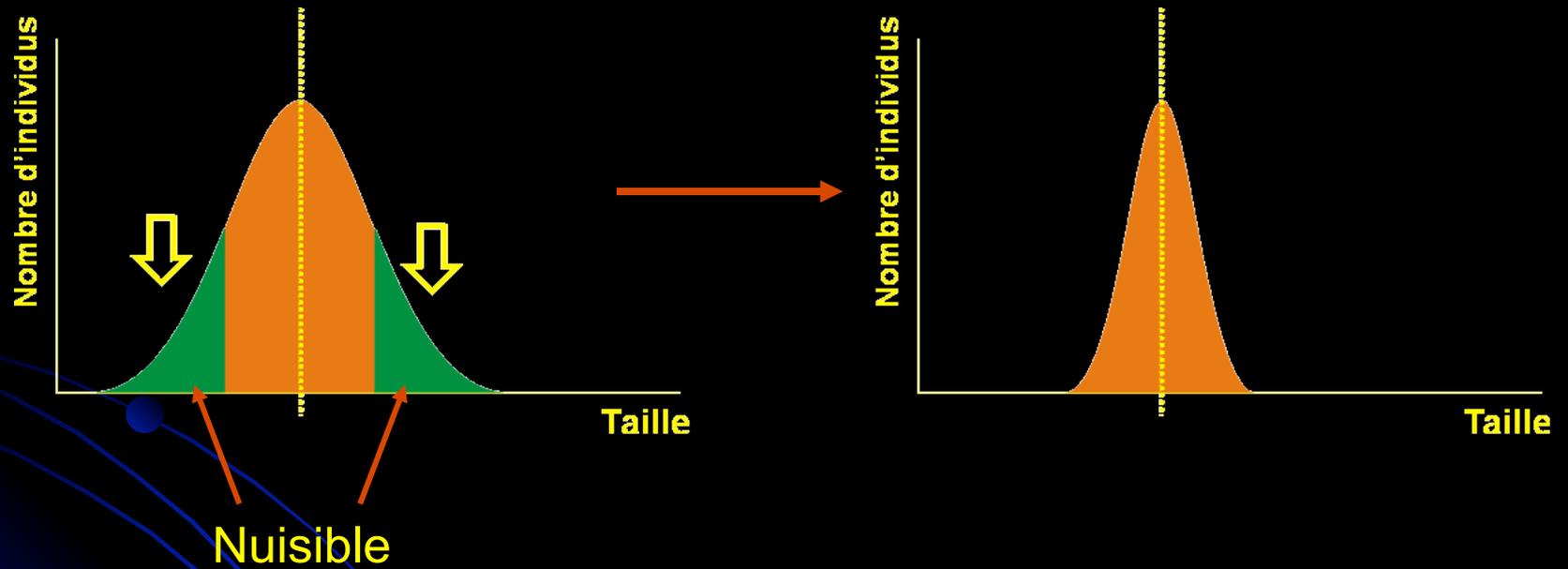


Diversifiante

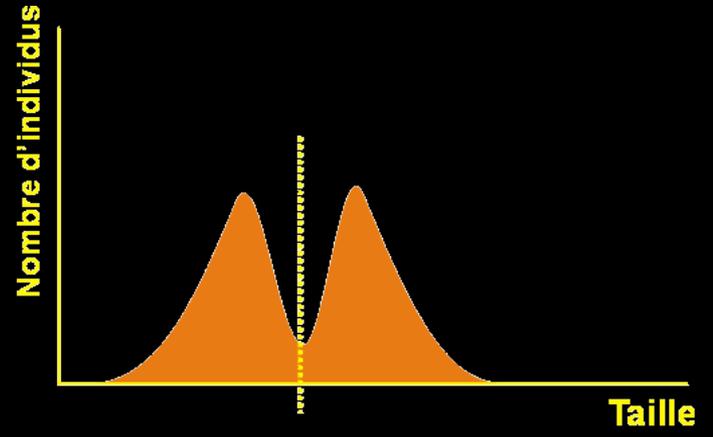
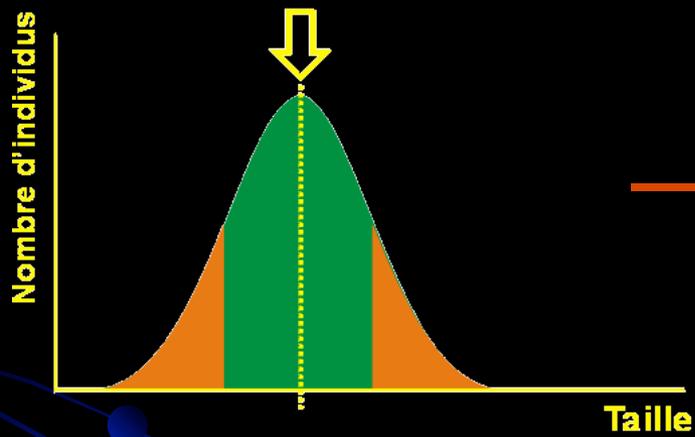
Sélection directionnelle



Sélection stabilisante



Sélection diversifiante



Nuisible

Y a-t-il évolution actuellement dans l'espèce humaine?

Pour qu'il y ait évolution, il faut :

- Diversité génétique
- Sélection naturelle

Est-ce le cas chez les humains ?

La sélection naturelle est-elle vraiment nécessaire?



Sélection naturelle

- Croissance naturelle des populations (en fonction du milieu);
- Compétition croissante dans le milieu (réserves limitée);
- Modification de la population, → survie des plus aptes;
- Caractères favorables sont favorisés (Sélection)

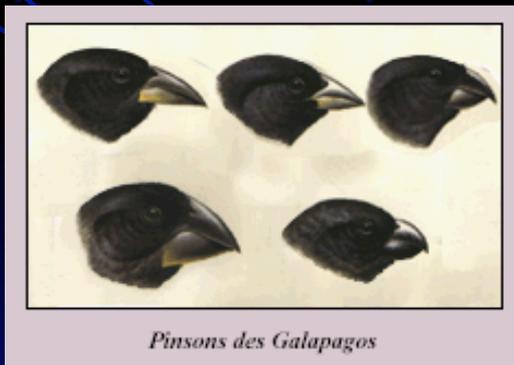
Sélection naturelle ⇔ Sélection artificielle (hybridation)



Parfois la survie du moins apte
dans des conditions particulières

La génétique rattrape Darwin

- Génétique **des populations** ↔ Génétique **moléculaire**
- Le développement plus ou moins important du bec est dû à l'expression modulée d'un gène codant une protéine (BMP4) entrant dans un processus de stimulation de la croissance du bec. (2004)
- Seule divergence entre ces différentes variétés (explication génétique)
- Un caractère = **plusieurs gènes** en interaction modulant l'expression du phénotype



Pas de contradiction avec Darwin
Darwin comme Mendel d'ailleurs
ne connaissait pas les gènes

Difficultés pour Darwin

- Il ne connaissait pas les gènes (comme Mendel);
- Acceptation difficile dans le monde scientifique que la Sélection naturelle est le moteur même de l'évolution;
- Contradiction **Entre** Parents = enfants (descendance) **ET différents** car Évolution;
- Inertie des adeptes de l'évolution prédictive vers des formes complexes (proche de Lamarck);
- Darwin = inégalité des succès reproductifs de sujets différents;

Théorie Synthétique (Néodarwinisme) – 20^{ème} Siècle

- Génétique des populations à la rescousse de Darwin et de Mendel;
- Synthétique ? = intégration des connaissances en paléontologie, taxinomie, biogéographie, génétique des populations;
- **Population = unité fondamentale d'évolution; groupe isolé dans le temps et l'espace;**
- **Sélection = mécanisme d'évolution**
- **Dobzhansky – Mayr, Stebbins, Simpson**

- Rechercher des informations plus précises sur la théorie synthétique de l'Évolution (à faire); La notion de microévolution dans une population.
- Trouver plusieurs exemples d'adaptation aux milieux dans les espèces végétales et/ou animales – aussi dans le comportement (éthologie)

Théorie synthétique de l'évolution

Mutations génétiques font apparaître de nouvelles caractéristiques physiques.

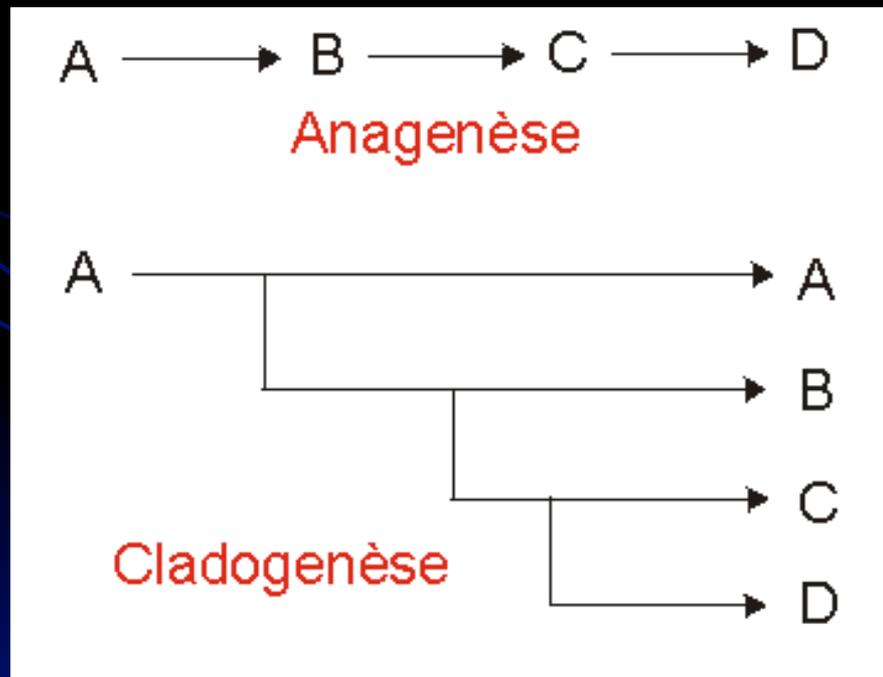
Exemples:

- Mutation d'un gène codant pour une enzyme : permet la formation d'un nouvel allèle codant pour une enzyme possédant des propriétés différentes de l'ancienne.
- Mutation d'un gène intervenant dans le développement embryonnaire (homéogène) permet de grandes modifications physiques.
- Polygénie (multiplication des gènes dans le génome) permet la formation de nouveaux gènes qui s'ajoutent aux anciens.

LA SPÉCIATION ET LE CONCEPT D'ESPÈCE

Spéciation = formation d'une nouvelle espèce à partir d'une espèce ancestrale

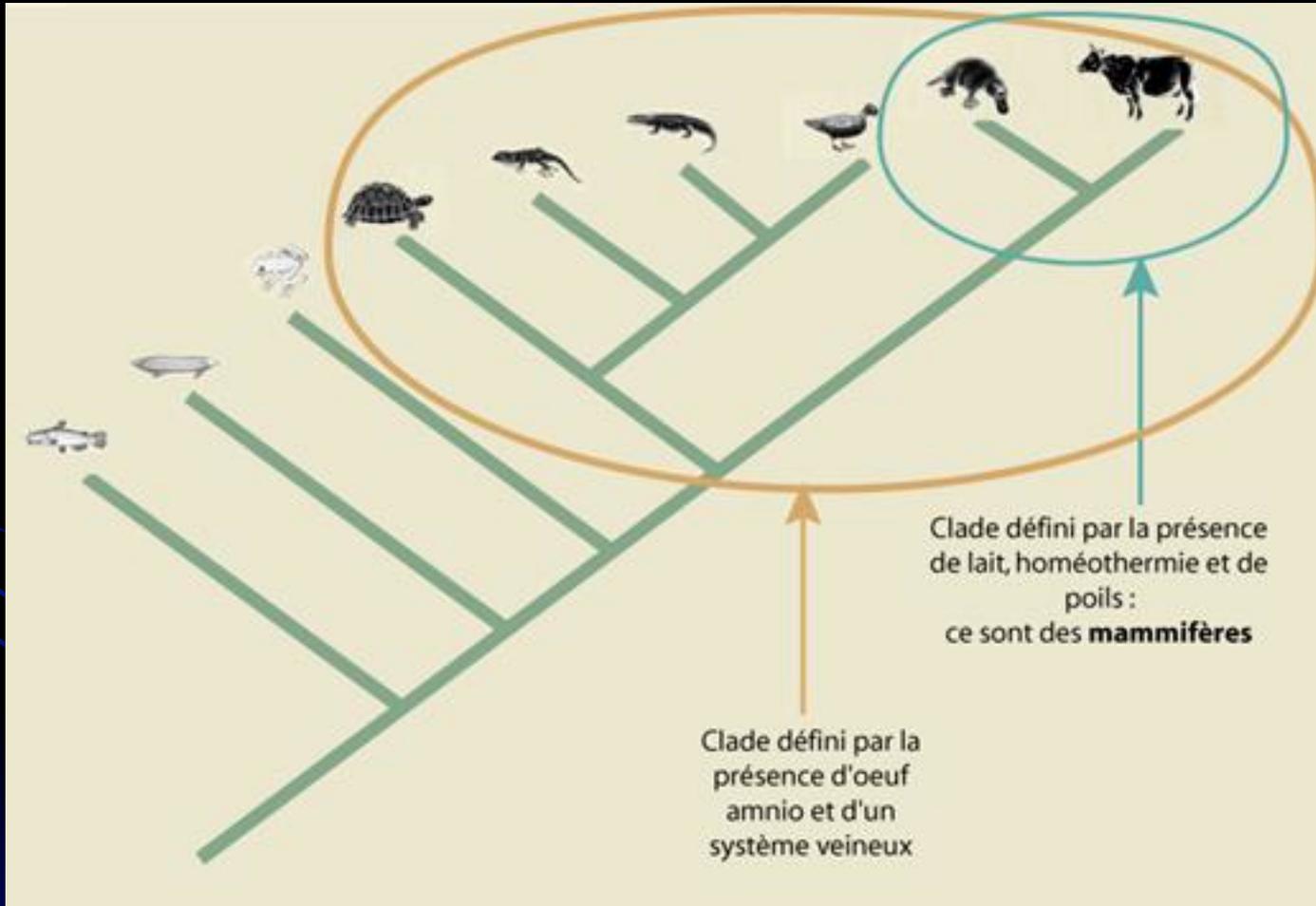
Mode le plus fréquent = **cladogénèse**



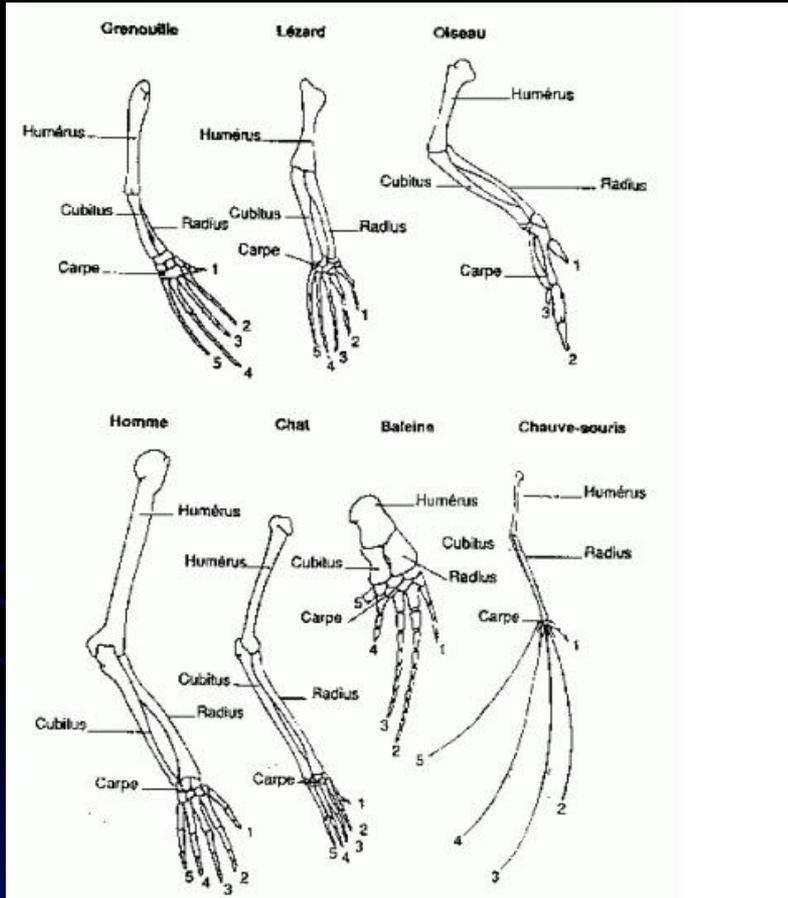
==> Diversité biologique

Notion de Cladogramme

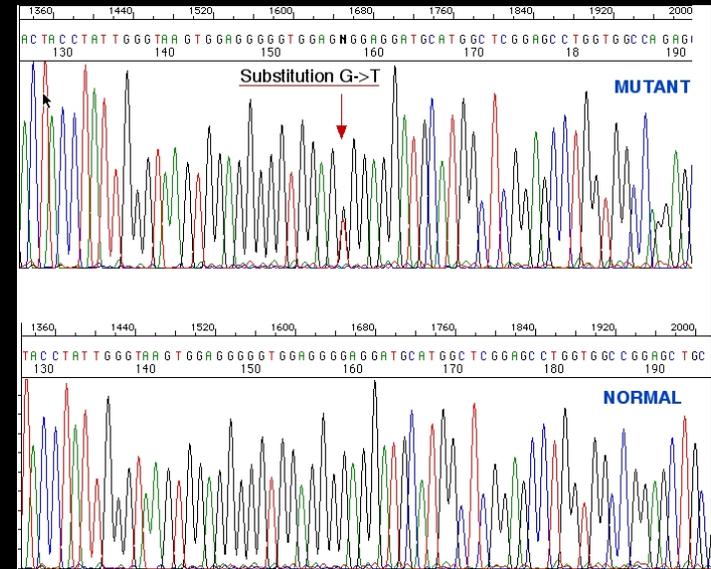
Temps

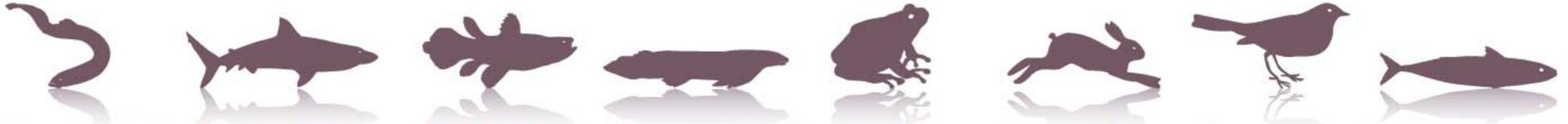


Comparaisons morphologiques et physiologiques

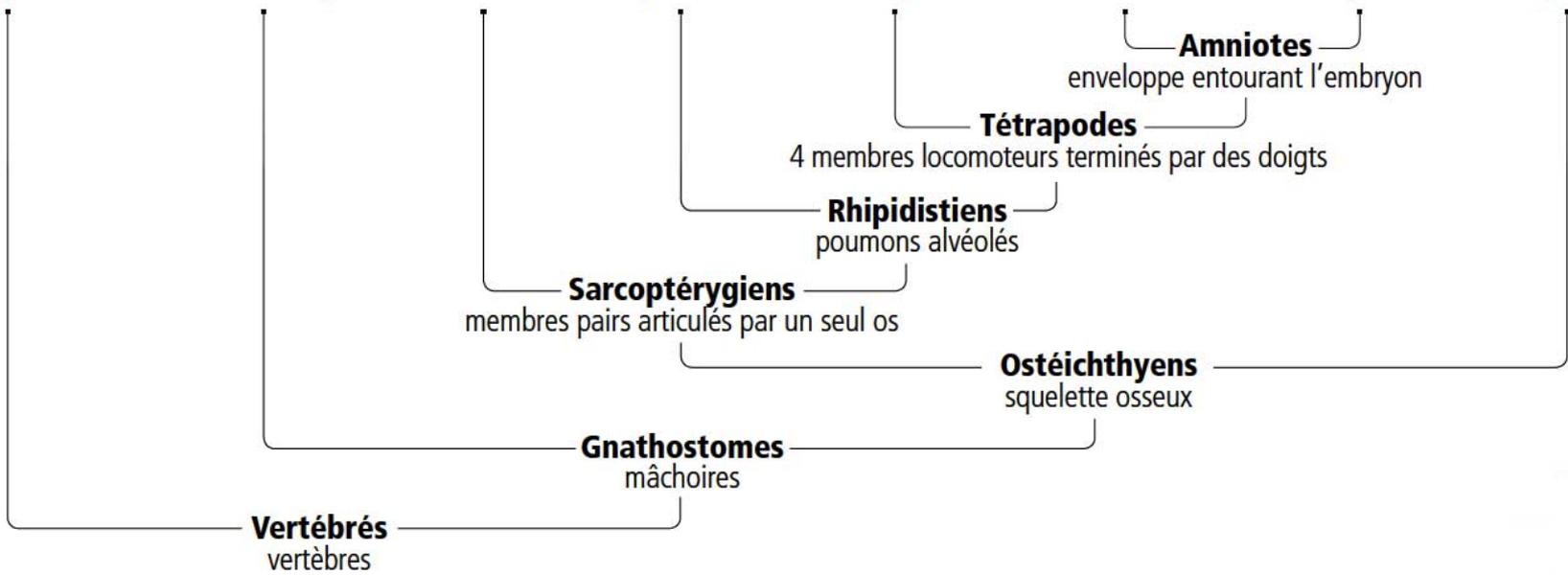


Comparaisons séquences ADN et Gènes

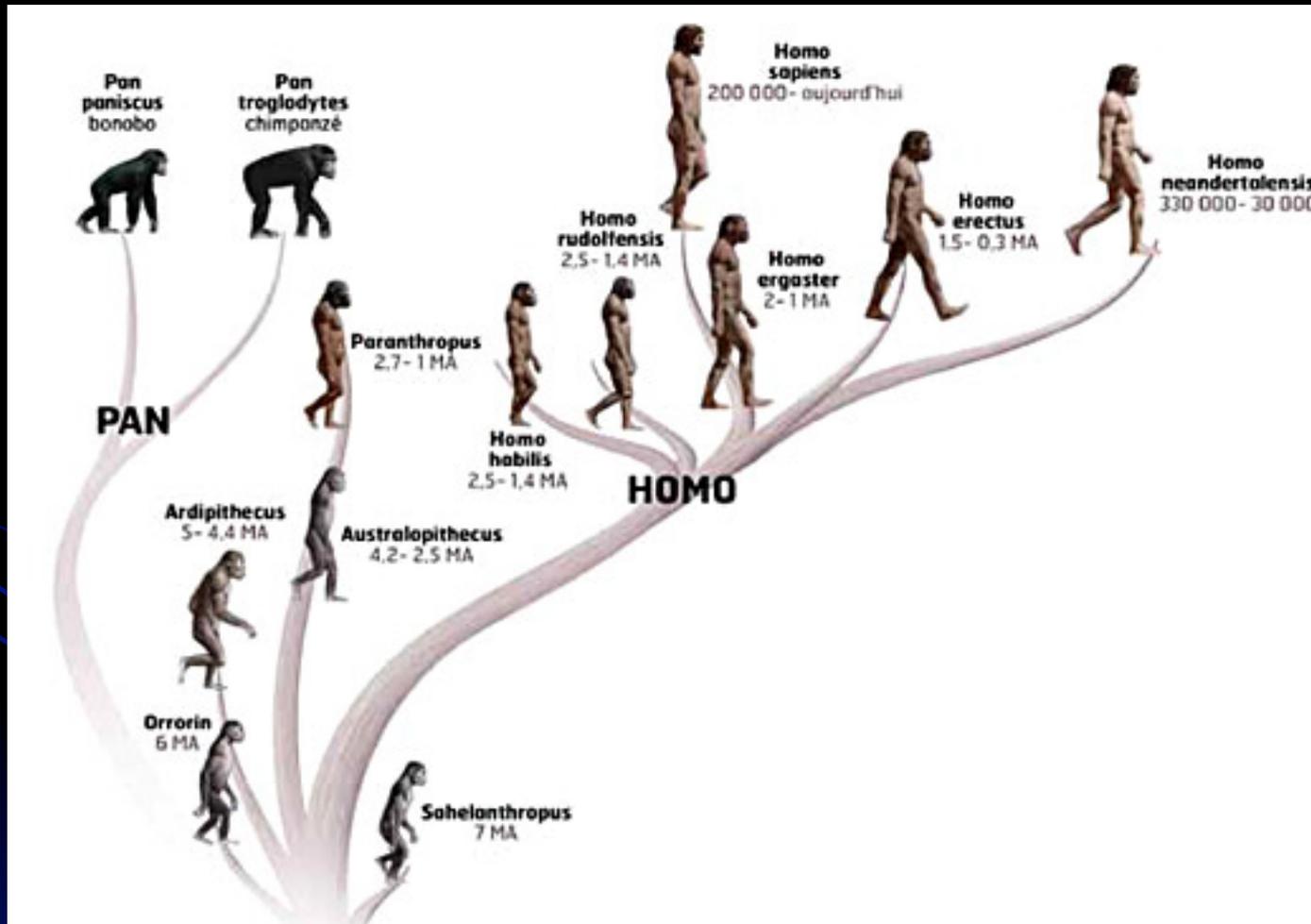




Pétromyzontides **Chondrichthyens** **Actinistiens** **Dipneustes** **Lissamphibiens** **Mammifères** **Sauropsides** **Actinoptérygiens**



Cladogramme du genre Homo et évolution buissonnante



Conséquences

Il peut y avoir spéciation s'il y a isolement génétique : barrière qui empêche un groupe d'individus de se reproduire avec le reste de la population.

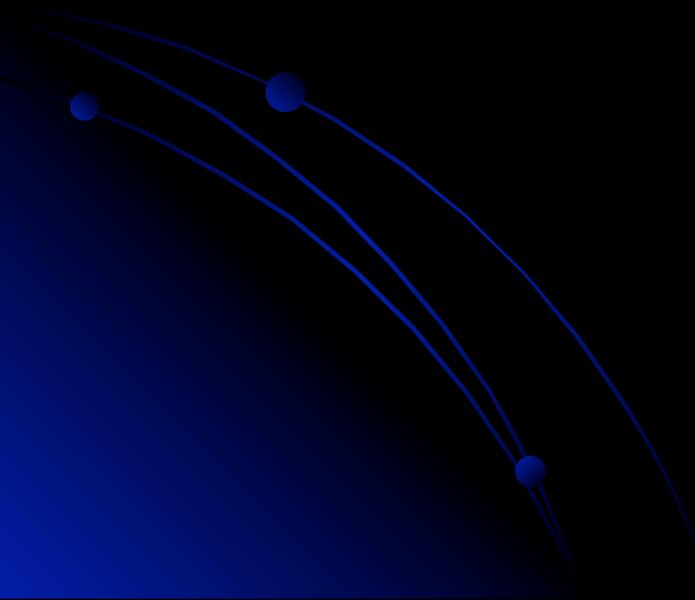
Le groupe isolé peut diverger génétiquement au point de ne plus pouvoir se reproduire avec le reste de la population = nouvelle espèce.

- Dérive génétique
 - Mutations nouvelles
 - Sélection différente
- 

Isolement peut être causé par:

Barrières géographiques

- Formation d'îles
- Chaîne de montagne
- Glacier
- Désert
- Lacs isolés
- Etc.



Barrières biologiques

Isolement écologique : une partie d'une population préfère un milieu écologique différent de celui du reste de la population.

Isolement temporel

Isolement éthologique (comportements différents)

Isolement mécanique (appareils reproducteurs différents)

Isolement gamétique (gamètes ne se reconnaissent plus suite à des mutations de protéines de surface)

Isolement génétique (mutation qui rend certains individus stériles avec d'autres, mais fertiles entre eux)

Spéciation allopatrique

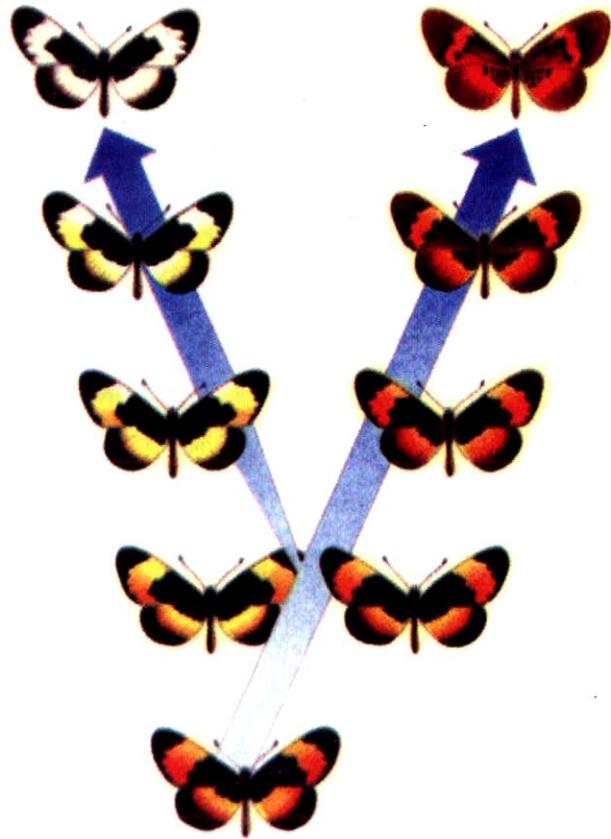
Groupes séparés par un isolement géographique

Spéciation sympatrique

Les nouvelles espèces se forment sur le même territoire que l'espèce ancestrale (pas d'isolement physique)

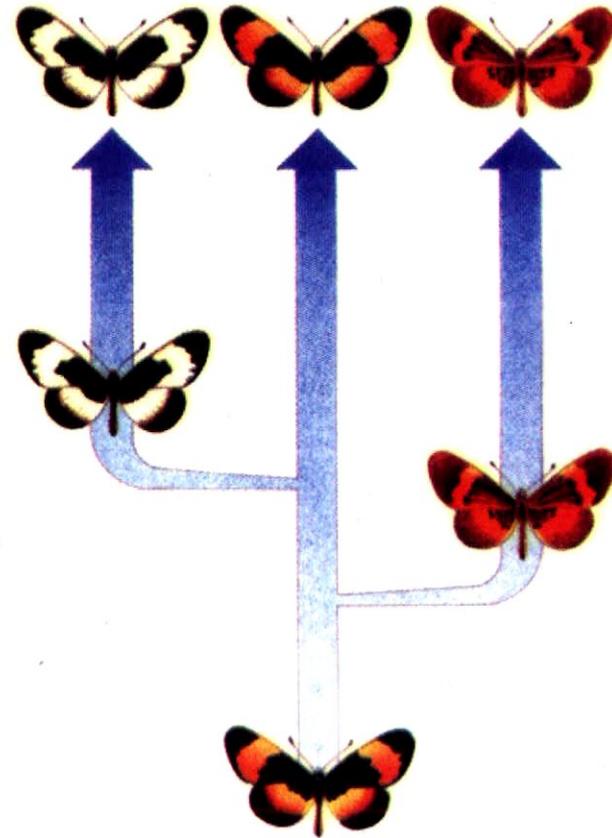


Gradualisme et théorie des équilibres ponctués



(a) Gradualisme

↑
Temps



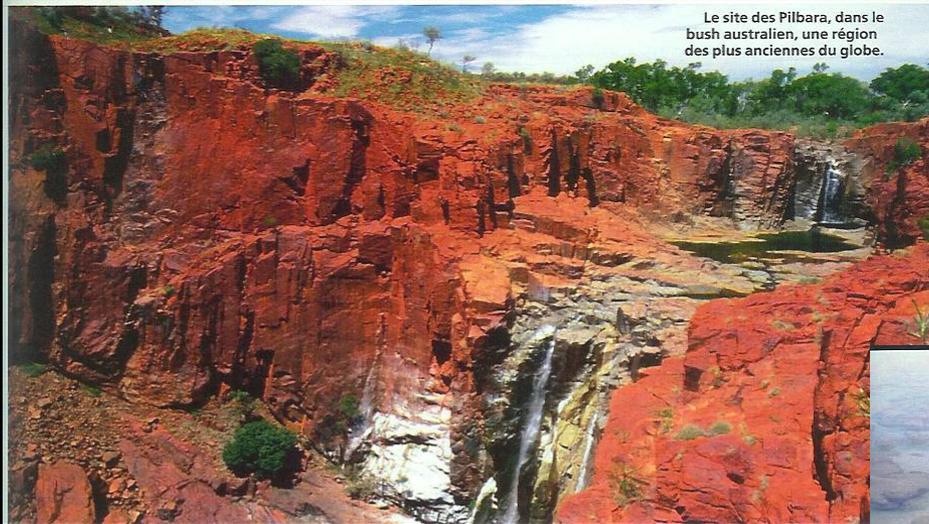
(b) Équilibres ponctués

D'après les fossiles, c'est le mode équilibre ponctué qui serait le plus fréquent.

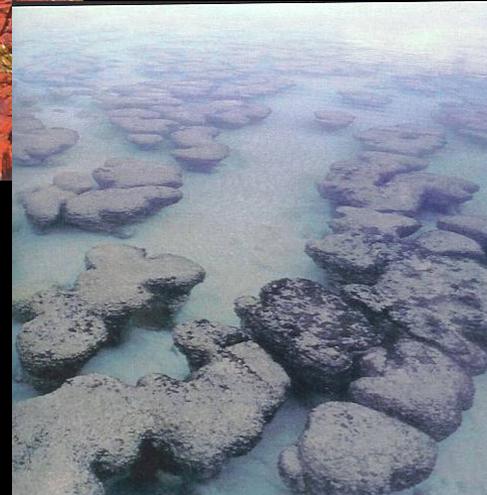
Les archives du passé

- Quelles sont les sources d'information pour un passé naturel et/ou biologique parfois vieux de quelques milliers d'années mais de plusieurs centaines de millions d'années ?
 - Les roches (géologie);
 - Les fossiles (minéralisation des tissus mous et durs) liés aux roches (paléontologie);
 - Les carottes de glace (paléoclimatologie);
 - L'observation d'autres astres (galaxies, étoiles, exoplanètes, Titan) pour l'histoire naturelle primordiale;
 - L'observation et l'étude directe de formes de vie simples et parfois archaïques (virus, bactéries, stromatolites, ...)

Les roches & les fossiles



Roches sédimentaires
les plus anciennes
(3 milliards d'années)

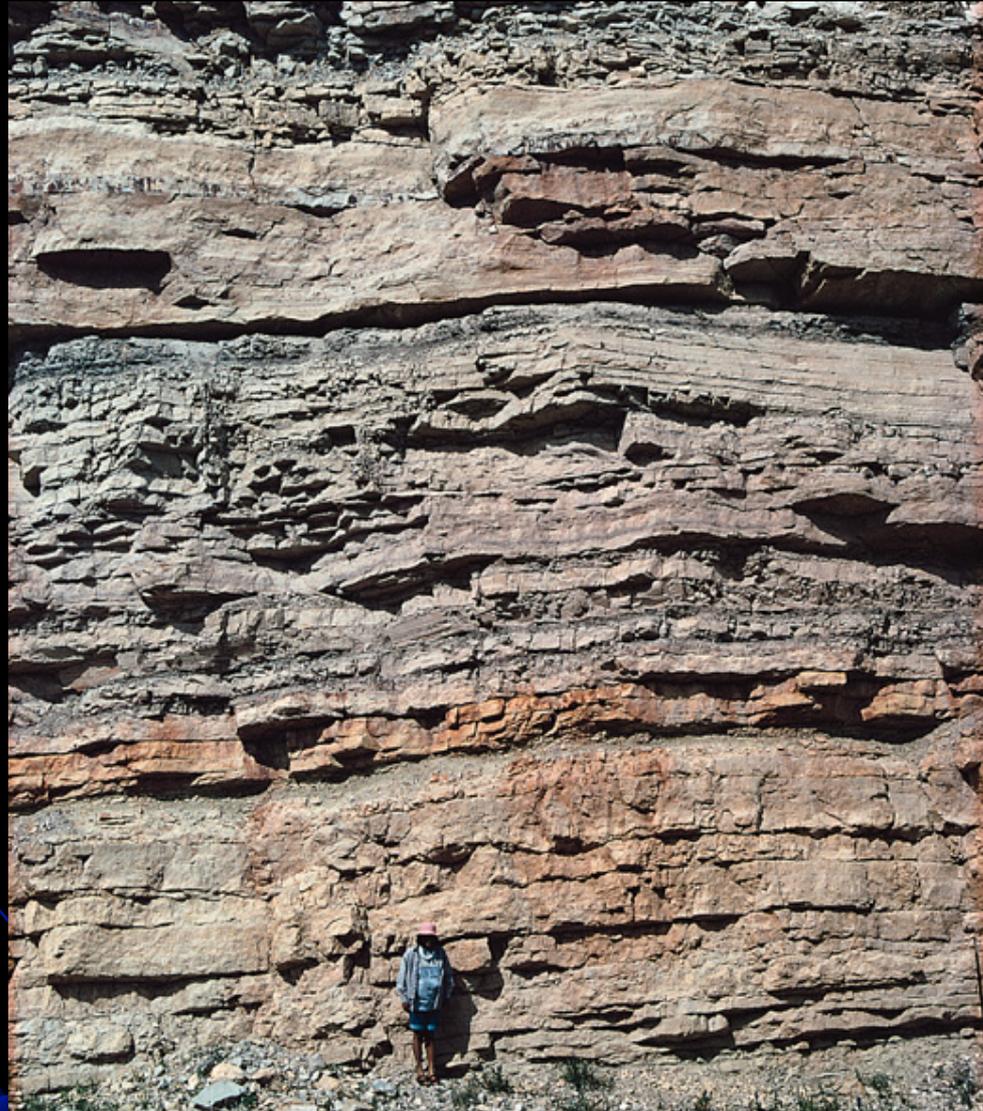


Stromatolites
actuels



Fossile d'un « archéo-oiseau » reptilien
dans son oeuf

Roches sédimentaires formant des strates superposées



Problème de la datation (1)

- **Datation relative**

- Enfouissement relatif de fossiles les uns sur les autres au travers des strates de sédiment (les plus anciens en profondeur) – fossiles stratigraphiques;
- Surrection inattendue et locale de couches sédimentaires (fausse les conclusions);
- Découverte d'extinctions massives par l'absence de fossiles dans certaines strates de sédiments; (réduction très importante du nombre de fossiles)
- Établissement de 4 grandes périodes « géobiologiques » : Précambrien, Paléozoïque, Mésozoïque, Cénozoïque
- Pas l'âge absolu (réel);
- Succession des changements (Évolution)

Un organisme peut se fossiliser SI:

- Recouvert de sédiments avant d'être complètement décomposé (milieu aquatique).
- Absence d'oxygène.
- Molécules organiques progressivement remplacées par des dépôts minéraux → modèle minéral de l'organisme mort





Un dinosaure meurt sur le bord d'un cours d'eau.

Une crue saisonnière submerge la carcasse qui est rapidement recouverte de sédiments entraînés par les eaux.





La chair se décompose
ne laissant que le
squelette.

Lentement, au cours de millions d'années, la matière osseuse est remplacée par des minéraux dissous dans le sol. Le squelette se minéralise.

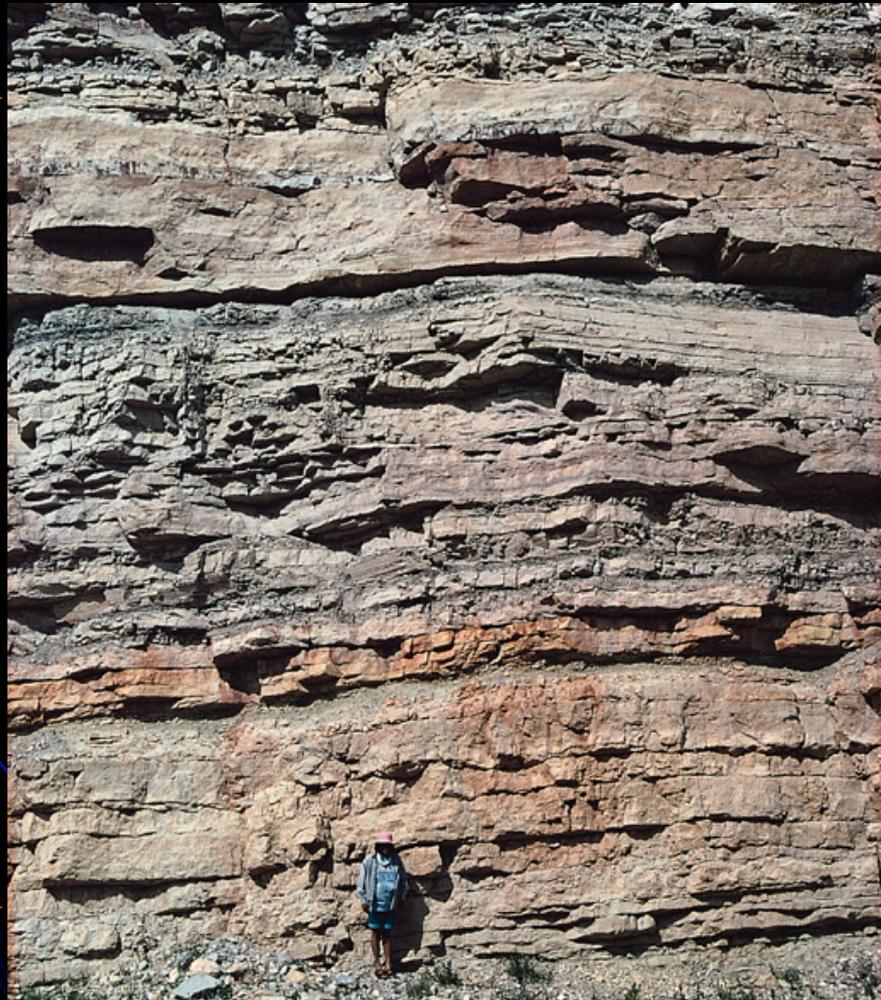




L'érosion peut éventuellement exposer le squelette minéralisé.

Plus la strate géologique est profonde, plus elle est ancienne.

Récent



Ancien

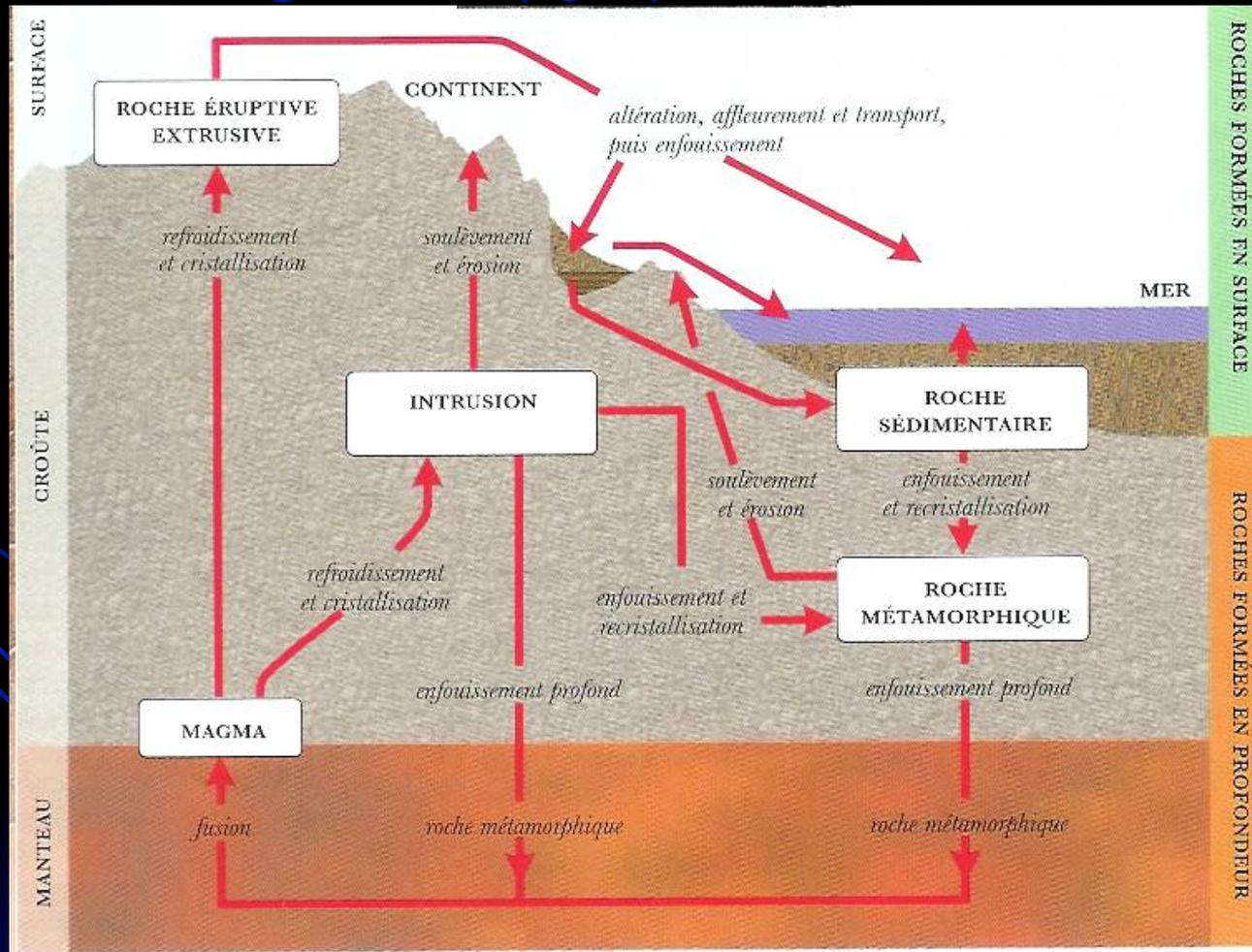


Strates géologiques → Histoire de la vie

- Des strates les plus anciennes aux plus récentes: certaines espèces apparaissent, d'autres disparaissent.
- Plus la strate est ancienne, plus les formes fossiles sont différentes des espèces d'aujourd'hui.
- Les types de fossiles sont disposées dans le même ordre, partout dans le monde.
 - Formes les plus anciennes ne contiennent pas d'organismes complexes.
 - Certaines formes sont toujours au-dessus d'autres formes.
 - Succession des formes dans les strates est toujours la même.

Comportement des roches (géologie)

- Évolution lente et graduelle (Lyell)

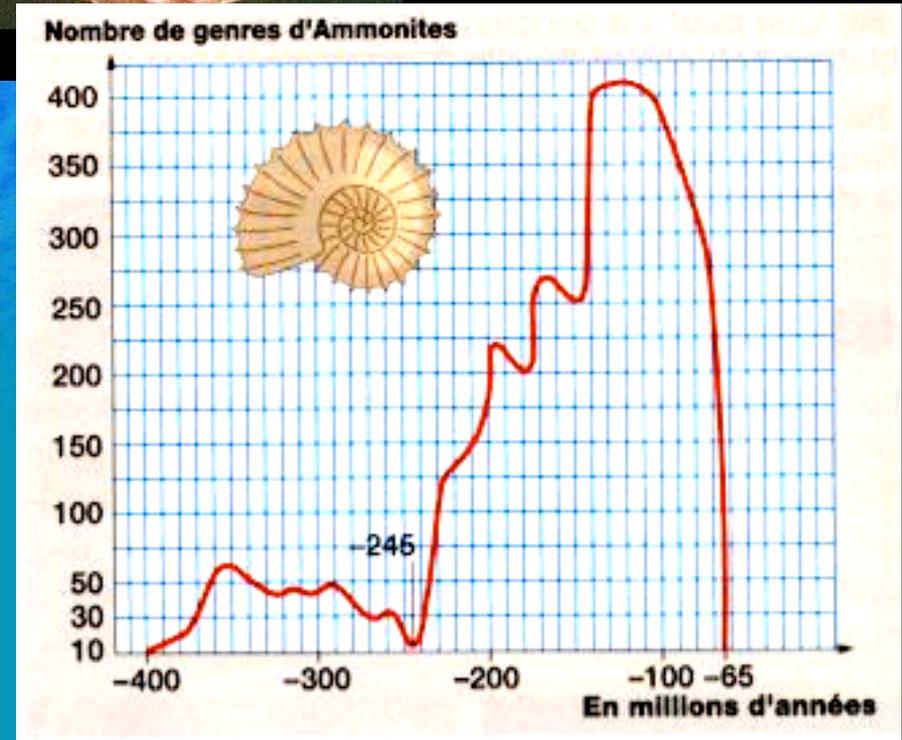
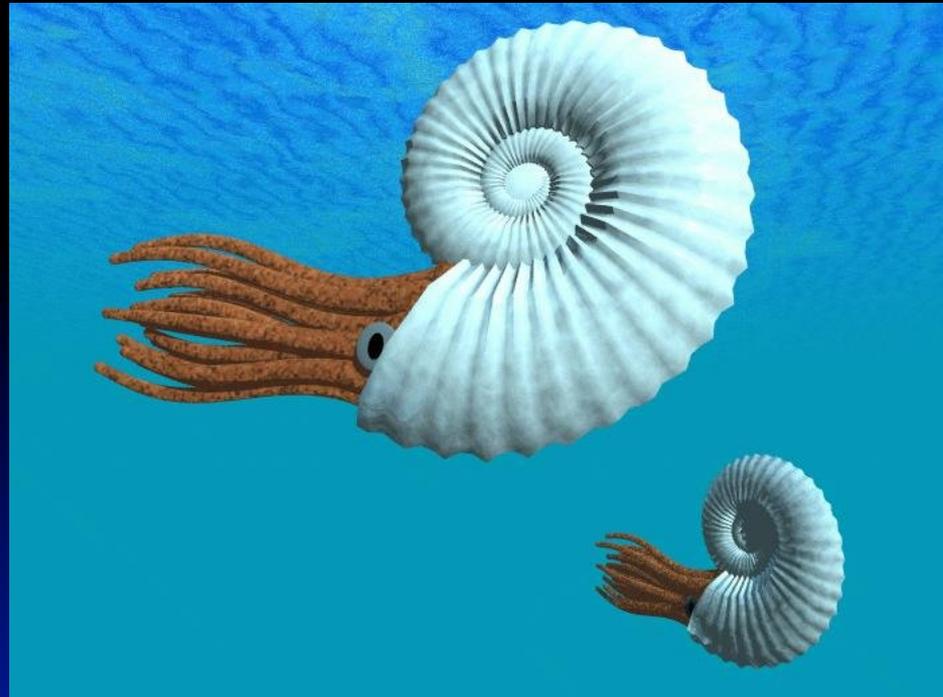


Datation des strates:

- **Datation absolue** (pas toujours possible): proportions d 'isotopes radioactifs.
 - > Ex. Datation $^{40}\text{Potassium}$ / $^{40}\text{Argon}$
- **Datation relative** identification des fossiles contenus dans la strate étudiée.

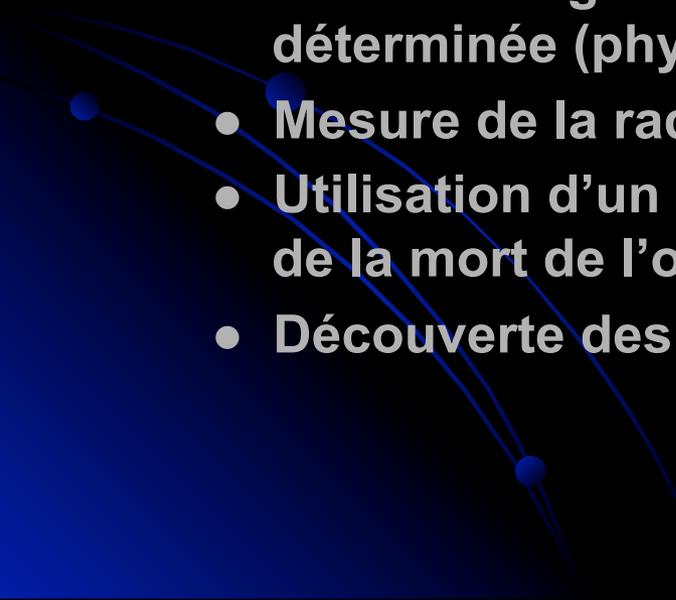
Certains fossiles sont tellement typiques d'une époque donnée, qu'ils peuvent être utilisés comme marqueurs stratigraphiques.

Les Ammonites



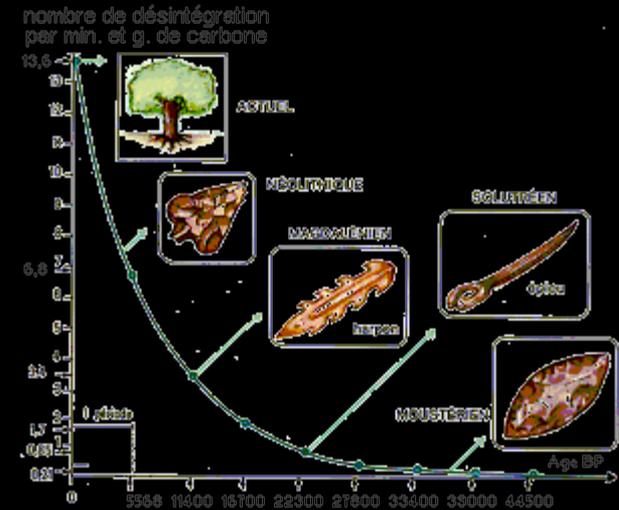
Évolution du nombre de genres d'Ammonites au cours du temps

Problème de la datation (2)

- **Datation absolue (ne signifie pas exacte)**
 - **Chronologie absolue par datation radioactive;**
 - **Isotopes instables (radioactifs) accumulés durant la vie de l'animal ou du végétal selon un profil de concentration bien déterminé;**
 - **Disparition progressive de l'isotope radioactif à partir de la mort de l'organisme selon une loi de dégradation bien déterminée (physique);**
 - **Mesure de la radioactivité résiduelle (en Becquerel);**
 - **Utilisation d'un abaque pour remonter à l'époque présumée de la mort de l'organisme ou de l'âge présumé de la roche;**
 - **Découverte des épisodes d'Évolution;**
- 

Datation au Carbone ¹⁴

- ¹⁴C est un isotope particulier du carbone;
- Pourcentage d'existence constant et connu (0,002%);
- Fabriqué dans la haute atmosphère (rayonnement cosmique);
- Précis jusqu'à -50000 ans (Préhistoire)



$$N = N_0 \cdot e^{-\mu t}$$