

TD Évolution & comportement

Gwenael Kaminski (bureau 209)

Gwenael.Kaminski@upmf-grenoble.fr

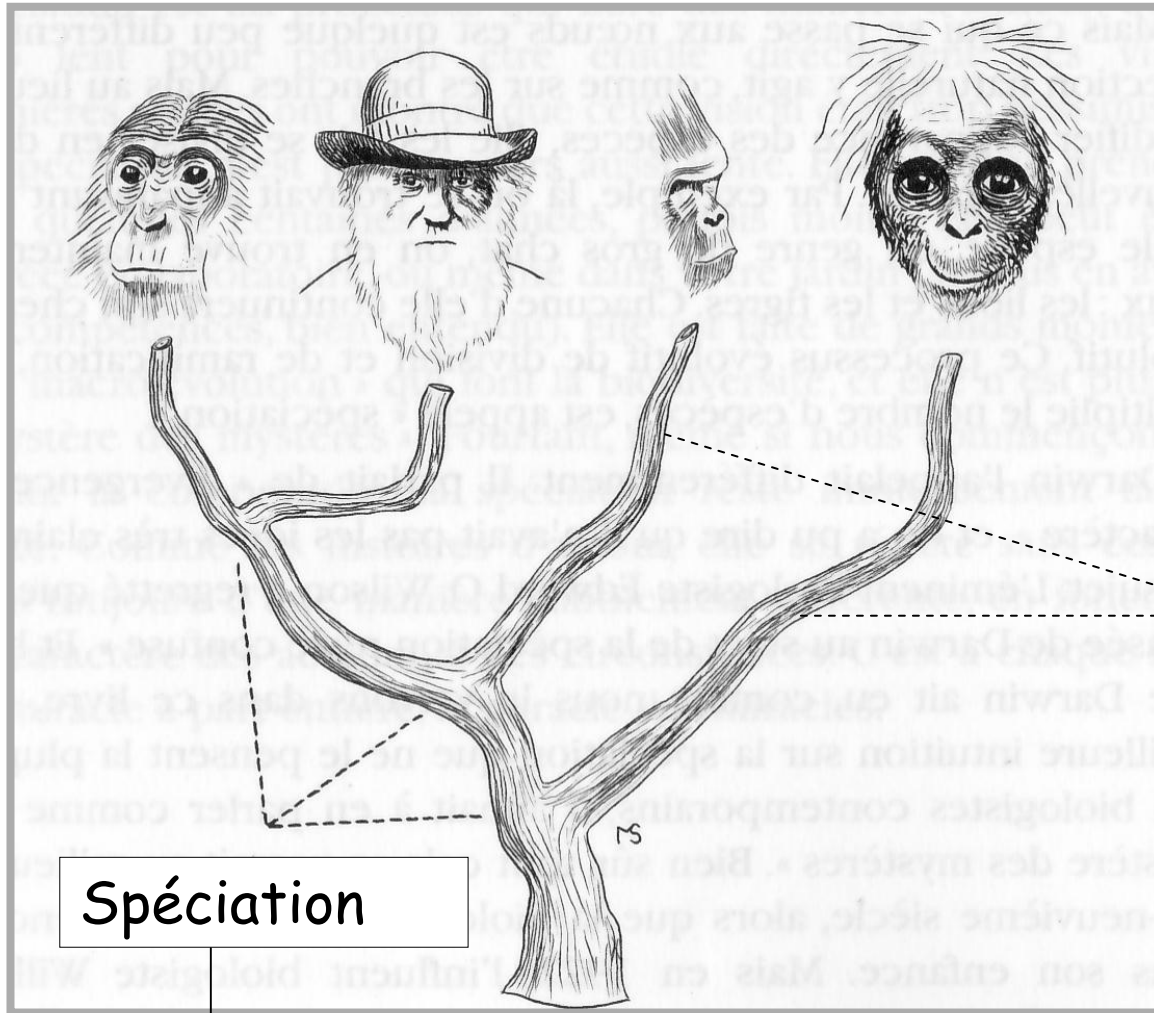
<http://brassens.upmf-grenoble.fr/~gkaminsk/index.htm>

Plan des TD

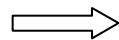
- ☆ Arbres évolutifs, analogie/homologie....
- ☆ Spéciation, phénomène endémique, horloge moléculaire...
- ☆ Évolution humaine, encéphalisation, théorie de Papez...

Plan du TD

- ☆ Notion d'espèce
- ☆ Spéciation
- ☆ L'évolution des espèces
- ☆ Horloge moléculaire
- ☆ Microévolution



au niveau des
noeuds



biodiversité

Sélection
naturelle



à l'intérieur
d'une branche

Qu'est ce qu'une espèce ?

Actuellement pas de consensus absolu sur la définition d'une espèce, si bien que plusieurs concepts coexistent :

☆ Biologique :

communauté d'individus interféconds pouvant échanger du matériel génétique. Les membres d'une espèce possèdent un pool génétique commun. Les différentes espèces sont reproductivement isolées et donc interstériles. Il existe des barrières reproductives entre les espèces.

☆ Évolutif :

ensemble de populations qui partagent un destin évolutif constituant une unité évolutive dans le temps. Concept développé pour l'étude d'espèces fossiles.

☆ Typologique, phénétique :

les espèces se distinguent par leur degré de ressemblance au niveau phénotypique (critères anatomiques et physiologiques).

Chaque définition pose quelques problèmes :

Évolutive

ensemble de populations qui partagent un destin évolutif constituant une unité évolutive dans le temps. Concept développé pour l'étude d'espèces fossiles.

↓
choix d'un trait pertinent pour catégoriser l'espèce ?

Phénétique

les espèces se distinguent par leur degré de ressemblance au niveau phénotypique (critères anatomiques et physiologiques).

↓
Pb convergence évolutive



Facile



Problème ?

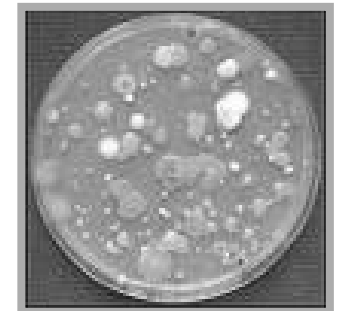
Chaque définition pose quelques problèmes :



Biologique

communauté d'individus interféconds pouvant échanger du matériel génétique. Les membres d'une espèce possèdent un pool génétique commun. Les différentes espèces sont reproductivement isolées et donc interstériles. Il existe des barrières reproductives entre les espèces.

1. nécessite une reproduction sexuée

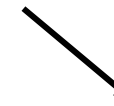


2. flux de gènes : introgression

3. barrières reproductives



difficile à
montrer/tester



cas des
hybrides

Mécanisme d'isolement reproducteur

L'évolution de l'isolement reproductif correspond à la mise en place de barrières à la reproduction, c'est-à-dire des mécanismes (ou propriétés) empêchant la fécondation ou conduisant à l'absence de production de descendants féconds.

↓

mécanismes pré-zygotiques

↓

intervenant avant la
formation du zygote

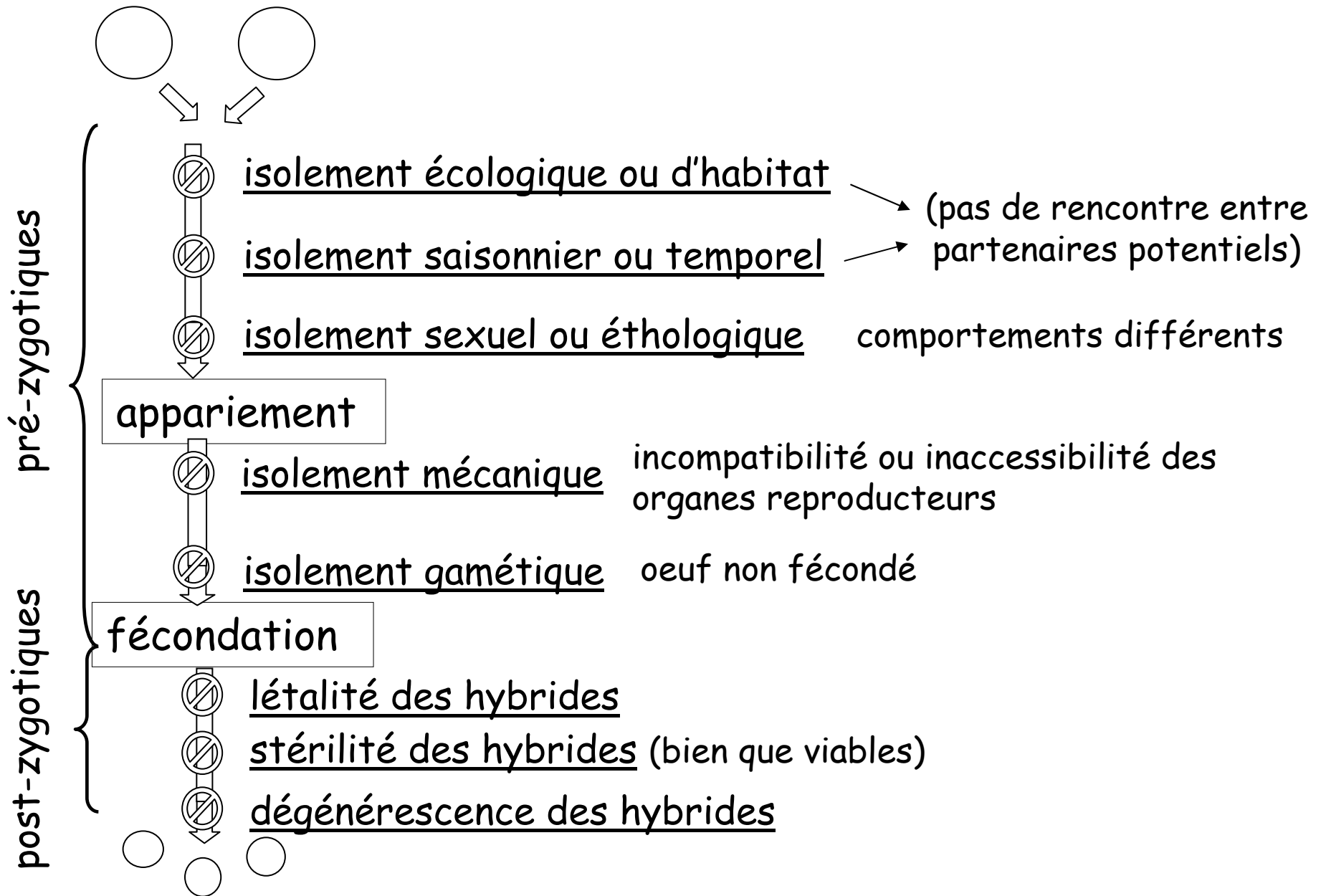
↓

mécanismes post-zygotiques

↓

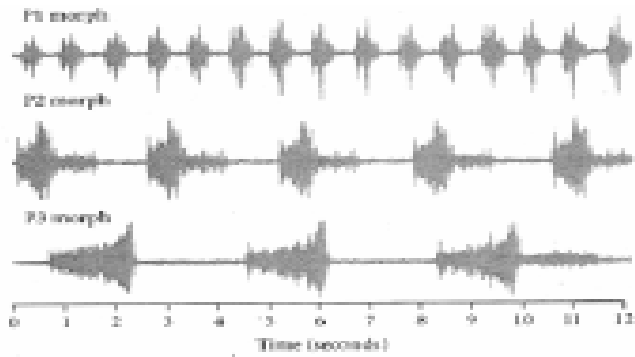
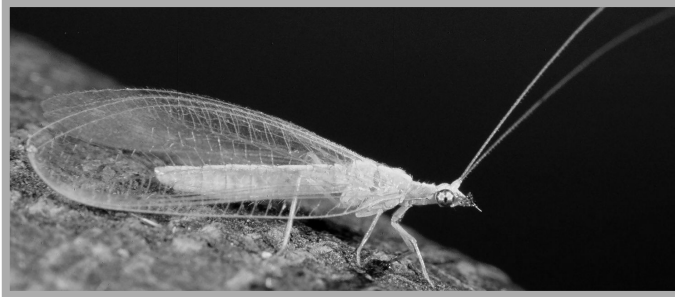
succès reproducteur des
hybrides faibles

Espèce



Espèce

isolement éthologique



létalité des hybrides



stérilité des hybrides



mulet

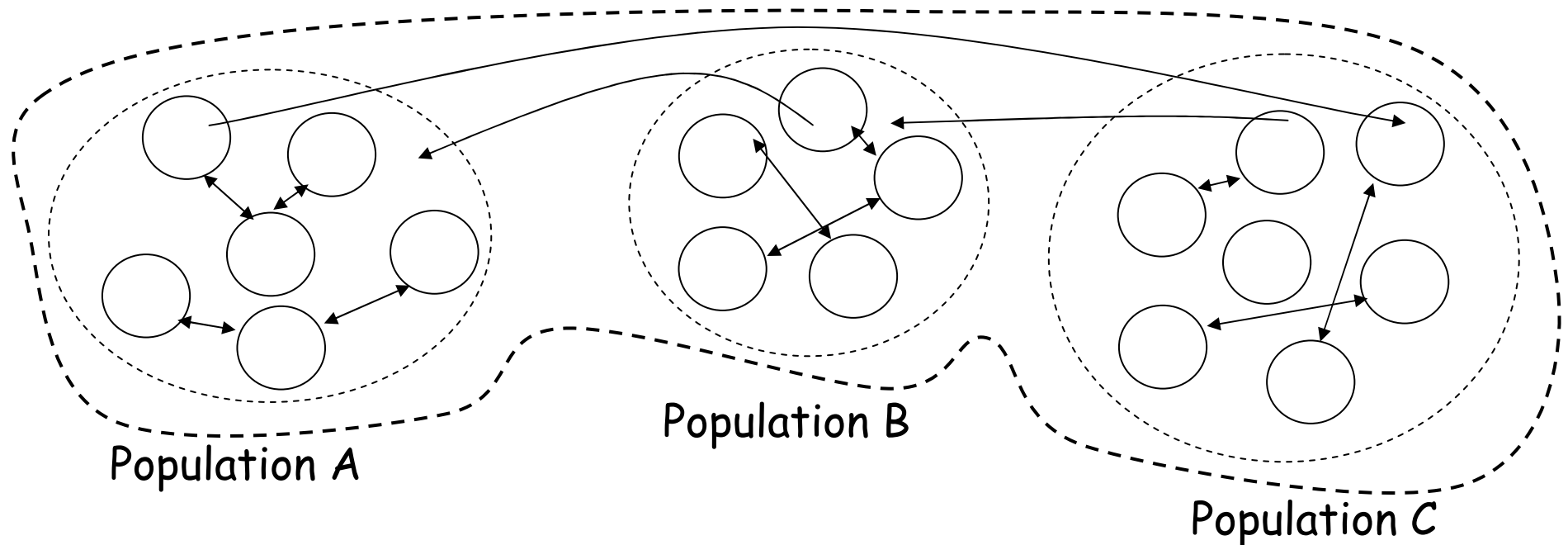


tigron

Espèce

○ Espèce X

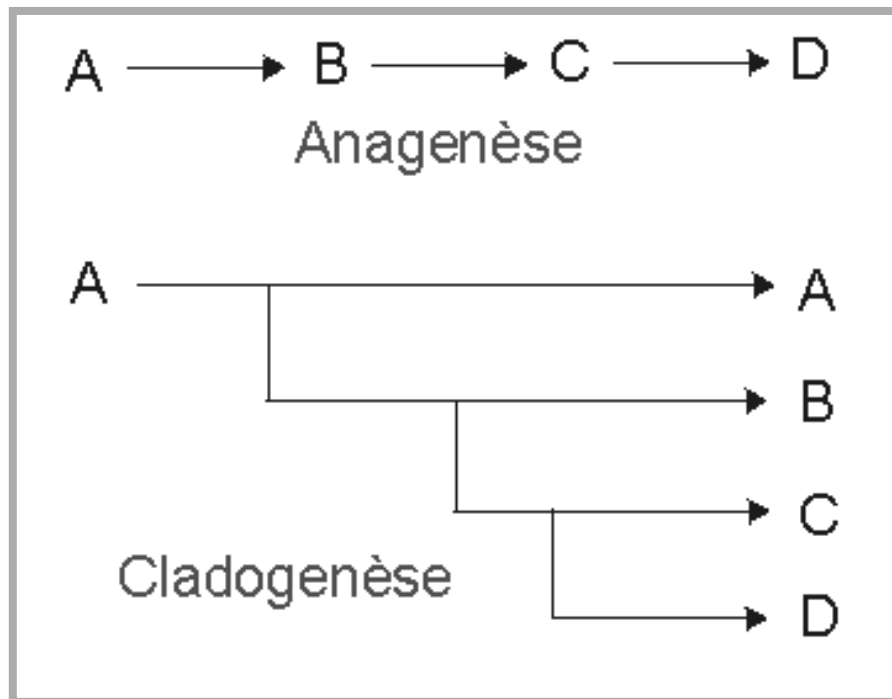
- ↔ à l'intérieur de chaque population, les individus s'unissent et s'accouplent librement, ± au hasard.
- de temps en temps un individu migre d'une population à l'autre, les populations vont évoluer de manière similaire et vont avoir tendance à présenter les mêmes allèles = grande population



si il y a arrêt des échanges génétiques entre populations : les populations vont commencer à diverger génétiquement. Elles vont pouvoir s'adapter à des milieux différents, et les différences génétiques vont s'amplifier = spéciation

Spéciation

La spéciation est la formation d'une ou de plusieurs nouvelles espèces à partir d'une autre, qui devient alors une espèce ancestrale. Il peut y avoir spéciation que s'il y a isolement génétique.



Mécanisme qui transforme une espèce ancestrale en une seule espèce descendante

Mécanisme qui transforme une espèce ancestrale en plusieurs espèces descendantes. N'implique pas forcément l'extinction de l'espèce parent.

↓
Diversité biologique

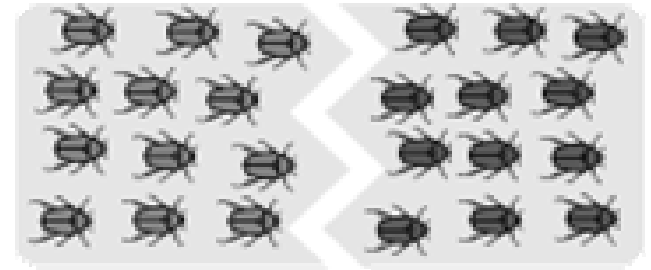
Spéciation

mode de spéciation

nouvelles espèces formées à partir...

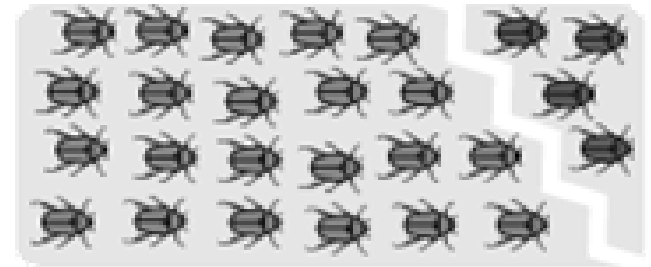
☆ allopatrique
(*allo = autre,*
patrique : patrie)

... d'un isolement géographique des populations



☆ péripatrique
(*peri= autour,*
patrique : patrie)

... d'un isolement d'une petite population (effet fondateur) dans une zone périphérique



☆ parapatrique
(*para= à côté de,*
patrique : patrie)

... d'un isolement (non physique) sur une aire contiguë



☆ sympatrique
(*syn= même,*
patrique : patrie)

... d'aires chevauchantes, avec isolement reproducteur



Spéciation allopatrique

la spéciation se produit dans des aires disjointes, par suite de l'isolement géographique des populations



La formation du grand canyon a divisé les populations de plusieurs espèces d'écureuils = spéciation allopatrique



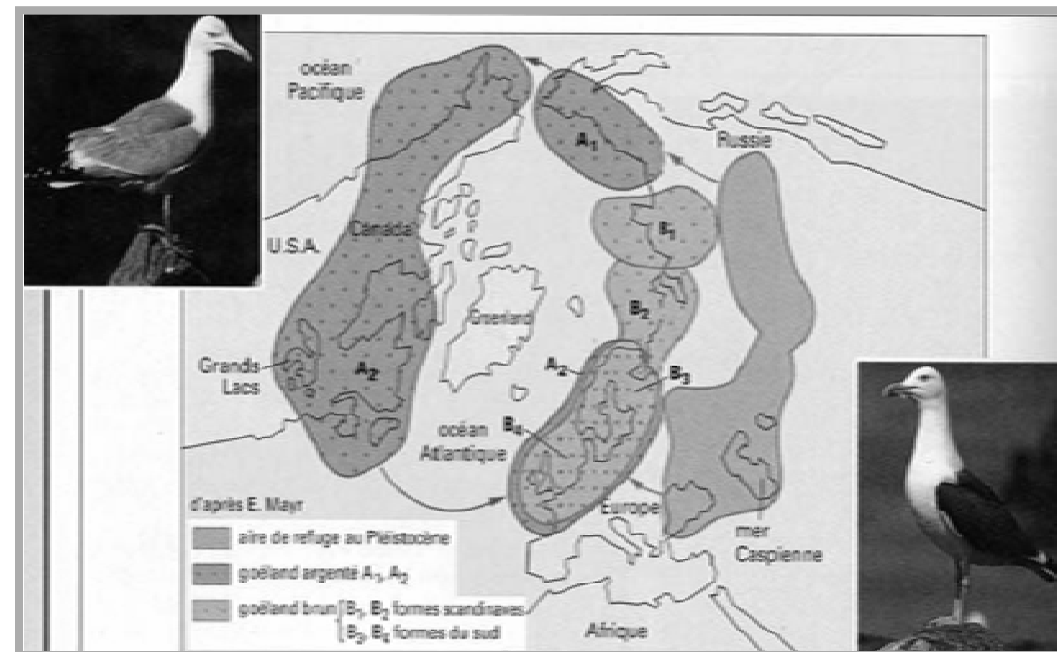
Spéciation ~
10 000 ans



Spéciation allopatrique

Modèle des anneaux espèces :

Les populations se différencient le long d'une zone circulaire. Elles sont interfertiles de proche en proche, mais pas entre les deux extrémités de l'anneau.

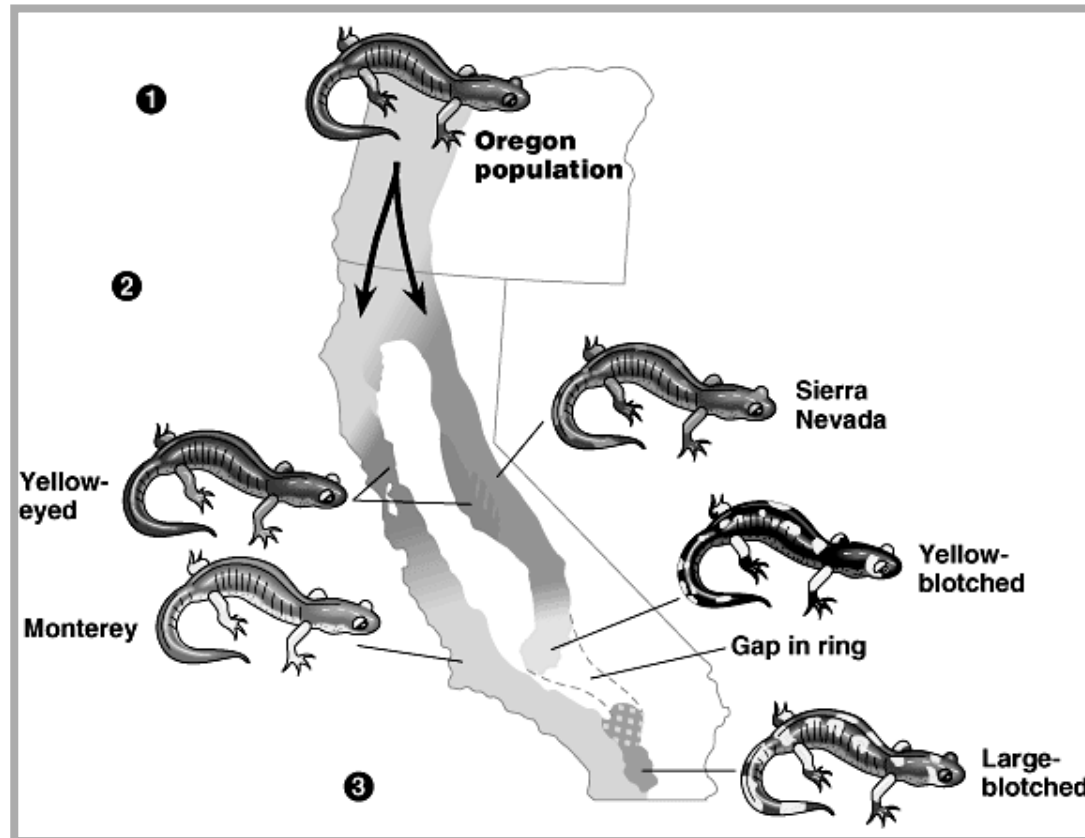


Les goélands bruns et argentés ne s'hybrident pas sur les côtes européennes et scandinaves, où leur territoire se chevauchent. Explication possible : à l'époque glaciaire (100 000 ans), les goélands vivaient dans des zones refuges (en orange), d'où les deux populations de goélands bruns et argentés se sont différenciées, l'une vers l'ouest (en rose), l'autre vers l'est jusqu'à revenir en Europe (en violet).

Spéciation allopatrique

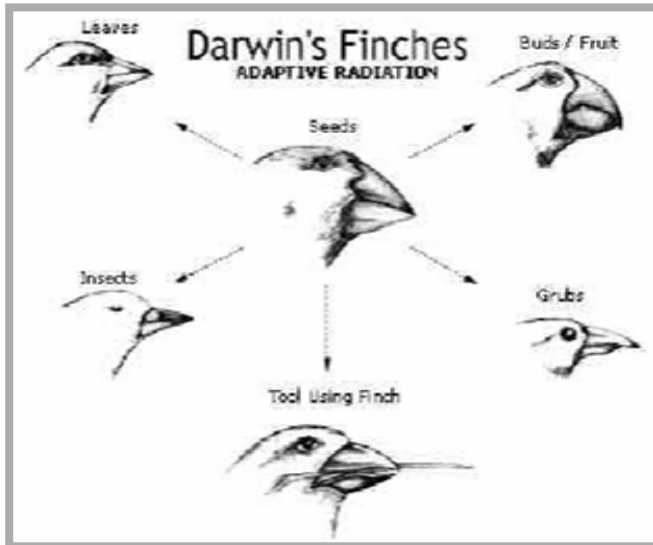
Modèle des anneaux espèces :

Salamandre *Ensatina* (ouest des Etats-Unis)



Les deux formes les plus au sud sont très différenciées morphologiquement, et ne s'hybrident pas.

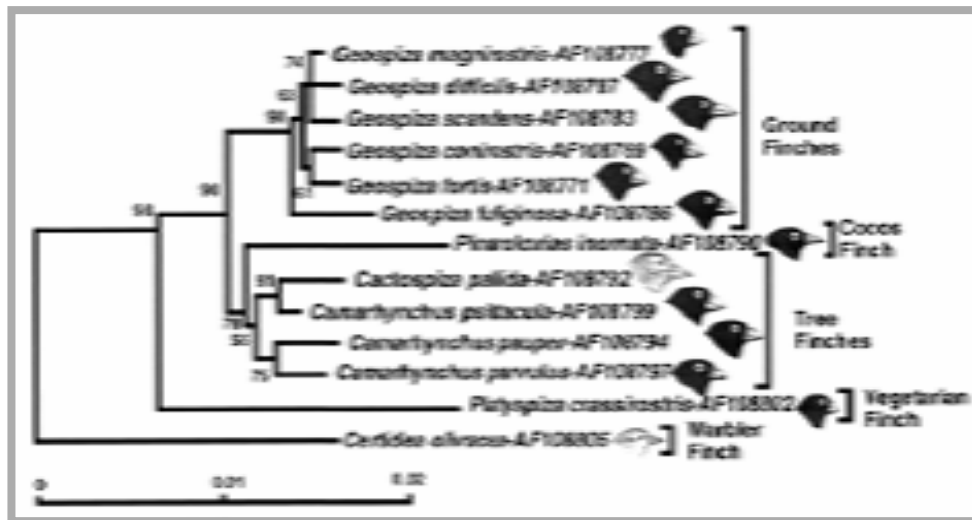
Spéciation allopatrique



Modèle de radiation adaptative

Quand une ou un faible nombre d'espèces donnent naissance à un grand nombre d'espèces dans une période relativement courte.

«Pinsons de Darwin» (Geospiza):
Archipel des îles Galapagos



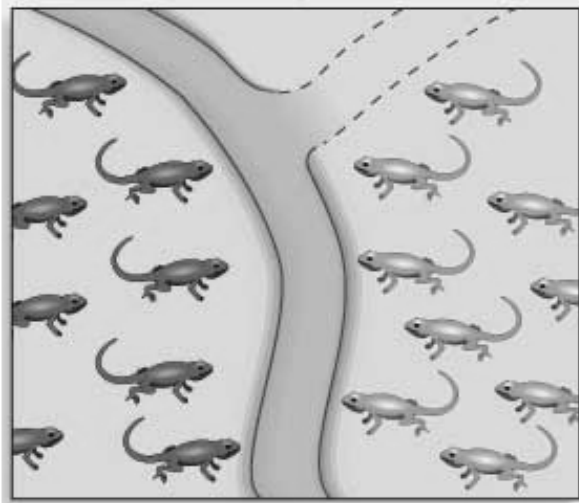
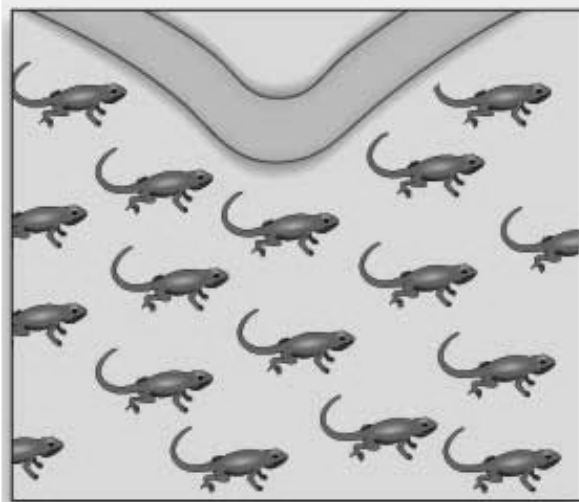
Les 13 espèces occupant les îles dérivent d'une espèce continentale. La spéciation s'est faite par adaptation à des milieux différents.

Reconstruction phylogénétique de l'ADNmt, très en accord avec les observations de Darwin

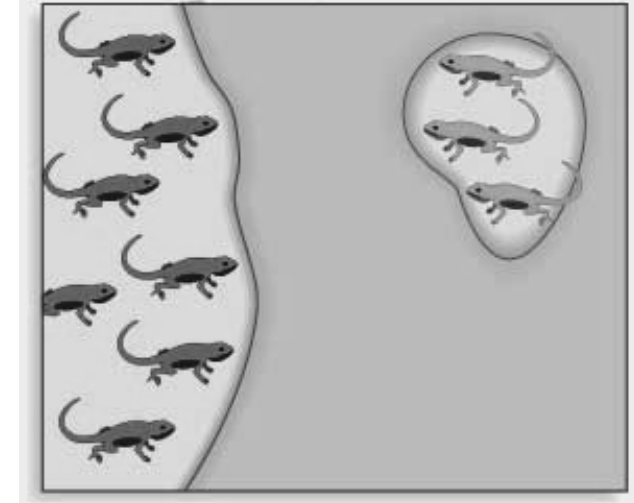
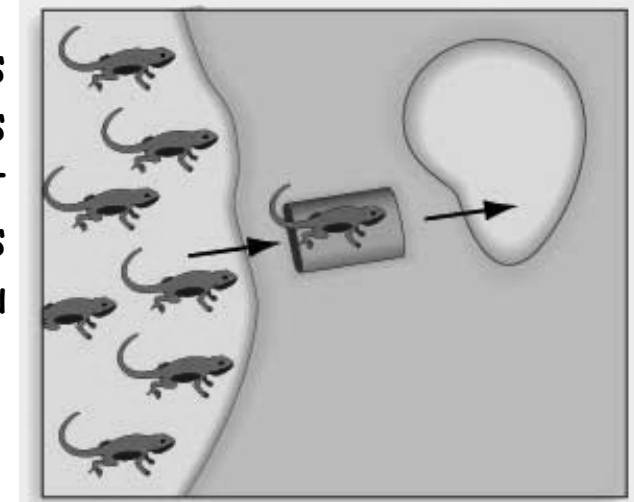
Spéciation

L'isolement géographique qui aboutit à la spéciation allopatrique peut provenir de deux mécanismes :

Vicariance



Dispersion

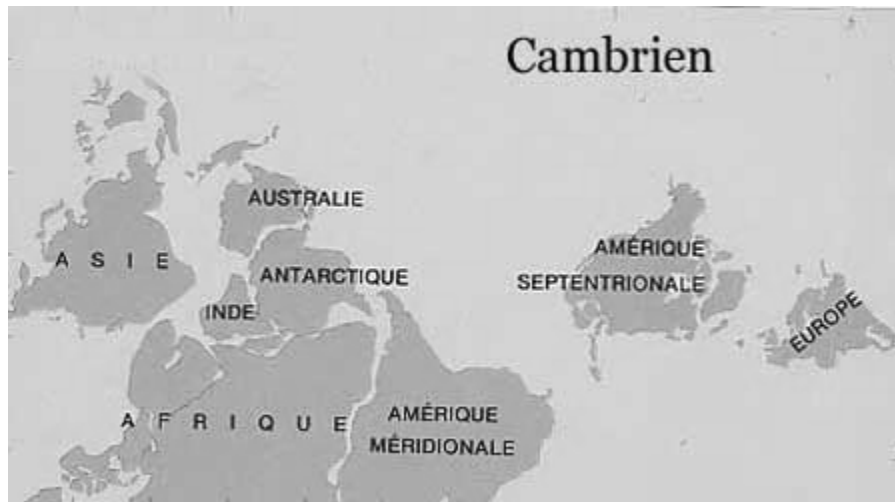


La distribution des espèces est déterminée par des événements géologiques et climatiques : dérive des continents, glaciation du pléistocène....

Le déplacement des espèces peut être :

- active (vol) ou
- passive (dérive, transport éolien...)

Encart : Dérive des continents



Il y a 540 millions d'années.



Il y a 355 millions d'années.

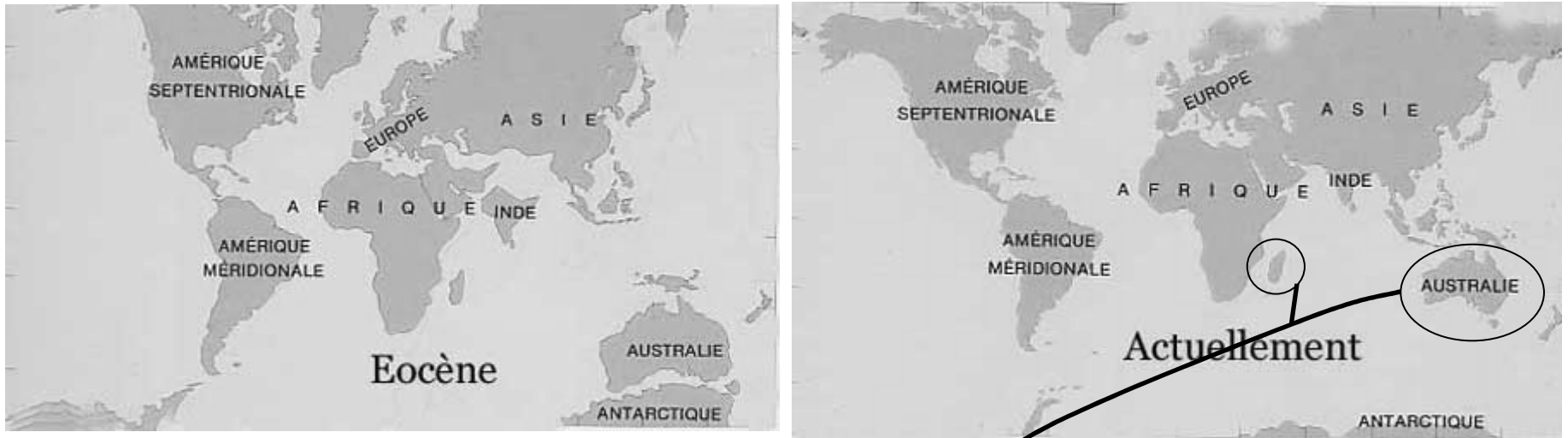


Il y a 290 millions d'années.



Il y a 205 millions d'années.

Encart : Dérive des continents



Il y a 53 millions d'années

espèces endémiques

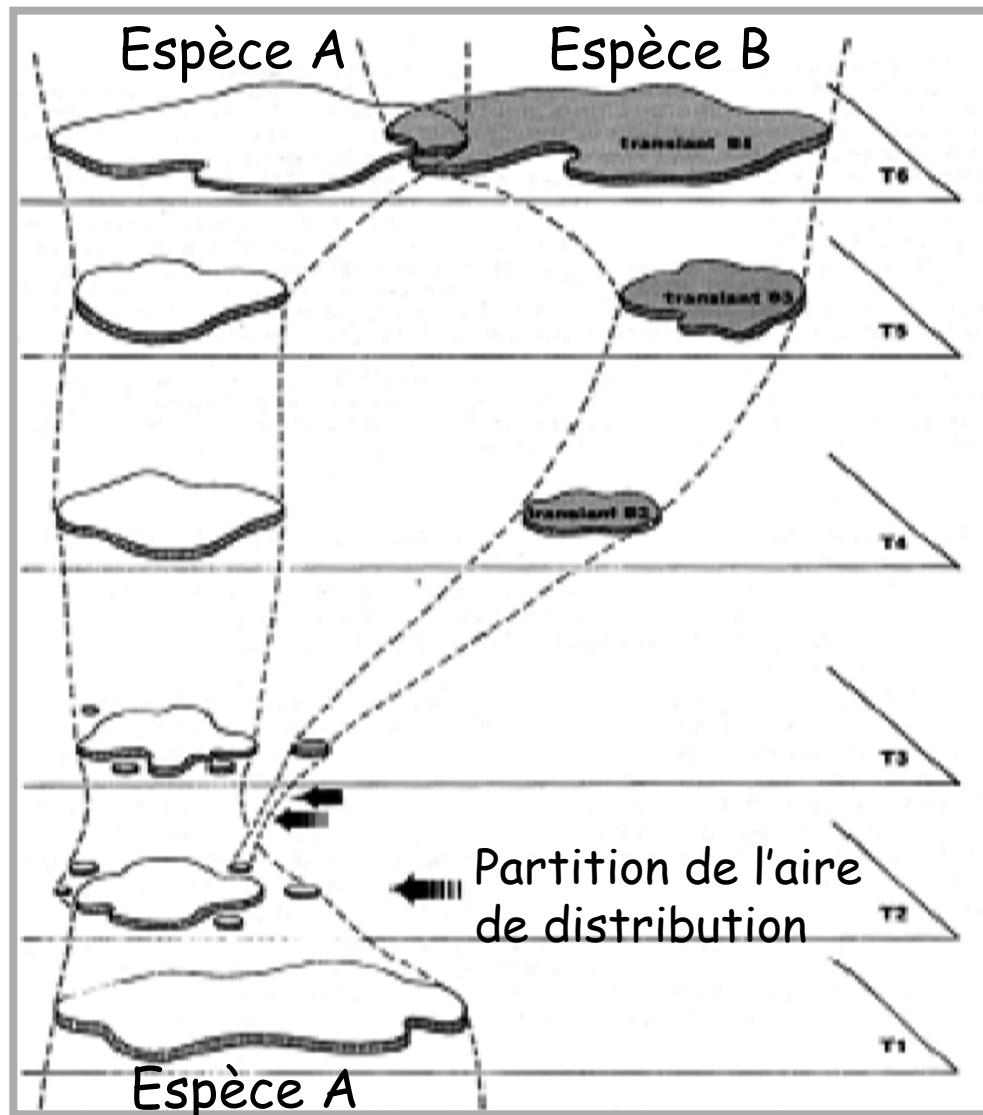


Sp présentent que dans certains milieux (monotrèmes : ornithorynque, échidnés en Australie), lémuriens (Madagascar, 99% sp endémique !)...dû à la longue dérive des continents et à leur isolement rapide.

Spéciation

Spéciation péripatrique

Ce type de spéciation est le plus fréquent (cas particulier de la spéciation allopatrique). La création de la nouvelle espèce passe par trois phases principales.



contact sans interfécondité

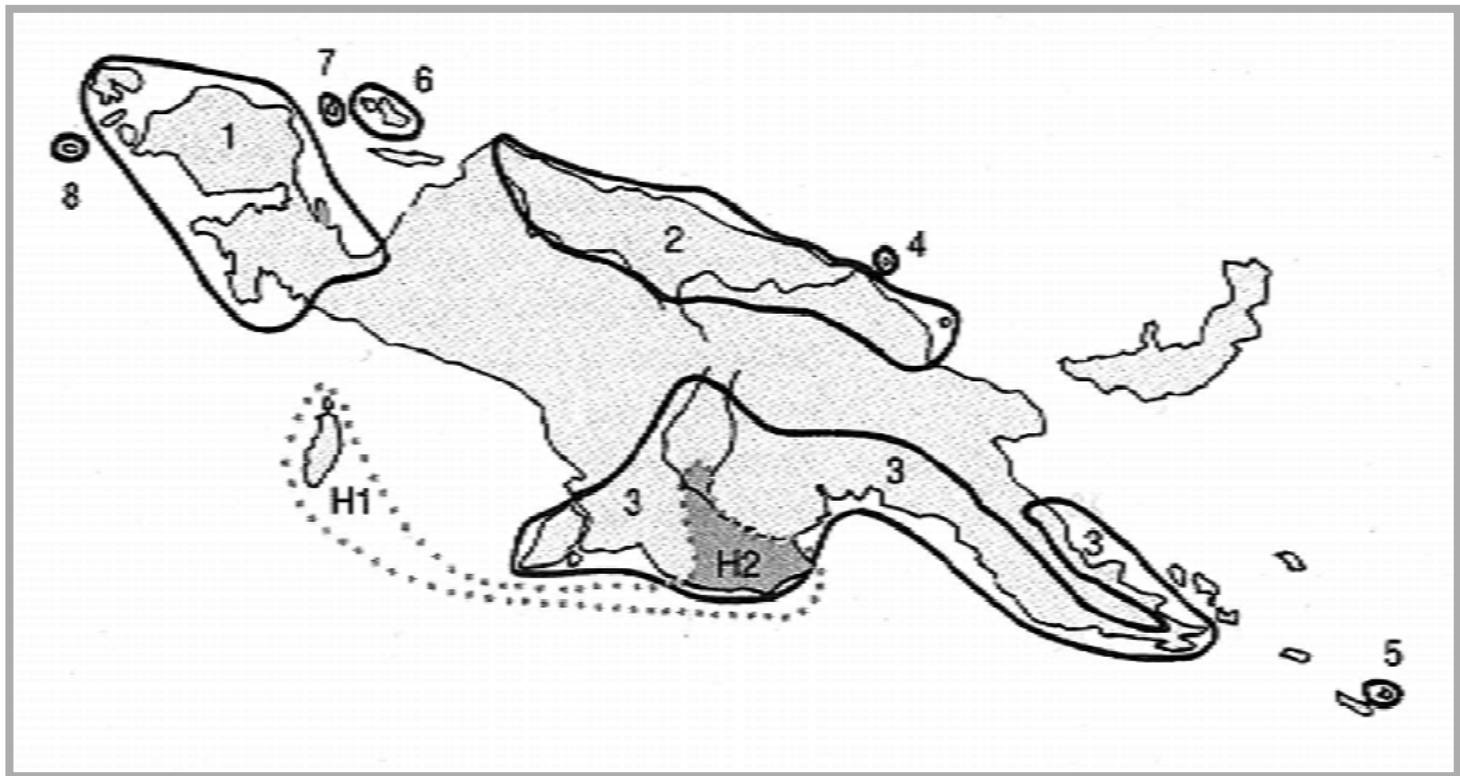
3. formation d'une nouvelle espèce

2. évolution indépendante des populations

1. formation d'isolats périphériques

Spéciation péripatrique

Martins-pêcheurs *Tanysiptera galeata* (Nouvelle-Guinée)

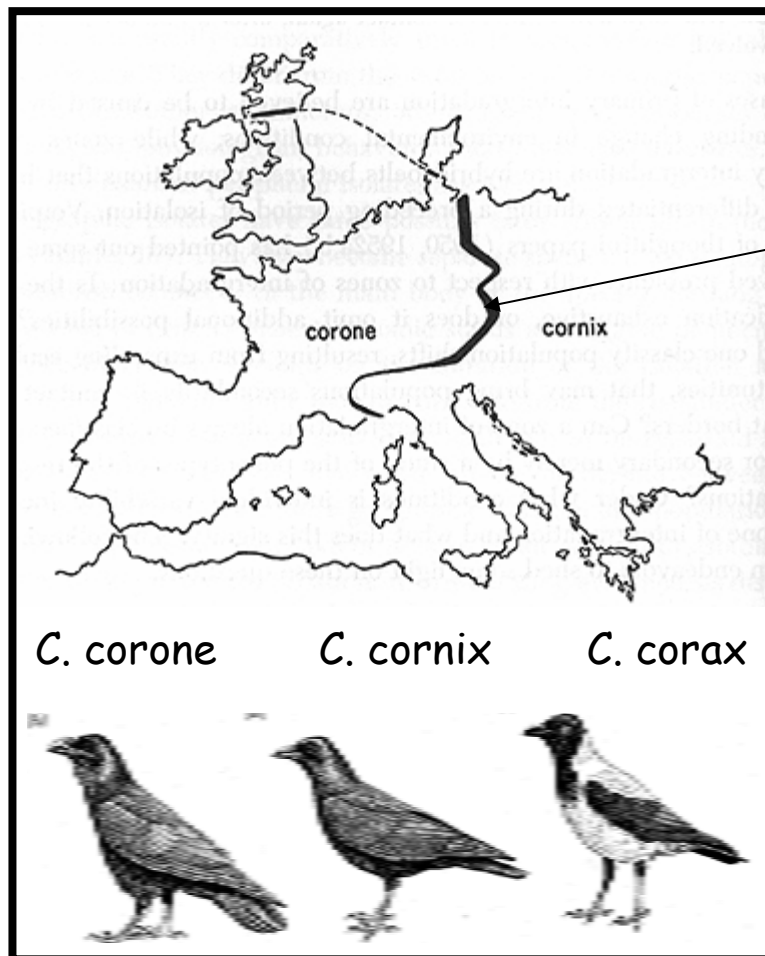


-formes 1-3 (N-G) quasi-indiscernables

-formes 4-8 (îles) très distinctes

Spéciation parapatrique

la spéciation se produit dans des aires adjacentes mais sans recouvrement, l'espèce descendante se trouvant en contact immédiat ou non avec son ancêtre dès son apparition.



Zone d'hybridation étroite (= zone de tension) indiquant un isolement reproductif partiel.



Explications possibles :
spéciation inachevée

Spéciation sympatrique

la spéciation se produit au sein d'une population ou dans une aire commune, l'espèce descendante se trouvant en contact immédiat avec son ancêtre dès son apparition.

Les poissons cichlidés des lacs du rift de l'ouest africain (~ 500 000 ans, cratère volcanique) ont subi des spéciations multiples :



↓
11 sp ancestrales jusqu'à plus de 170
sp actuellement

↓
radiation adaptative accélérée par sélection sexuelle

↓
Barrière reproductrice comportementale (couleur des partenaires (pression sélection par prédateur....), régime alimentaire...)

Spéciation sympatrique



Spéciation en cours sur les mouches de la pomme aux USA

Hôte natif : aubépine

- ☆ Les larves se développent sur le fruit
- ☆ Adultes déposent œufs sur la plante



Erreur accidentelle dans la sélection du site de ponte à infecté les pommiers ~ 1860



L'aubépine et le pommier ayant des temps de floraison et de maturation des fruits différents = isolation temporelle entre les individus



Barrière de reproduction entre les populations



Extinction

☆ Les sp peuvent, à l'inverse, disparaître suite à différents facteurs :
changement climatique trop important, compétition pour ressources critiques...



☆ Extinction de masse due à des phénomènes catastrophiques (météorite...) ou humain



1. Perte des habitats

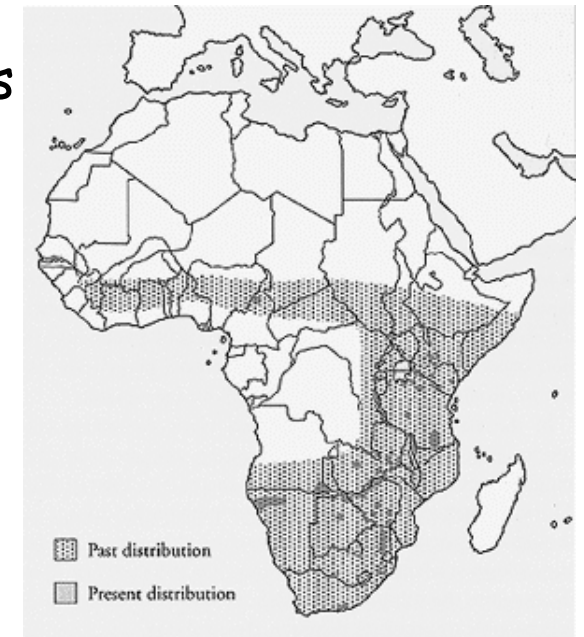
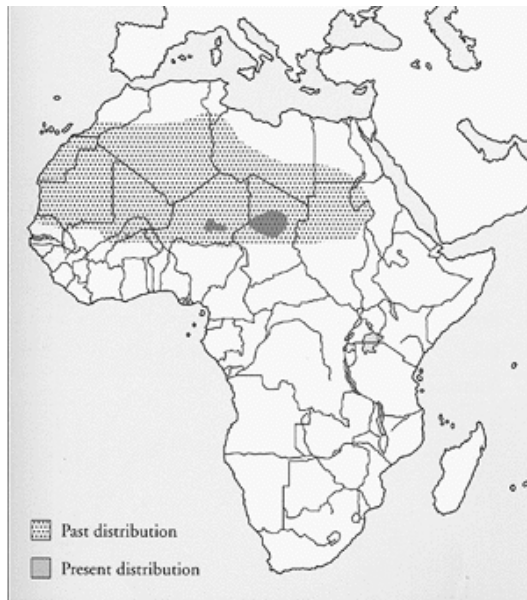
(déforestation, drainage, fragmentation...)

2. Surexploitation

(chasse, pêche, trophées...)

3. Hybridation

(sp introduite (OGM), domestique = perte du pool génique)



L'évolution des espèces

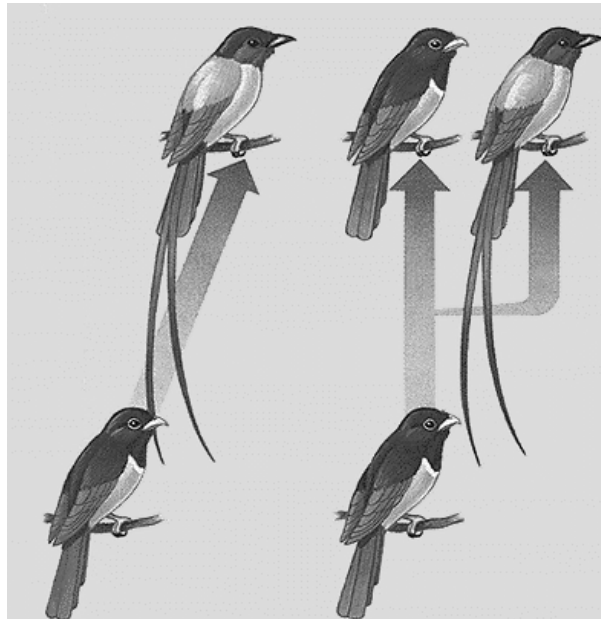
Spéciations = phénomènes relativement rapides sur le plan évolutif, mais à l'échelle humaine apparaissent extrêmement longues.



Deux théories basées sur des interprétations différentes du matériel fossile s'affrontent :

Modèle d'évolution gradualisme

L'évolution morphologique des espèces se produirait par modifications très lentes et continues d'une même population au cours du temps.

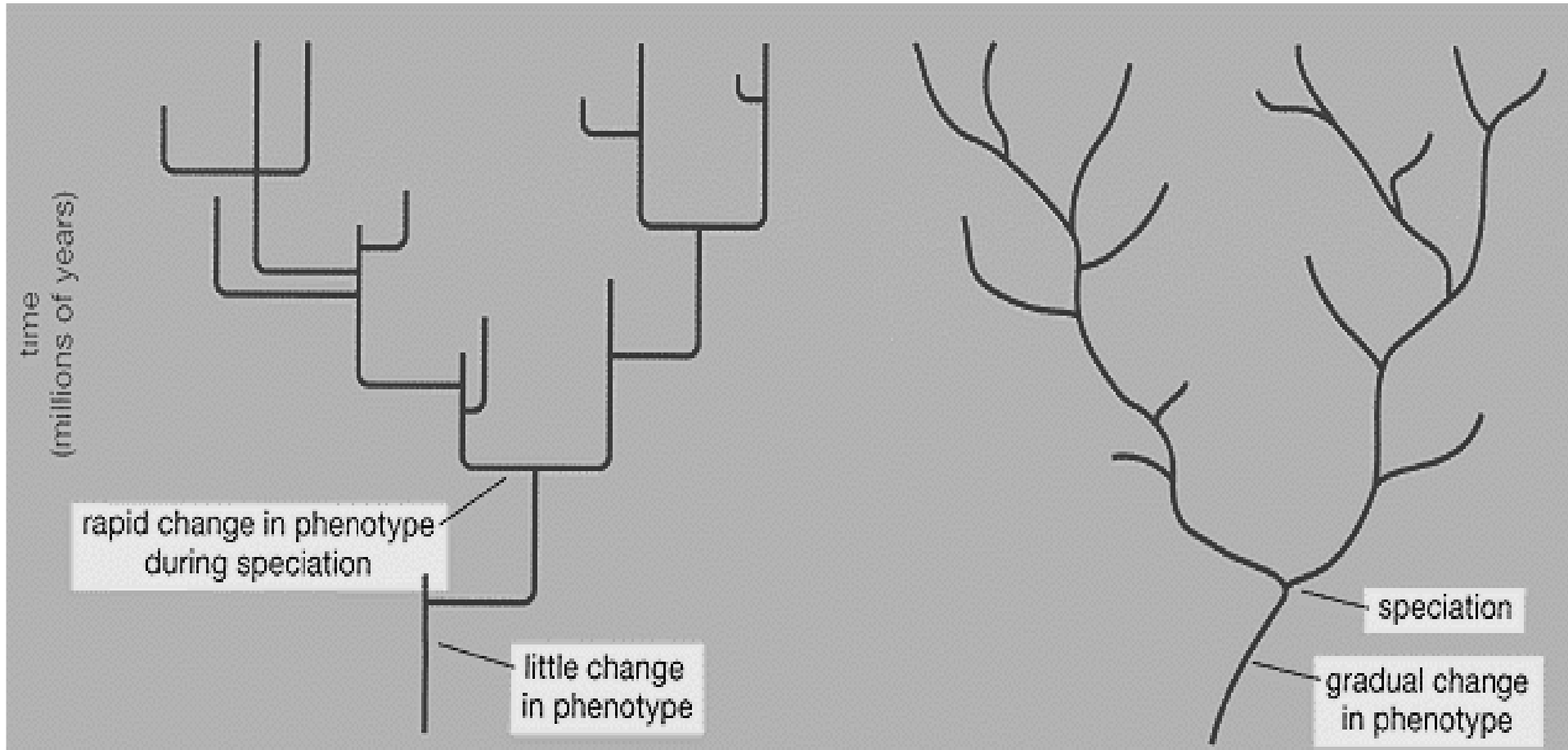


Modèle des équilibres ponctués

L'évolution comprend de longues périodes d'équilibre (stagnation = stase) ponctuées de brèves périodes de changements importants.

N. Eldredge & S. J. Gould

L'évolution des espèces



Équilibre ponctuée

Gradualisme

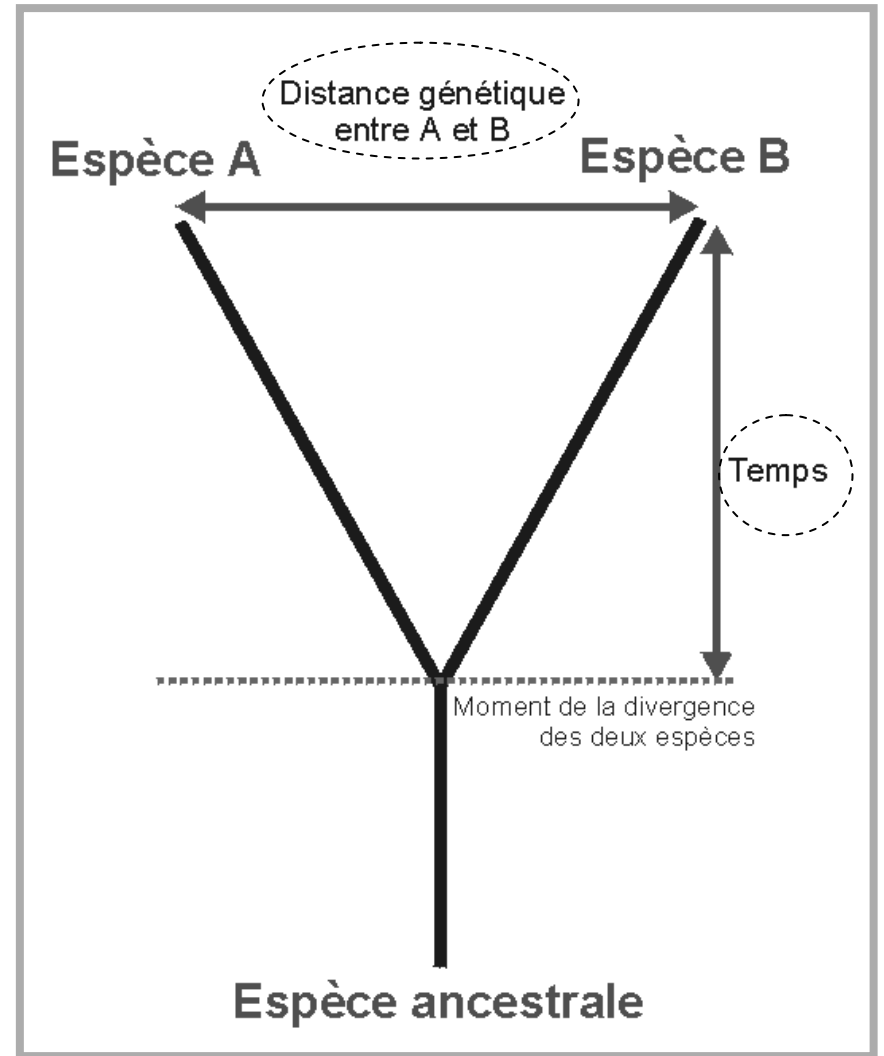
Tendance actuelle = essaie de réconcilier ces deux théories en une forme de gradualisme ponctué.

L'horloge moléculaire

Différence génétique entre deux sp provenant d'une même sp ancestrale

est proportionnelle

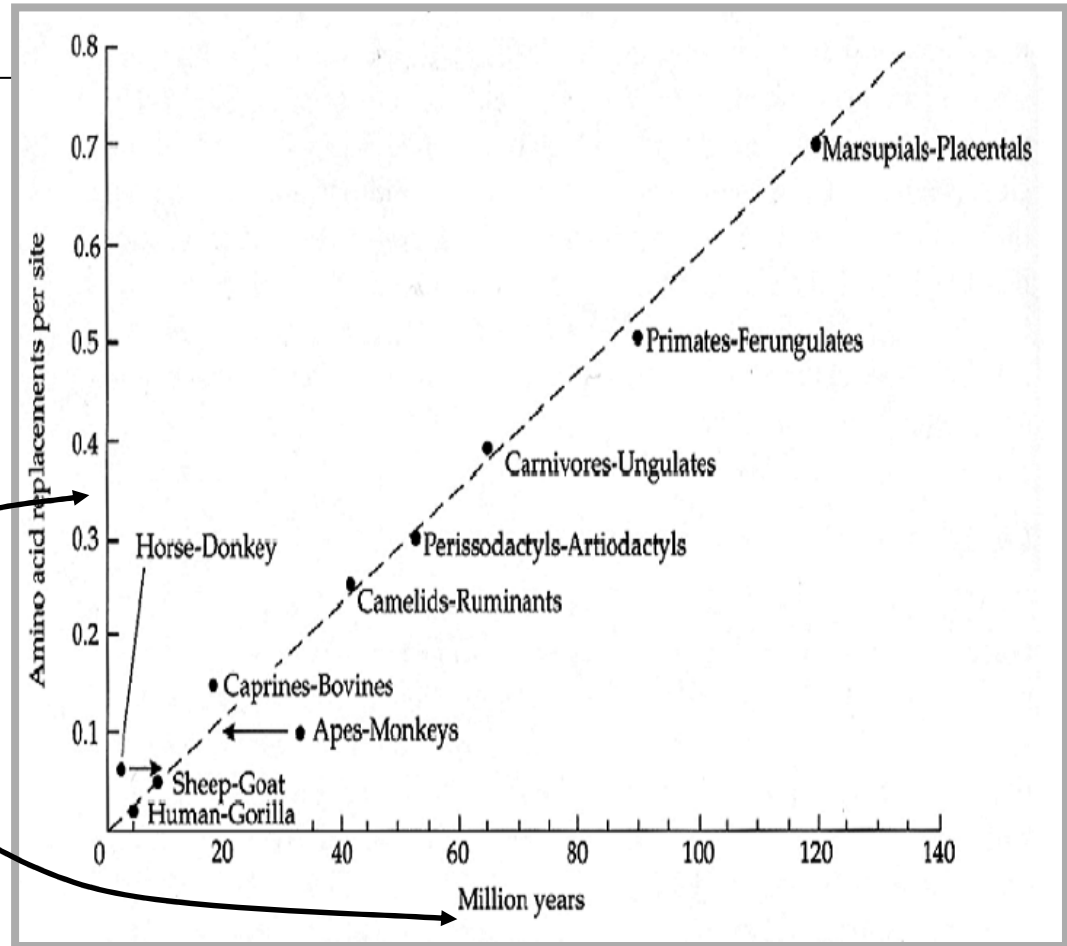
au temps écoulé depuis leur séparation évolutive



Horloge moléculaire

L'idée de l'horloge moléculaire se fonde sur : degré de remplacement des aa dans les hémoglobines animales est ~ proportionnel au temps absolu

Nb de différences entre deux protéines ou deux gènes = $k * t$



Connaissant k , on peut trouver t en évaluant la différence génétique entre les deux espèces. k varie selon les portions d'ADN considérées:

gène vital : k est faible (la moindre modification risque d'être nuisible).

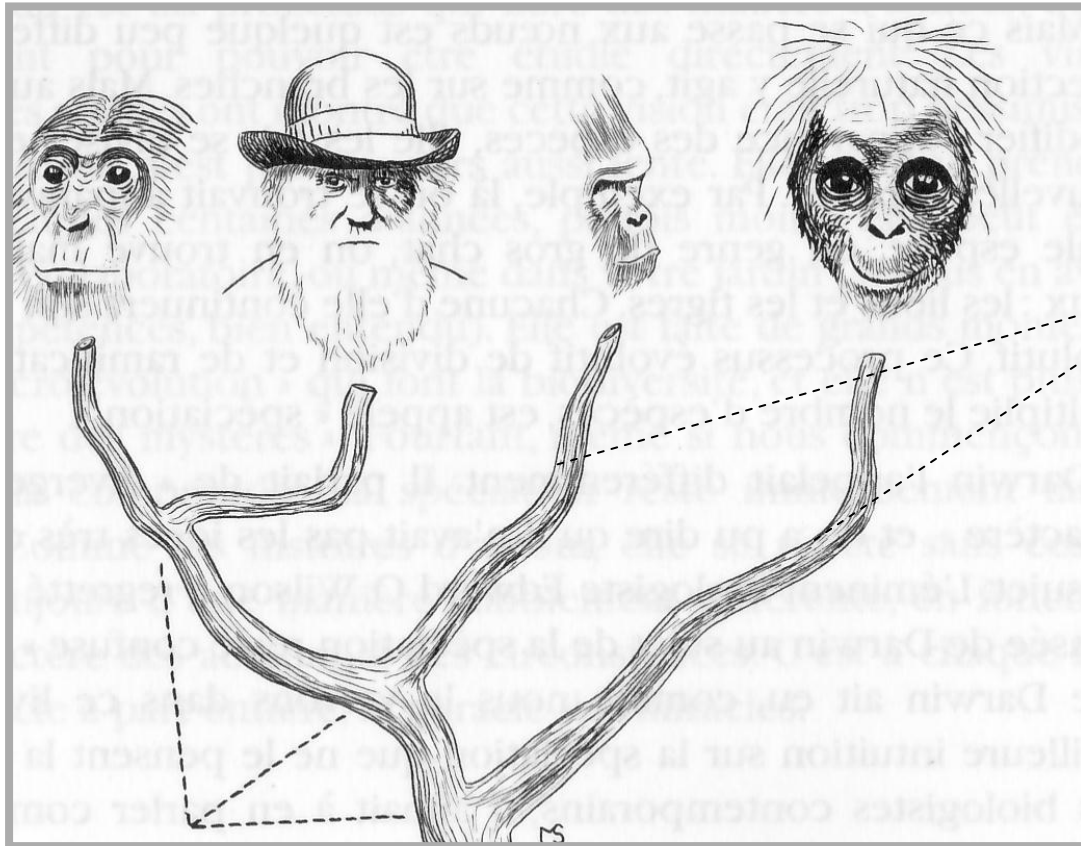
ADN non codant : k est élevé

Utilisation de l'ADN des mitochondries : se transmet uniquement de mère à fille.



L'étude de l'ADNmt a permis de déterminer que l'espèce humaine provient d'un petit groupe ayant vécu en Afrique il y a environ 150 000 ans (l'Ève africaine).

Les mêmes études ont permis de déterminer que la plupart des européens provenaient de sept groupes humains qui se sont installés en Europe à différentes époques.



Microévolution

Mécanisme qui modifie le patrimoine génétique d'une espèce causant ainsi son évolution

1. Dérive génétique
2. Flux génique = migration
3. Mutation
4. Accouplements non aléatoires
5. Sélection naturelle

Microévolution

Dérive génétique

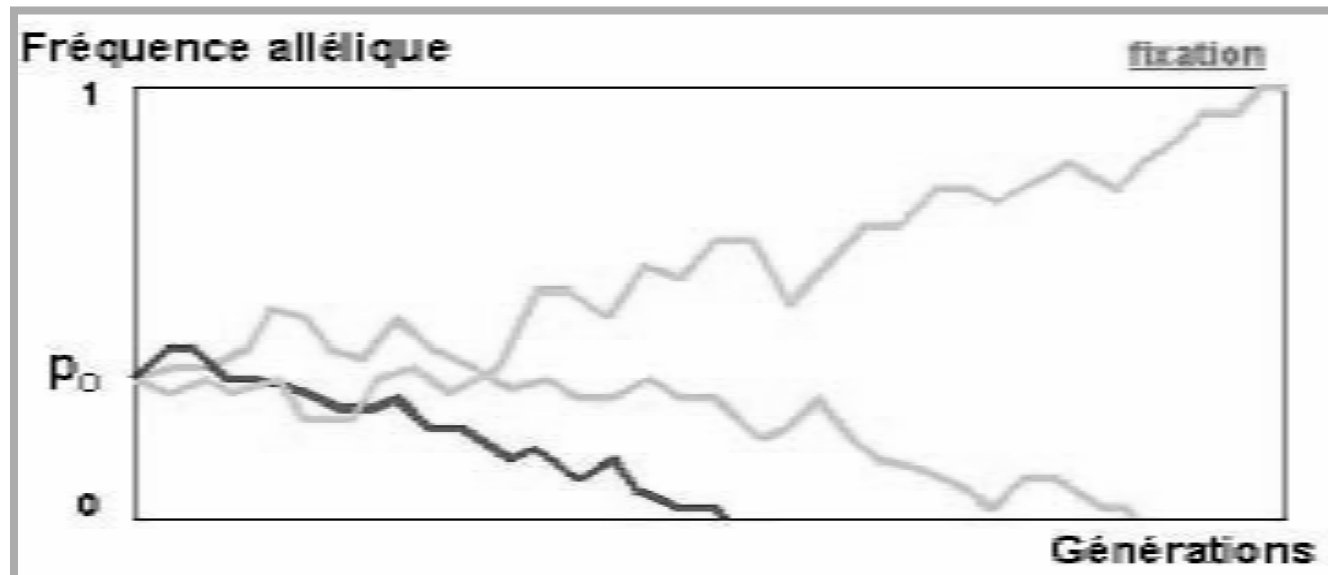
Flux génique = migration

Mutation

Accouplements non aléatoires

Sélection naturelle

la taille finie de la population provoque une variation aléatoire des fréquences alléliques d'une génération à l'autre.



Le patrimoine génétique de la génération parentale n'est pas fidèlement représenté dans la génération filiale. Surtout dans les petites populations. Tendance à l'homozygotie

Microévolution

Dérive génétique

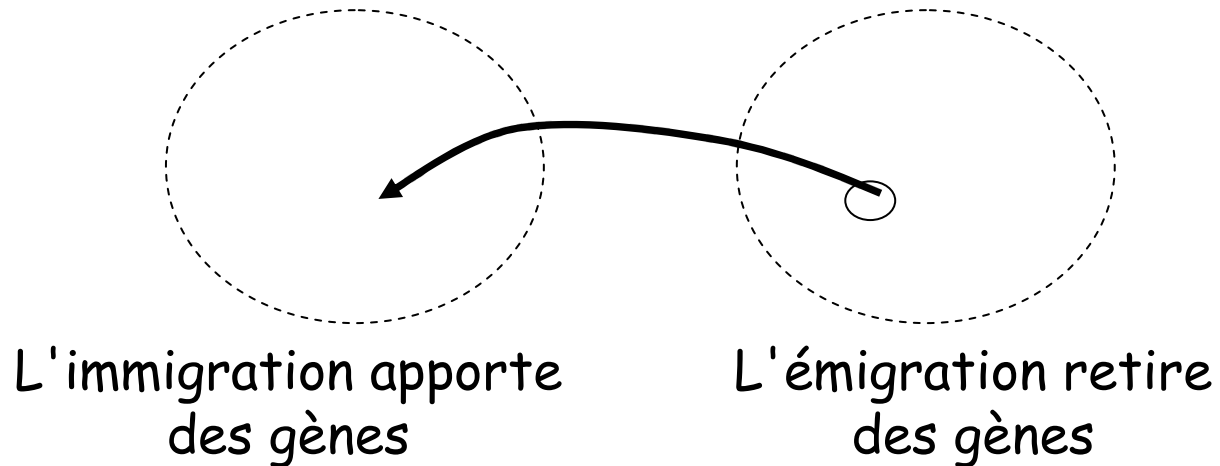
Flux génique = migration

Mutation

Accouplements non aléatoires

Sélection naturelle

Migration d'individus féconds entre des populations différentes.



Conséquence :

- Modifie la fréquence des allèles d'une population
- Homogénéise les populations ce qui limite la formation de nouvelles sp.

Microévolution

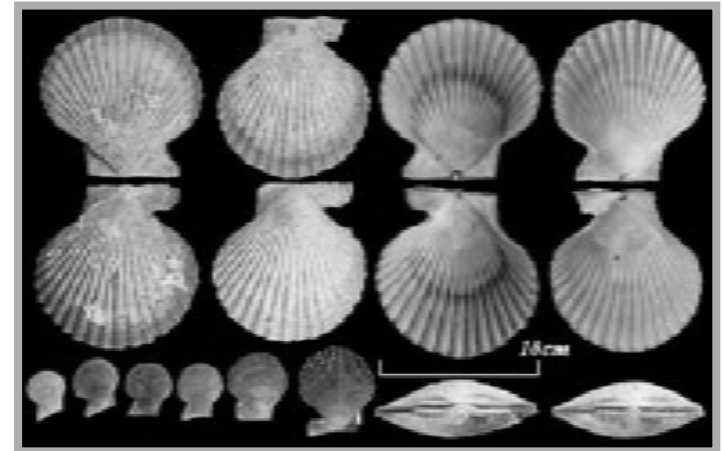
Dérive génétique

Flux génique = migration

Mutation

Accouplements non aléatoires

Sélection naturelle



La sélection n'est un processus opérationnel que si de la variabilité est créée !

- ☆ Facteur très important de l'évolution car fournit les nouveaux gènes, la matière brute de la sélection naturelle.
- ☆ Une mutation germinale (transmise à la génération suivante par un gamète) modifie immédiatement le pool génique de la population.
- ☆ Événement rare et le plus souvent néfaste, voire neutre. Effets quantitatifs
 - + importants chez les sp à temps de génération court (bactéries et virus)
 - marqués chez les sp à temps de génération plus long (animaux et végétaux)

Microévolution

Dérive génétique

Flux génique = migration

Mutation

Accouplements non aléatoires

Sélection naturelle

facteur potentiel de microévolution
car ne modifie pas le pool génique
d'une population

L'endogamie	L'homogamie
Croisement entre individus du voisinage, donc ayant des liens de parenté.	Croisement entre individus qui se ressemblent pour certains caractères.
Chez les espèces se dispersant peu, particulièrement végétaux	Répandu chez les animaux.
Consanguinité des familles royales, des bretons... Autofécondation des plantes	Choisir le plus grand, Choisir le plus beau....

Microévolution

Dérive génétique

Flux génique = migration

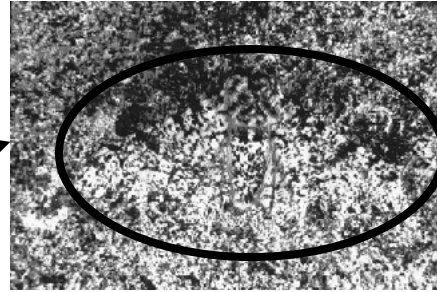
Mutation

Accouplements non aléatoires

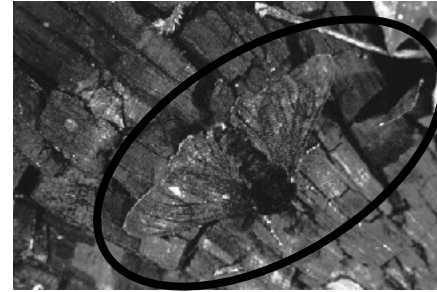
Sélection naturelle

- ☆ Les individus les mieux adaptés à leur environnement se reproduisent plus que les autres et contribuent davantage au patrimoine génétique de la descendance.
- ☆ La fréquence des « bons gènes » augmente graduellement dans la population, de génération en génération.
- ☆ La SN entraîne l'adaptation d'une population à son milieu.

Sélection naturelle du phalène du bouleau (*Biston betularia*)



Forme pâle = bon camouflage
sur les troncs d'arbres
couverts de lichen.



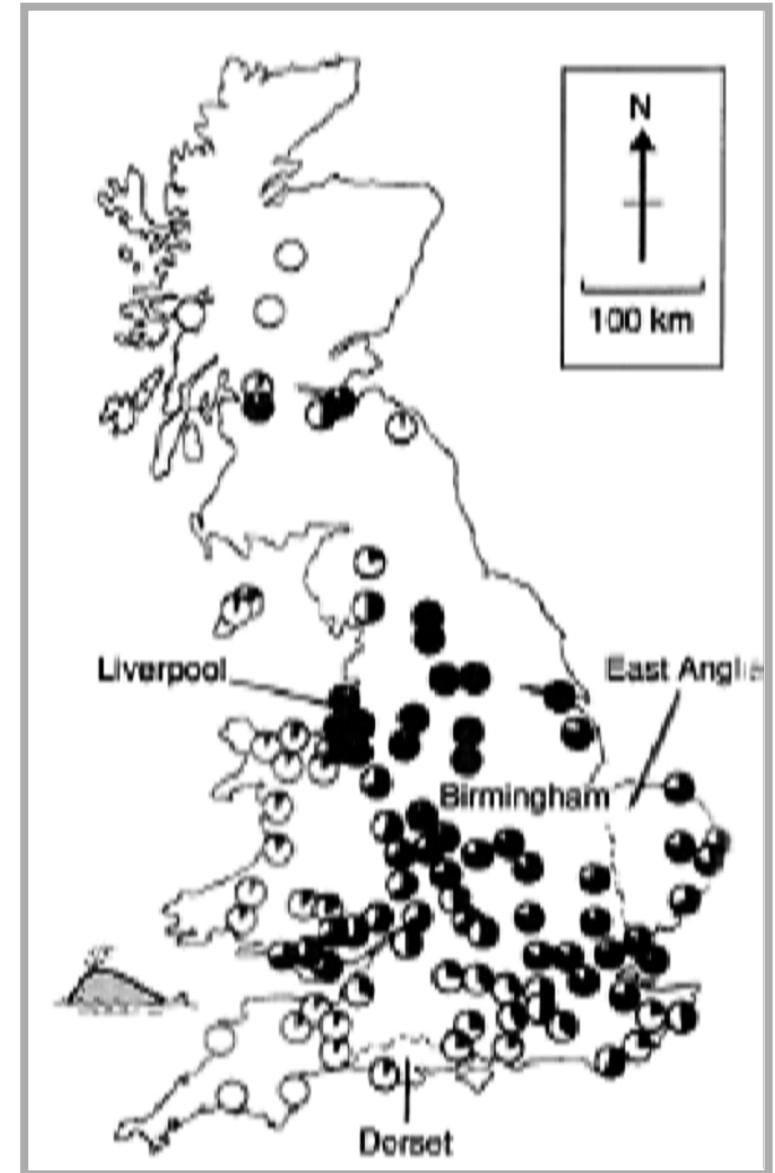
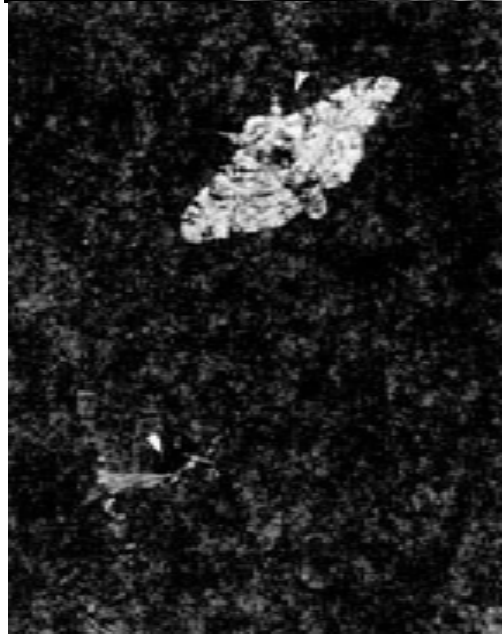
Forme mélanique = bon camouflage
sur les troncs dépourvus de lichens
et noircis par la pollution.

À partir du milieu du XIX^e siècle, la pollution a fait disparaître les lichens des arbres et la suie les a noircis.

- ☆ Dans les régions polluées, la SN a remplacé les pâles par la forme mélanique en quelques années.
- ☆ Dans les régions où on a mis fin à la pollution, les pâles sont redevenus majoritaires.

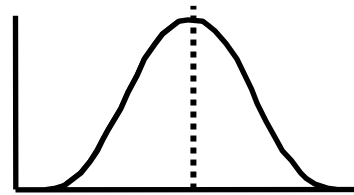
Microévolution

Sélection naturelle du phalène du bouleau (*Biston betularia*)

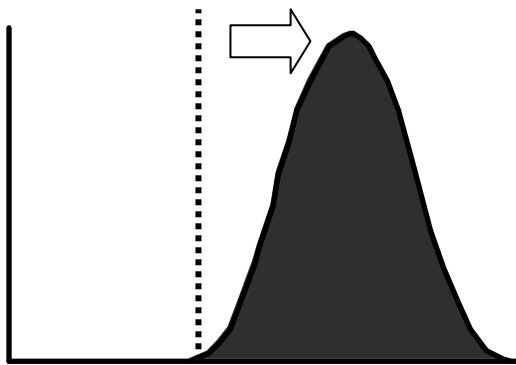


Mode de sélection naturelle

Fréquence des individus dans la population

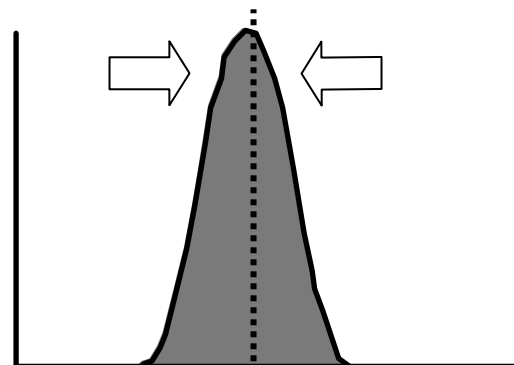


Valeurs du phénotype



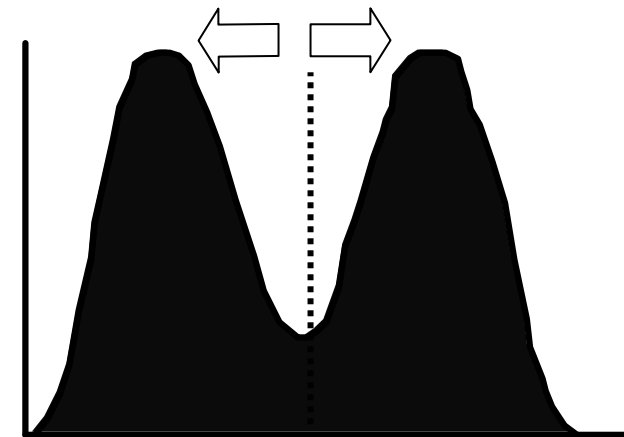
La sélection directionnelle change la moyenne des valeurs du caractère vers un des phénotypes extrêmes.

(L'acquisition de la résistance aux insecticides)



La sélection stabilisante élimine les deux phénotypes extrêmes.

(3kg < bébé humain > 4kg)



La sélection diversifiante favorise les deux phénotypes extrêmes.

(spéciation des mouches de la pomme)