

Diversité du vivant : qu'est ce qu'une espèce?

Marc Bailly-Bechet

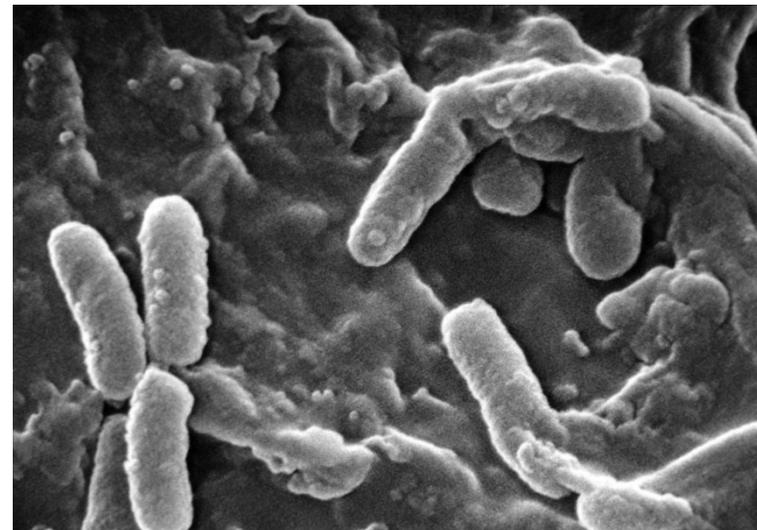
Master Epidémiologie, Univ. Yaoundé

Table des matières

- Diversité du vivant : quelques exemples
- Notion d'espèce
- Mécanismes de la spéciation
 - Allopatrique
 - Sympatrique

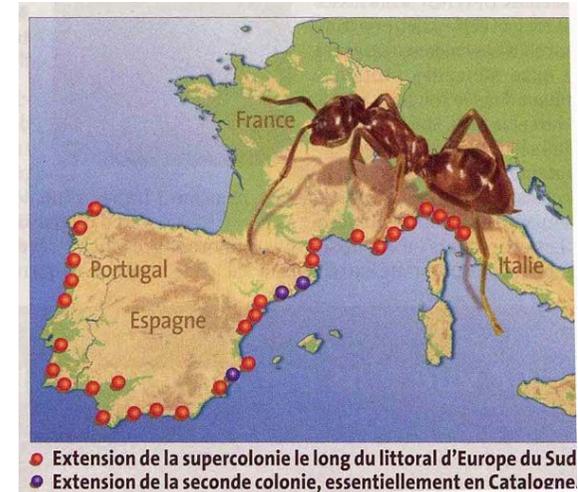
Diversité d'échelle

- Les plus grand organismes vivants individuels peuvent atteindre 190 tonnes pour plus de 30 mètres
- Les plus petits organismes sont des bactéries qui mesurent 0.1 μm , soit 10^{-7} m.



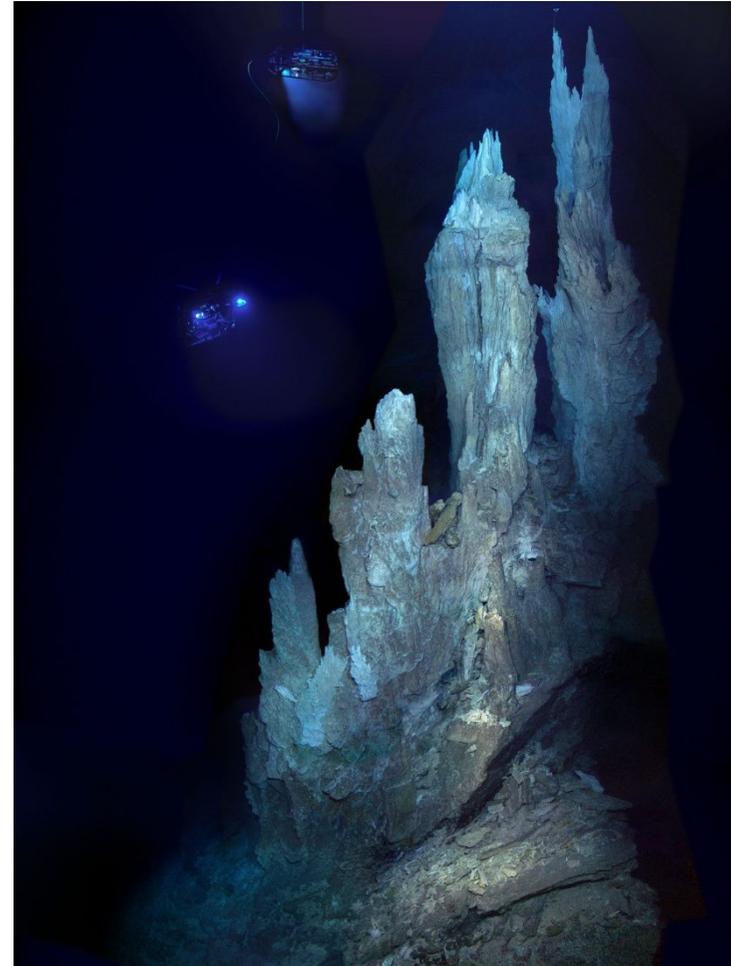
Diversité d' échelle (II)

- Une gamme d'interactions très variables:
 - Individus solitaires
 - Colonies de fourmis
 - La forêt amazonienne
 - Grande barrière de corail



Diversité des environnements

- Environnements extrêmes:
 - Sources hydrothermales
 - Croute terrestre (*Bacillus infernus*)
 - Milieu antarctique (*Pseudoalteromonas haloplanktis*)
 - Milieux pollués (arsenic, métaux lourds)
 - Antibiotiques (Dantas et al, Science 2008)



Diversité des environnements (II)



Quelques chiffres...

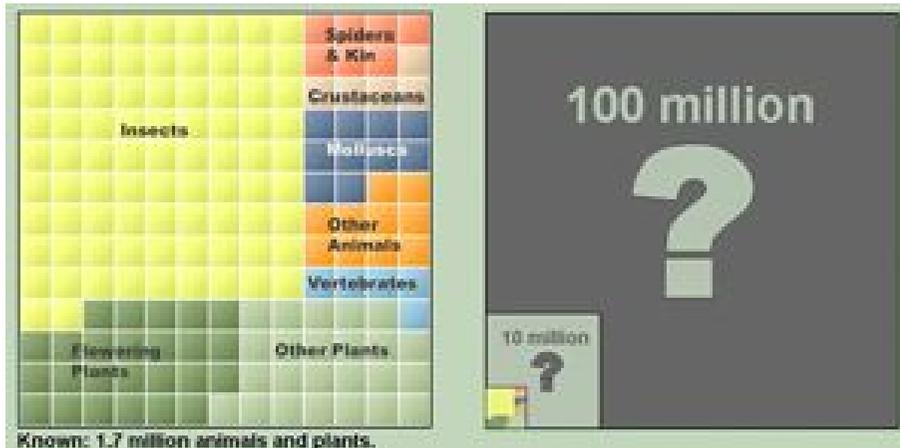
- D'après Lecointre et Le Guyader : **1 747 851** organismes vivants
- Nombre d'espèces estimée : entre 7 et 100 millions.
- 10 000 nouvelles espèces par année !!!

Un survol quantitatif de la biodiversité

Table 2

Estimates on the contribution of major groups of organisms to the total biological diversity [16]

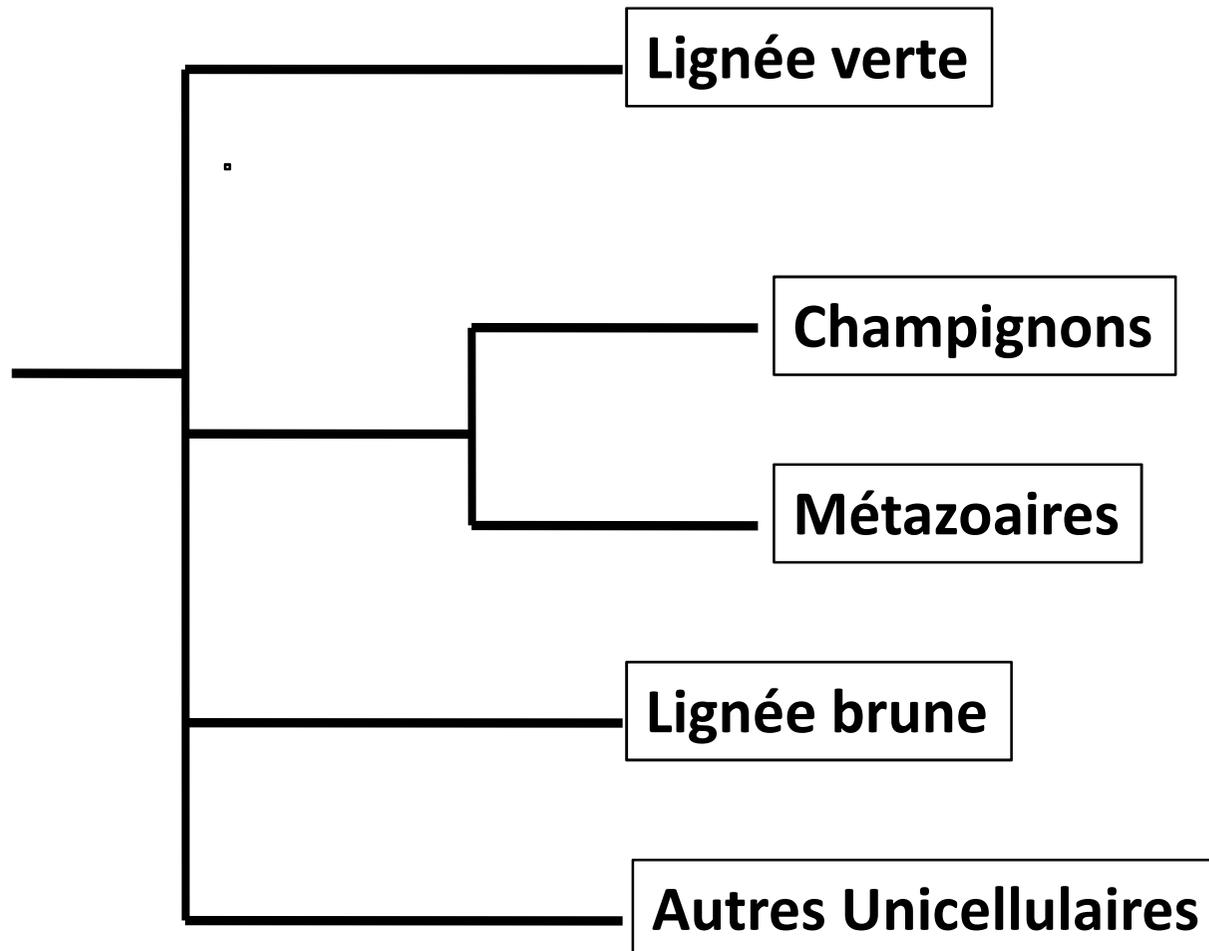
Organism	Percent of contribution
Vertebrates	0.4
Insects	64.4
Other arthropods	7.7
Other invertebrates	6.7
Plants	2.4
Algae	1.6
Protozoa	1.6
Fungi	8.0
Bacteria	3.2
Viruses	4.0



- <1% décrites
- 10sp. phages / sp. bactérie

Les Eucaryotes

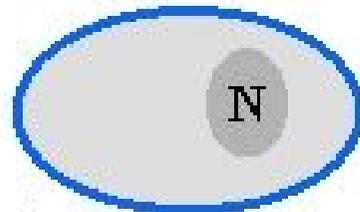
Arbre simplifié d'après Lecointre et Le Guyader p.97



La lignée verte

Endosymbiose et origine des plastes

Eucaryote
hétérotrophe



Descendant direct de l'organisme qui a effectué la première endosymbiose chloroplastique (une cyanobactérie)

Cyanobactérie



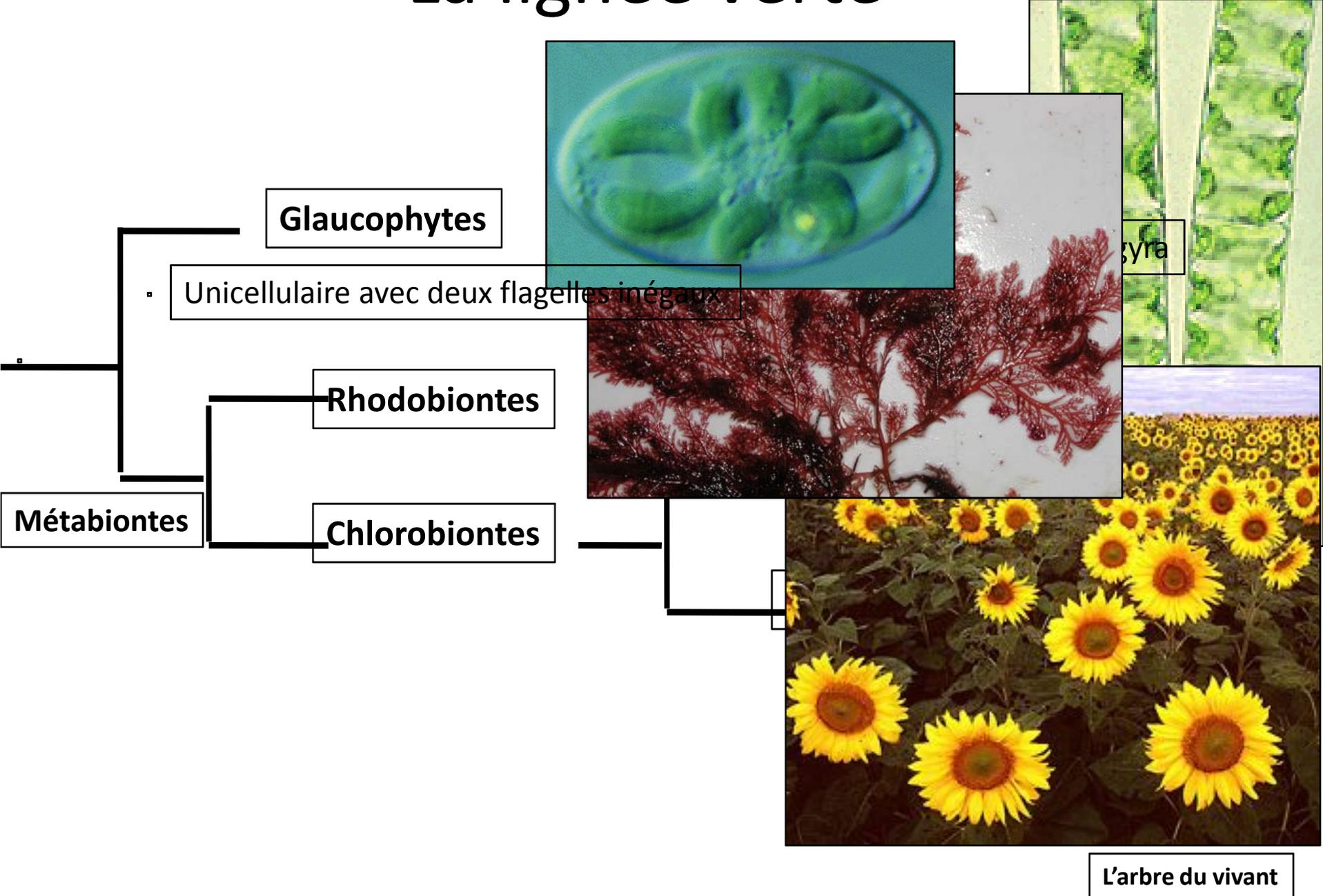
ENDOSYMBIOSE
PRIMAIRE



Plaste simple
(2 membranes)

Chlorobiontes
Rhodobiontes

La lignée verte



Les Embryophytes



Fougère



Mousse



Les Angiospermes



Les Conifères

Les champignons

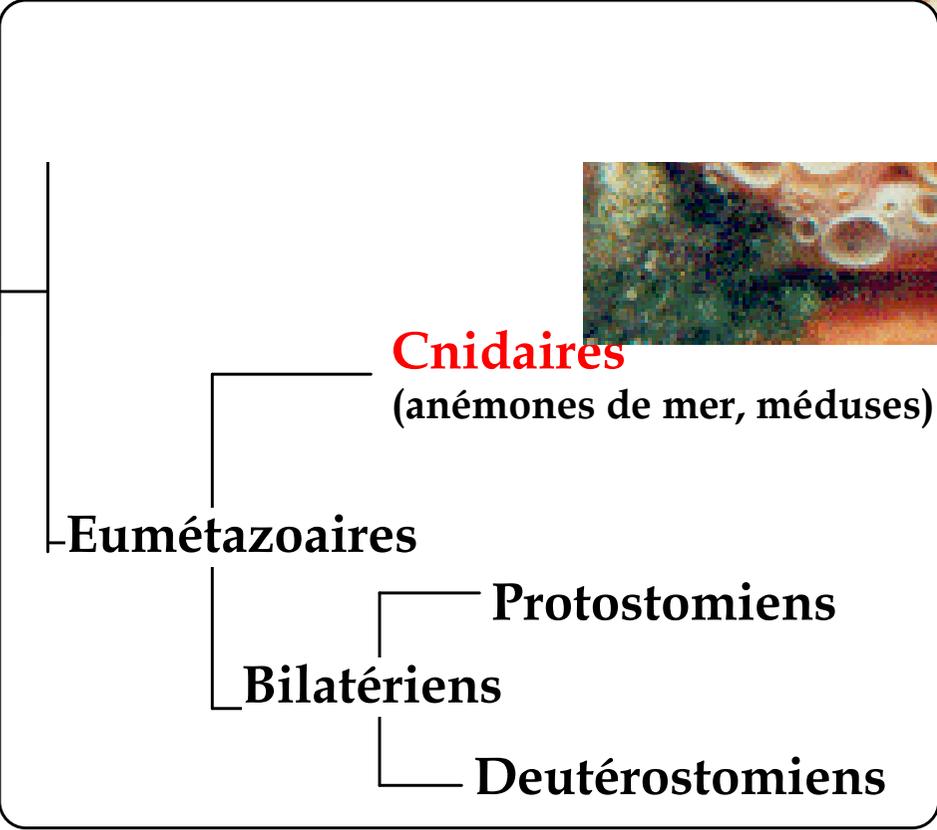
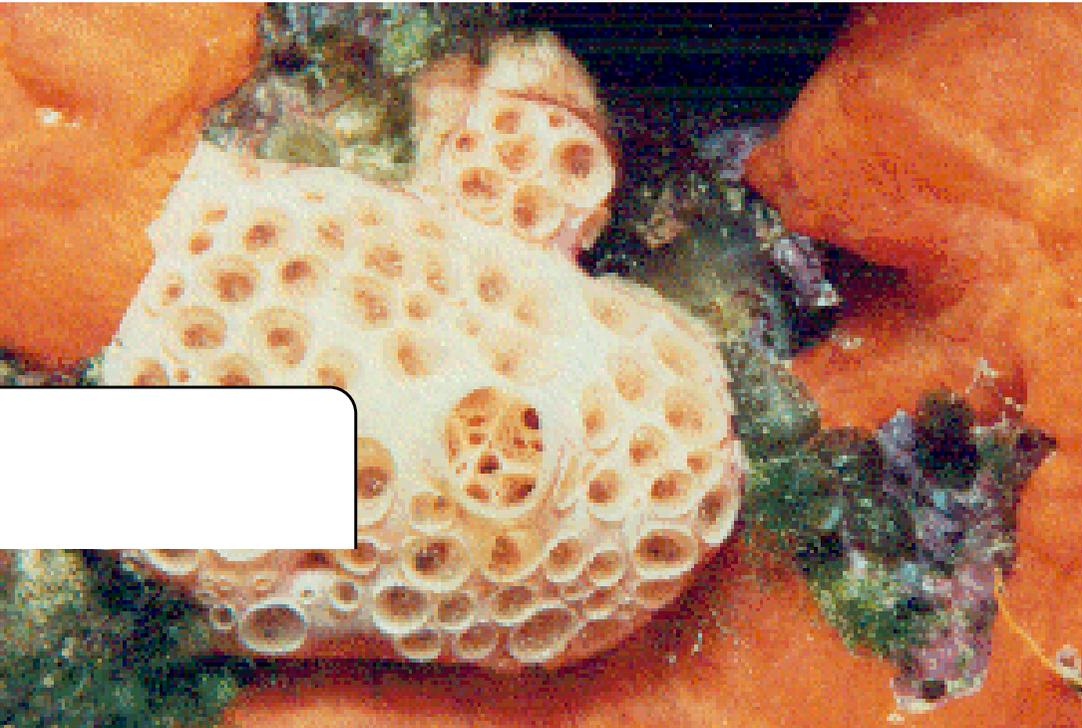


Rond de sorcière



L'arbre du vivant

Les métazoaires



Les bilatériens

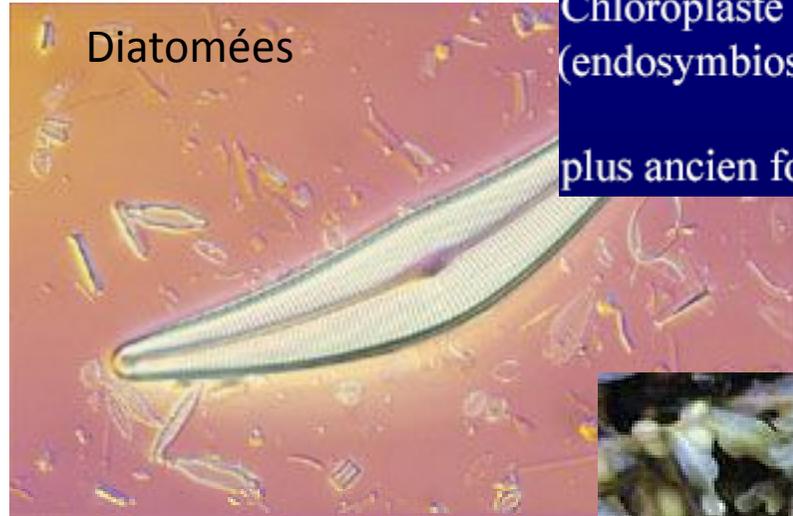


Deutérostomiens



Protostomiens

La lignée brune (les algues)



Chloroplaste entouré de quatre membranes
(endosymbiose secondaire d'un eucaryote unicellulaire de la lignée verte)
plus ancien fossile 700 millions d'années



Fucus vesiculosus

Les autres unicellulaires

Eugl

Foraminifères



Caractéristiques des animaux (les métazoaires)

- Animaux pluricellulaires
- Mobiles
- Hétérotrophes
- La méiose donne des gamètes et non des spores
- Plus ancien fossile connu : 680 millions d'années

Caractéristiques des animaux (les métazoaires)

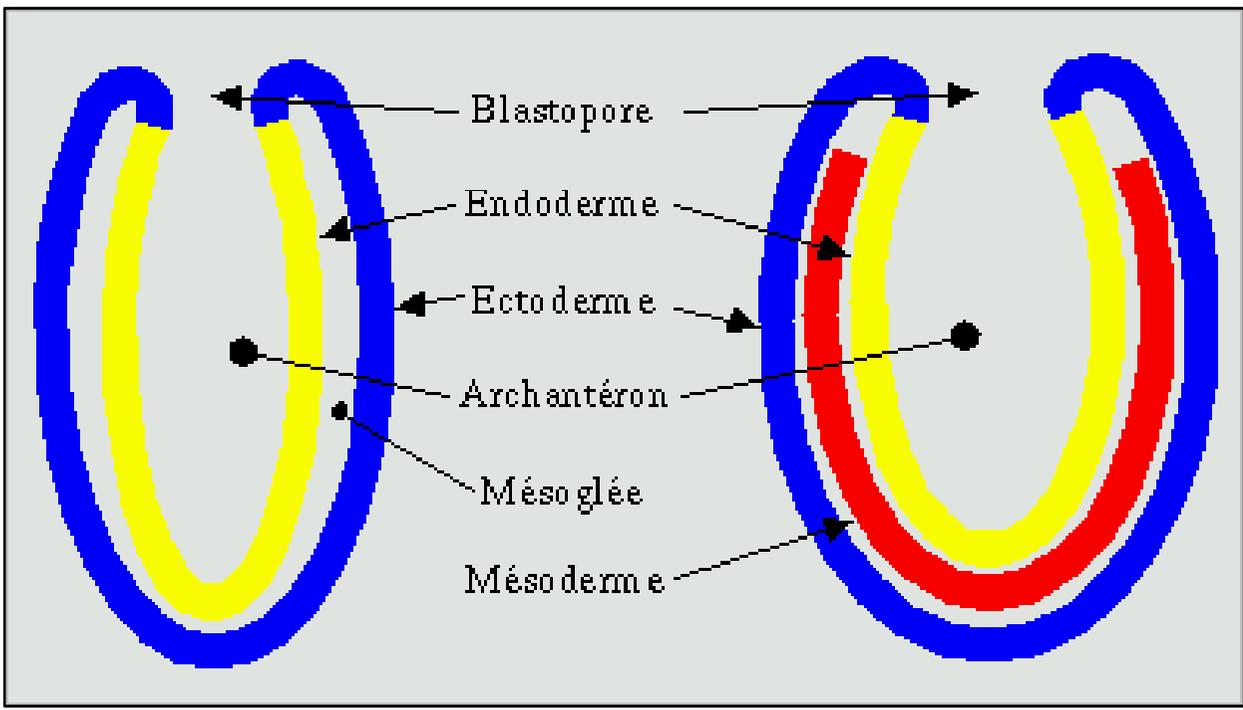
- Le nombre de feuilletts embryonnaires
- Protostomien et deutérostomien
- La symétrie
- La céphalisation

Diploblastiques et triploblastiques

Blastula

Gastrulation

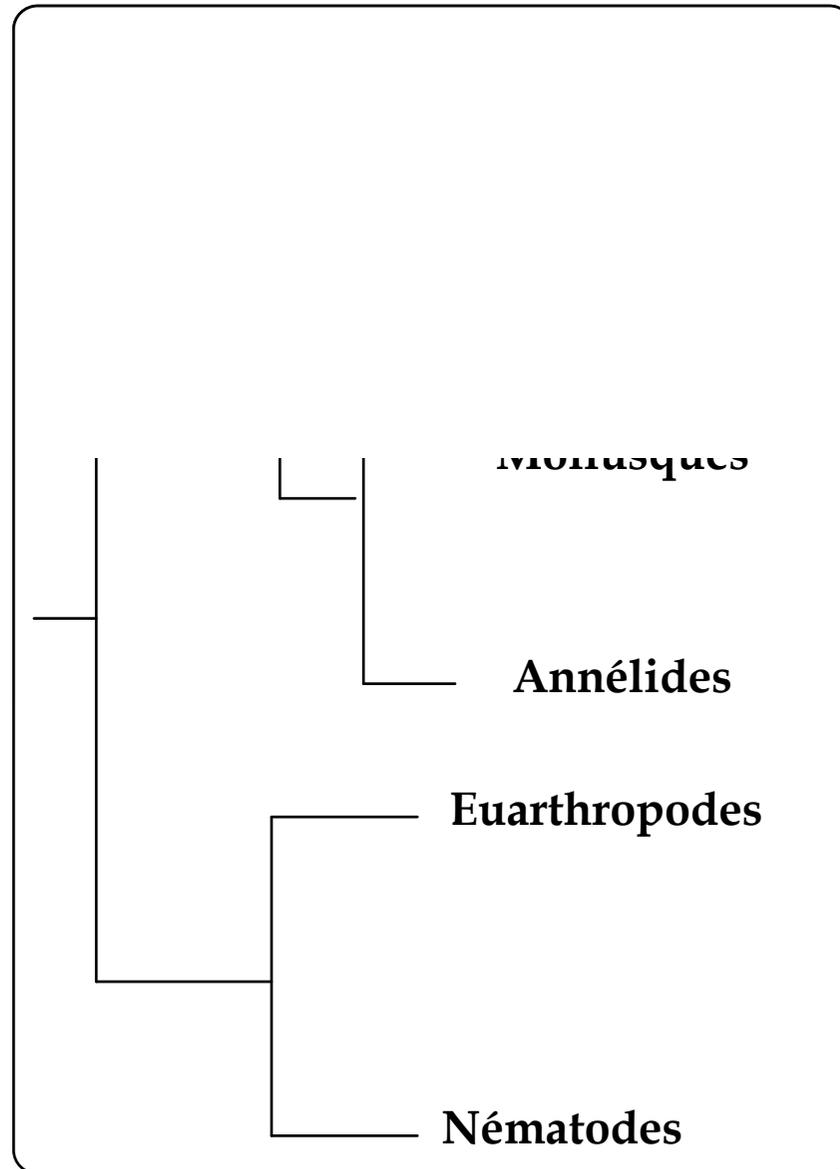
Gastrula



Protostomiens et deutérostomiens

- Le tube digestif primitif, l'archenteron, communique avec le milieu extérieur par le blastopore.
- Toutefois, un tube digestif normal comporte deux orifices, la bouche et l'anus.
- L'autre extrémité de l'archenteron fusionnera avec l'ectoderme pour percer ce deuxième orifice.
- Chez les protostomiens le blastopore deviendra la bouche de l'adulte, chez les deutérostomiens il donnera l'anus.

Les protostomiens



Exemples de protostomiens



MONOPHYLETIQUE

Exemples de deutérostomiens

Échinodermes



Ascidie (Urochordés)



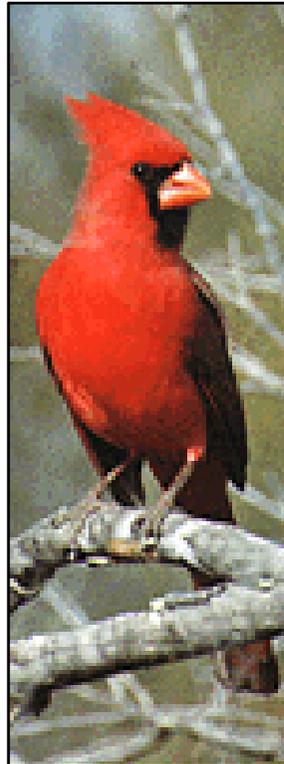
Amphioxus (céphalochordés)



MONOPHYLETIQUE

CHORDES

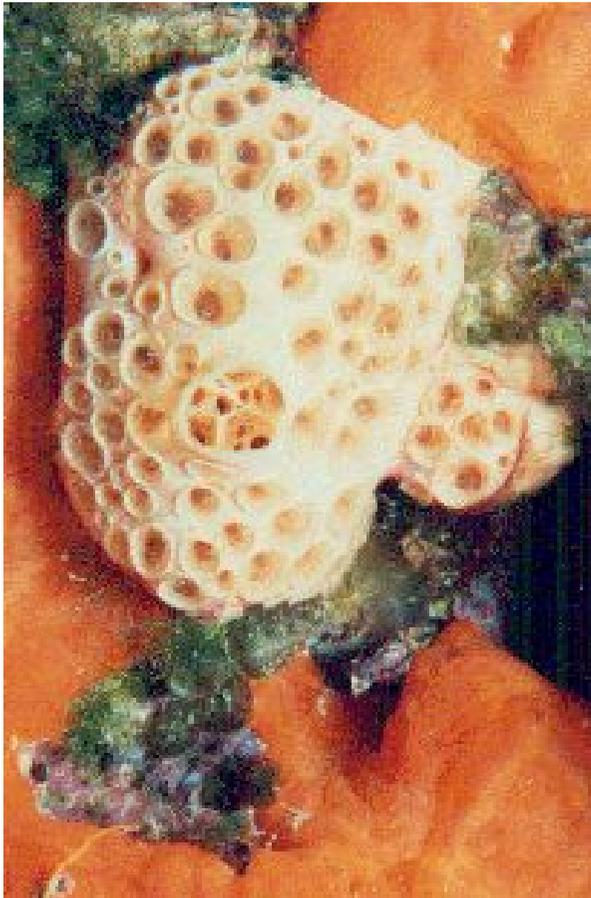
VERTEBRES



Exemples de symétries

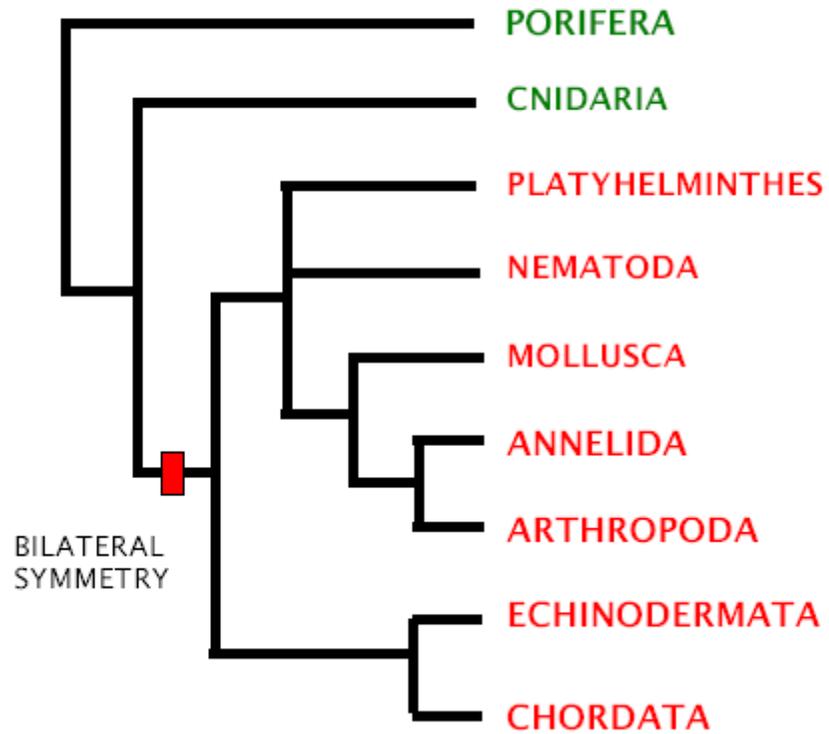
- Symétrie de type radiée ou circulaire. Les animaux sont des sacs avec un orifice, la bouche, orienté vers le haut et une couronne de tentacule autour. On ne peut distinguer chez eux ni avant, ni arrière, ni cotés droits et gauche.
- La symétrie bilatérale, caractéristique de tous les autres animaux, apparaît avec le troisième Feuille embryonnaire. N'étant plus limité à une forme circulaire, les animaux vont pouvoir avoir une morphologie très variée.
- Un groupe d'animaux, les échinodermes (oursins, étoiles de mer), a abandonné la symétrie bilatérale pour revenir à une symétrie radiée d'ordre 5 ou pentaradiée.

Eponges et cnidaires



Cnidaires

La symétrie et la phylogénie



La notion d'espèce

Espèces essentialiste & typologique : les limites

Variabilité intraspécifique

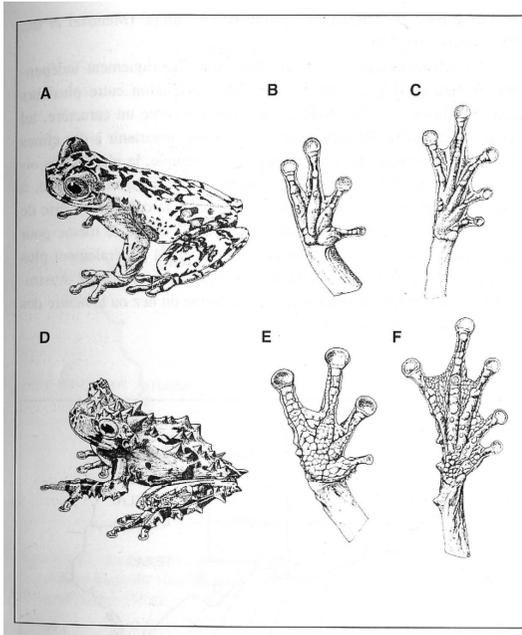


Figure 1.10 : Aspect du corps, de la main et du pied chez des exemplaires de basse altitude (A, B, C) et de haute altitude (D, E, F) de *Hyla lancasteri*. Entre ces deux extrêmes, la variation morphologique est clinale en fonction de l'altitude. (D'après Trueb, 1968, *Copeia* 285.)

Fort polymorphisme individuel



Grand nombre de Variétés

Mélanisme



melaneuca

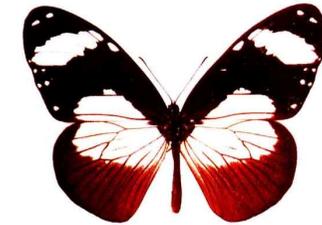


carbonaria

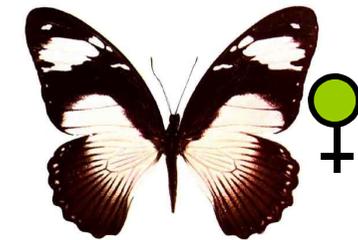


typica

Mimétisme



Amauris niavus



Papilio dardanus

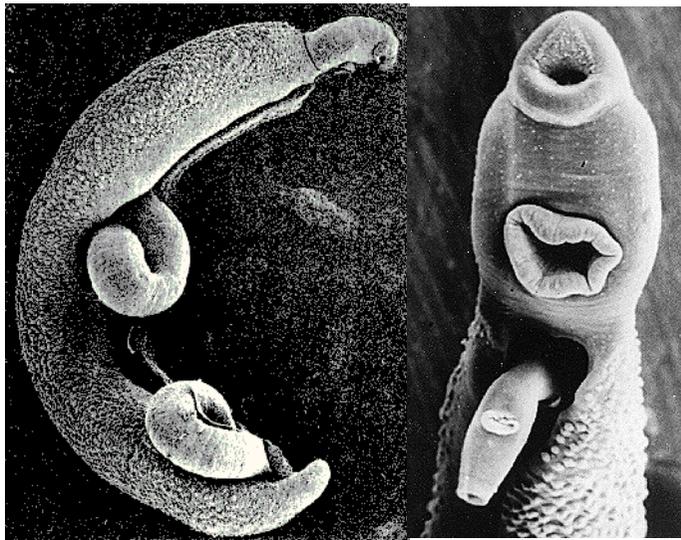
Espèces essentialiste & typologique : les limites

Dimorphisme sexuel



A. Boschas (Femelle)
Linné 1758

Anas platyrhynchos



Schistosoma mansoni



Megaloceros giganteus

Espèces essentialiste & typologique : les limites

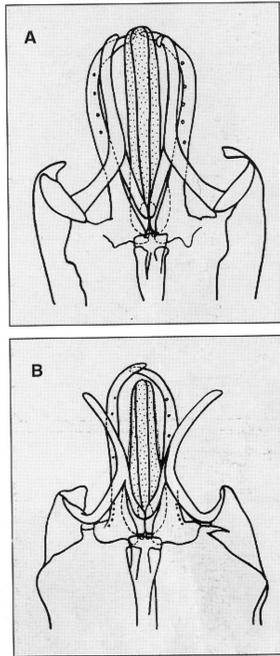
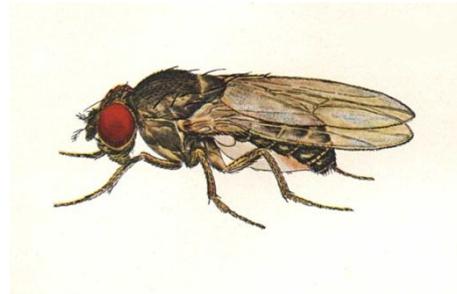


Figure 1.1 : *Drosophila pseudoobscura* (A) et *D. persimilis* (B) ne sont distinguables que chez le mâle, où diffèrent très légèrement le phallus et les paramères. (D'après Rizki, 1951, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 37, 156.)



	♀ <i>pseudoobscura</i>		♀ <i>persimilis</i>	
	inséminées (%)	vierges (%)	inséminées (%)	vierges (%)
1 : ♂ <i>pseudoobscura</i>	84,3	15,7	7	93
2 : ♂ <i>persimilis</i>	22,5	77,5	79,2	20,8

Espèces jumelles



Figure 1.3 : Dans le complexe *Aedes maculipennis*, la différenciation morphologique porte sur les seuls œufs. Ces quatre formes correspondent à quatre bonnes espèces. (D'après Gloubovitch et al. 1970, *Faune de l'U.R.S.S., Académie de l'U.R.S.S.*)

Espèces cryptiques

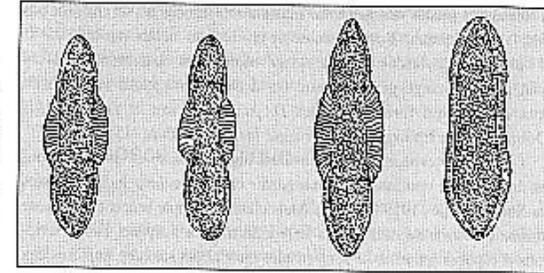


TABLEAU 3. Différences biologiques de Moustiques du groupe *Anopheles maculipennis*

CARACTÉRISTIQUE COMPARÉE	<i>A. melanoon</i> et <i>A. subalpinus</i>	<i>A. messeae</i>	<i>A. maculipennis</i>	<i>A. atroparvus</i>	<i>A. labranchiae</i>	<i>A. sacharovi</i> (<i>elutus</i>)
Couleur des œufs	Entièrement noir ou (<i>subalpinus</i>) à bandes croisées foncées	Bandes transversales sur partie d'un fond foncé diffus	Deux bandes noires croisées sur fond clair	Tacheté ou à taches noires cunéiformes	Comme <i>atroparvus</i> mais plus pâle, à taches foncées plus petites	Gris sans caractères
Floteurs de l'œuf	Grands et mousses	Grands et rugueux	Grands et rugueux	Petits et mousses	Très petits et rugueux	Absents
Chromosome X	Standard	Intense restructuration	Standard	Standard	Standard	Petite inversion
3 ^e Chromosome	Inversion au bras droit	Inversion au bras droit	Inversion au bras droit	Standard	Standard	Inversion au bras gauche
Habitat	Fréquemment rizières	Eau douce, calme, froide	Eau douce, courante, froide	Eau légèrement saumâtre, froide	Eau saumâtre très chaude	Eau calme, ombragée, souvent saumâtre
Hibernation	Non	Oui	Complète	Non	Non	Non
Anthropophilie	?	Rare	Non	Oui	Oui, de préférence	Presque exclusivement
Vecteur du paludisme	Non	Non (rarement)	Non	Un peu	Très dangereux	Très dangereux
Domaine	Méditerranéen	Continental et Nord de l'Europe	Montagnes d'Europe	Nord de l'Europe	Principalement Sud de l'Europe	Est méditerranéen et Proche-Orient

Espèces insulaires



Initially, Borneo elephants were classified as a unique subspecies (*Elephas maximus borneensis*) based on morphological differences from other populations (Deraniyagala 1950, 1955). Subsequently, they were subsumed under the Indian *Elephas maximus indicus* (Shoshani and Eisenberg 1982) or the Sumatran *Elephas maximus sumatrensis* (Medway 1977) subspecies, based on an assumption of their introduction to the region or on the reasoning that morphological divergence was insufficient to warrant separate status. While unique subspecific status would highlight their conservation importance, evaluation of their status in terms of evolutionary

Espèces biologiques: les limites

Parthénogenèse

Exclusive des femelles à participation des mâles d'une autre espèce (pour favoriser la reproduction)



Poeciliopsis monacha

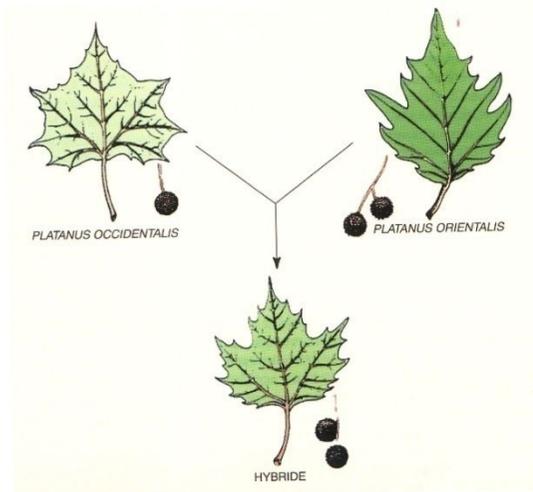
Exclusive des femelles à simulacre d'accouplement entre femelles



Cnemidophorus uniparens

Hybridations fertiles = communes chez les plantes

2. HYBRIDATION de deux types de platane, *Platanus occidentalis* et *Platanus orientalis*. Ces deux formes vivent sur des territoires différents, l'une en Europe orientale, l'autre aux États-Unis; elles diffèrent notamment par la découpe des feuilles et le nombre d'inflorescences portées par un même rameau. Cultivées côte à côte dans les parcs, elles donnent un hybride parfaitement fertile. Toutefois on ignore si, dans la nature, elles cohabiteraient d'assez près pour se croiser. Aussi on tend à considérer que les deux espèces sont distinctes.



Scissiparité (Eubactéries) = essentiel de la biodiversité

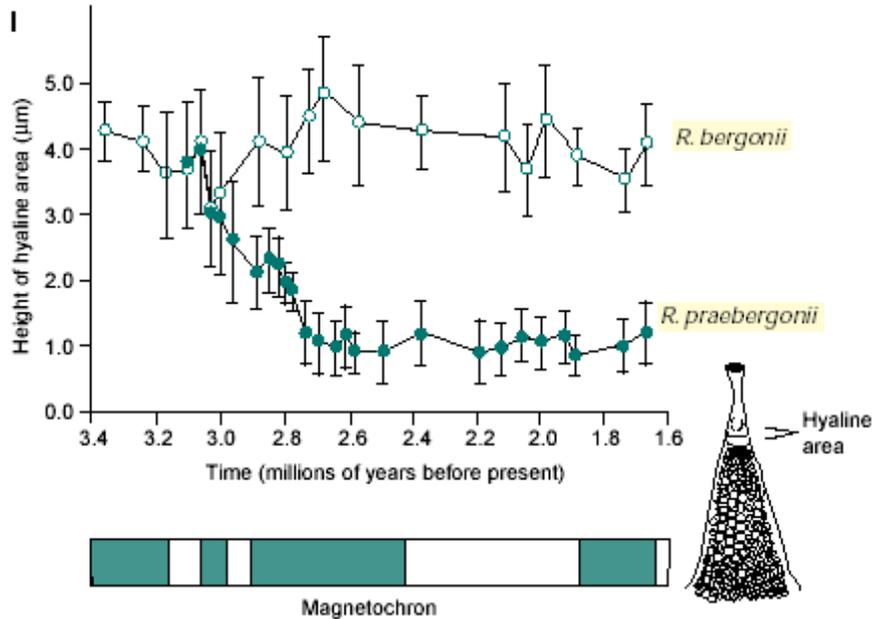


Scissiparité

Espèces biologiques: les limites

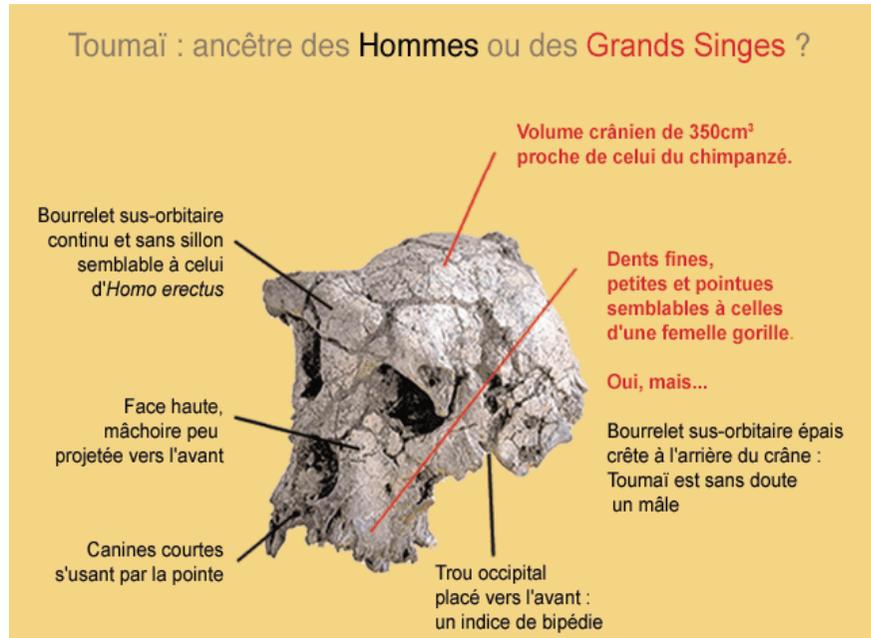
Espèces paléontologiques

eg. *Rhizosolenia*, diatomée planctonique



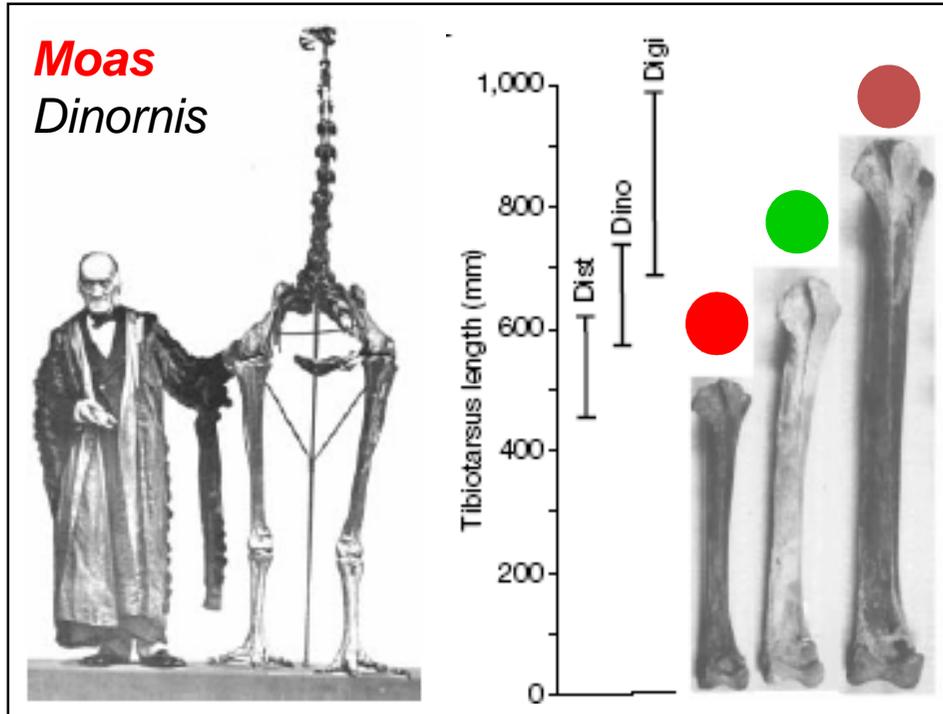
Problème de la qualité des archives paléontologiques

Ex. Lignée humaine



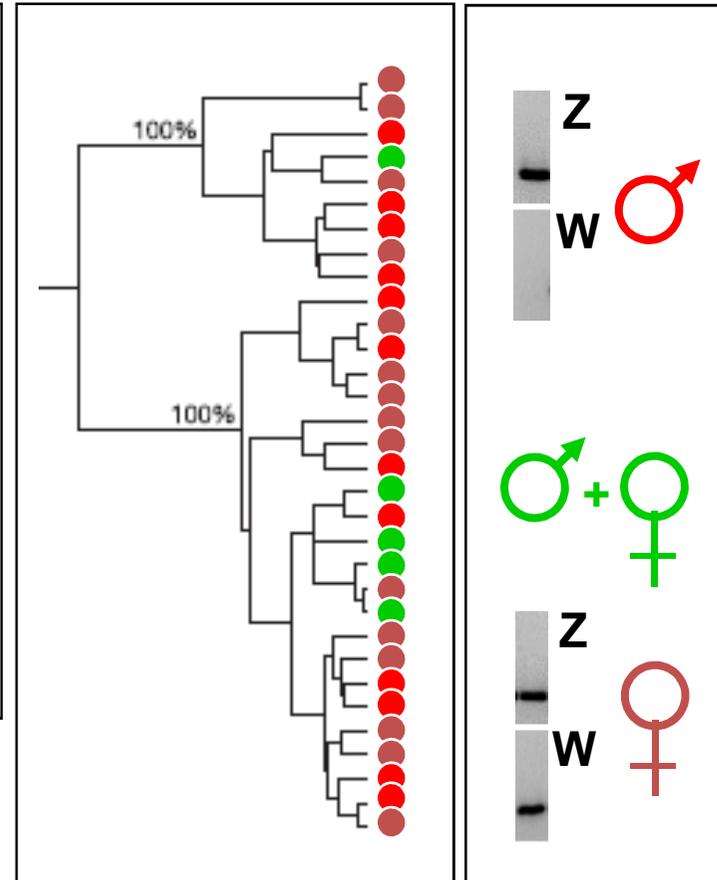
Espèces biologiques: les limites

Espèces paléontologiques



- Trois espèces morphologiques (● ● ●)

CONCLUSION → Une espèce génétique
→ Dimorphisme sexuel



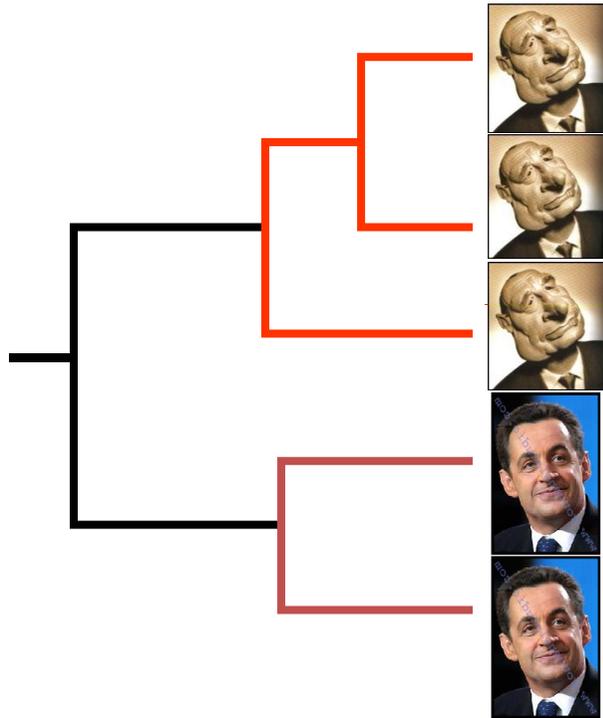
Bunce et al., Nature 2003

Espèce phylogénétique

Définition & Exemple

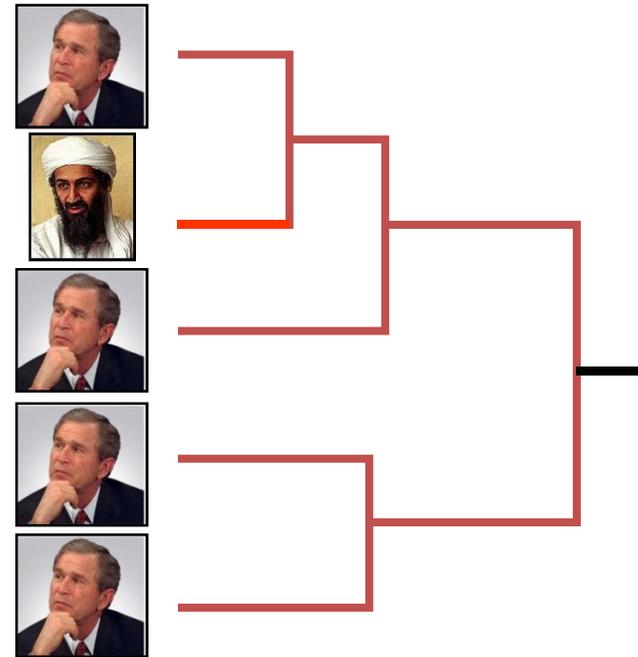
Définition

Plus petit groupe monophylétique (dont les membres sont uniquement constitués de descendants d'un même ancêtre commun récent).



*2 groupes monophylétiques
= 2 clades = 2 taxons vrais*

(dont tous les membres, et seulement eux, descendent d'un ancêtre commun unique)



Paraphylie

= Dénomination des taxons à revoir

Espèce phylogénétique

Définition & Exemple

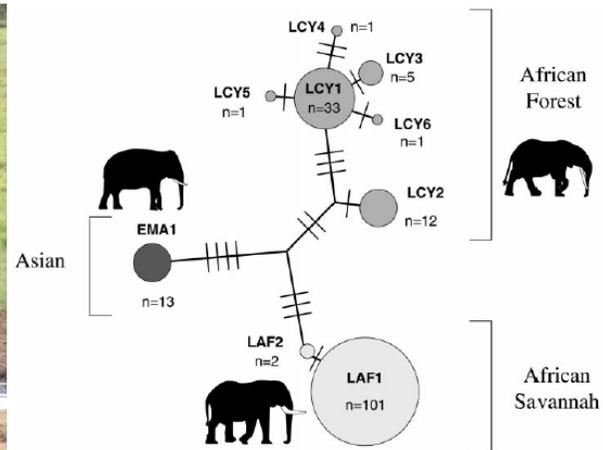
Définition

Plus petit groupe monophylétique (dont les membres sont uniquement constitués de descendants d'un même ancêtre commun récent).

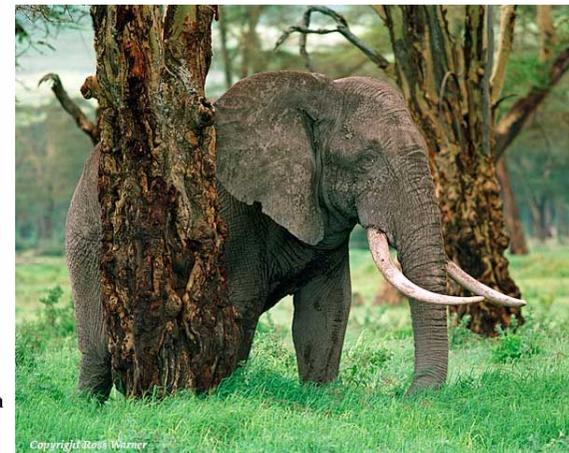
Limites

Méthode de reconstruction phylogénétique
→ Choix du degré de différenciation

Loxodonta africana

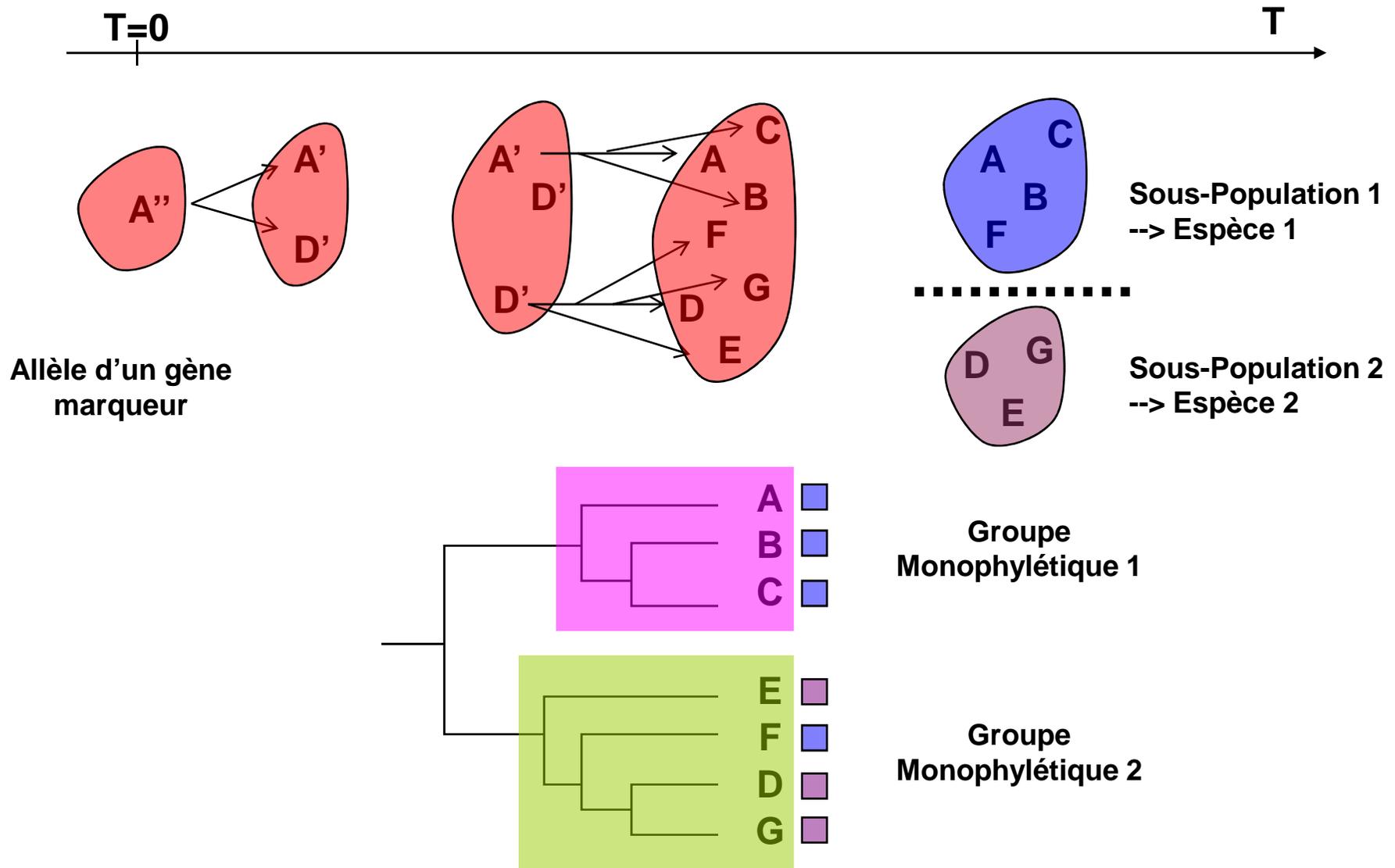


Loxodonta cyclotis



Espèce phylogénétique

Le concept d'espèce phylogénétique mis en échec



Espèce écologique

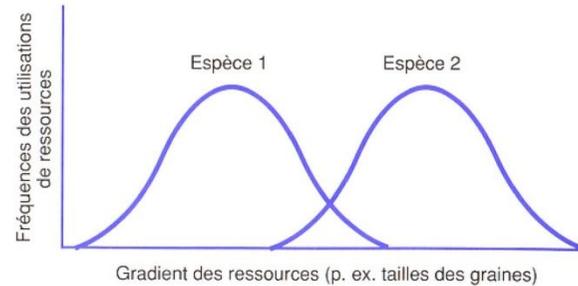
Constat

Les espèces sont adaptées à leur milieu (ressources & habitat).

Définition

Ensemble des organismes qui occupent la même niche.

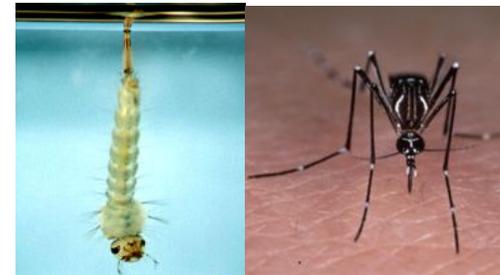
Figure 15.3 Une espèce présente une distribution de fréquences de phénotypes en rapport avec une certaine gamme de ressources. Deux espèces apparentées d'oiseaux, habitant la même région, peuvent exploiter les graines, grandes et petites, de la manière illustrée ici.



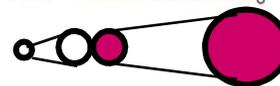
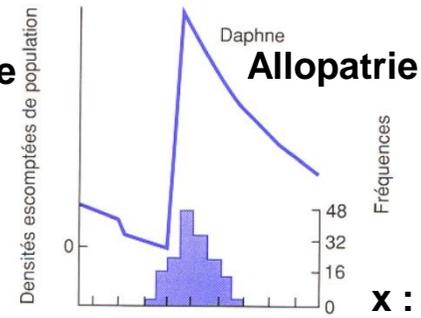
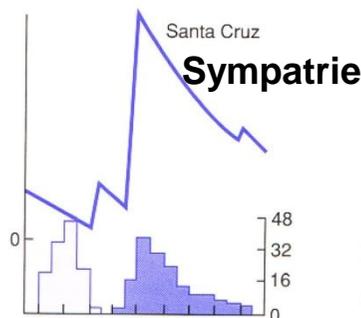
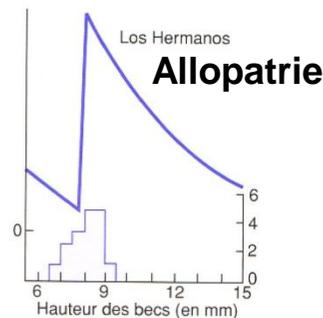
Limites

Figure 15.4 Déplacement de caractère chez les pinsons de Darwin. *Geospiza fortis* et *G. fuliginosa* sont plus semblables dans leur domaines allopatriques que là où ils sont sympatriques. Comparez les histogrammes représentant les tailles de becs sur Daphné et sur Los Hermanos (en bas) avec ceux de Santa Cruz (en haut). La différence entre les îles n'est pas due à une différence dans les ressources en graines. La ligne du haut montre les densités de populations que l'on pourrait prédire sur la seule base de ces ressources: ces lignes sont semblables pour toutes les îles et n'expliquent pas les différences illustrées par les histogrammes. D'après Schluter *et al.* (1985), avec l'autorisation de l'éditeur, © American Association for the Advancement of Science.

Espèces & cycles de vie



Déplacement de caractères



x : Hauteur(becs)
Corrélé à
Taille des ressources, i.e. niche

Vers une définition synthétique...

Aucun concept ne peut s'appliquer de manière rigide

- *Monophylie* (phylogénétique)
- *Critères phénétiques* (en référence à un type décrit)
- *Ecologiques*

Charles Darwin

On the origin of species by means of natural selection

« Nor shall I here discuss the various definitions which have been given of the term species. *No one definition has as yet satisfied all naturalists*; yet every naturalist knows vaguely what he means when he speaks of a species. »

Theodozius Dobzansky

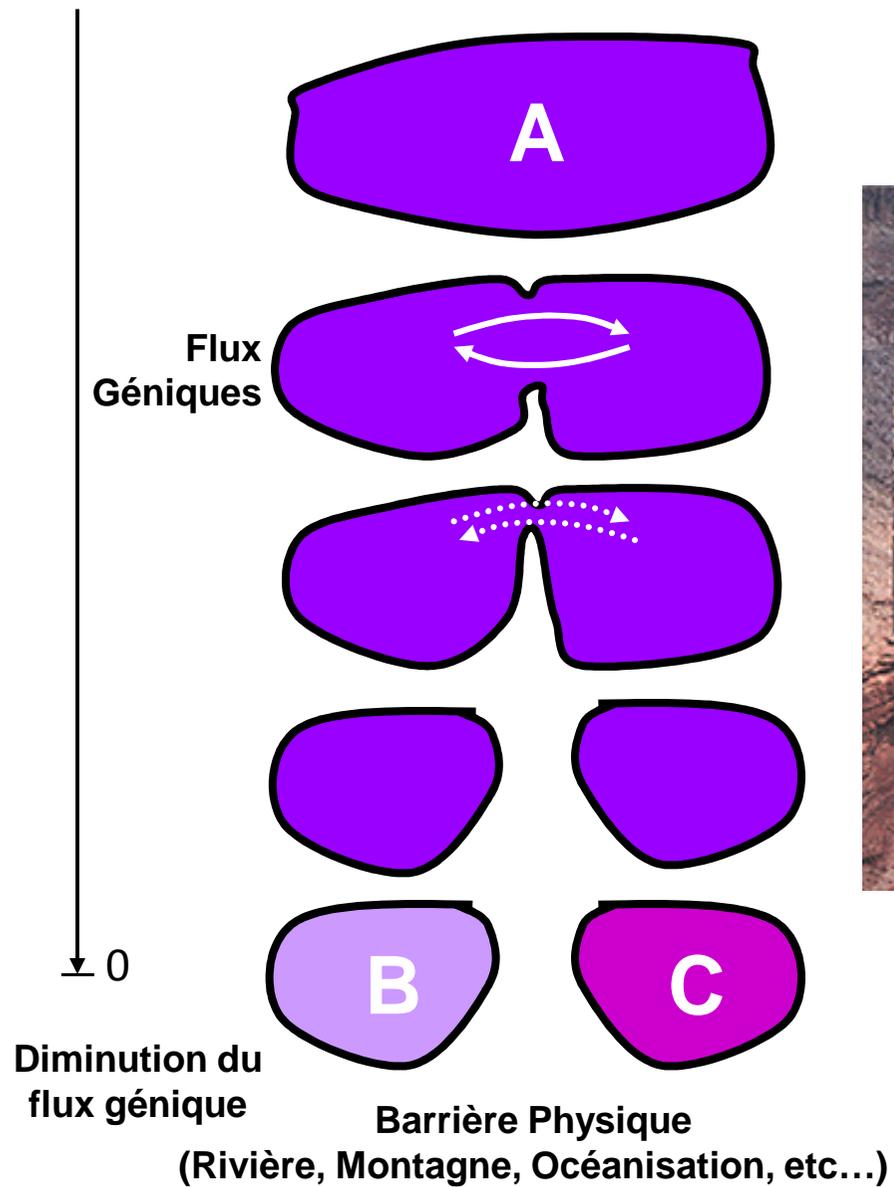
Critique of the species concept in Biology

« The species concept is one of the oldest and most fundamental in biology. And *yet it is almost universally conceded that no satisfactory definition of what constitutes a species* has ever been proposed. »

La spéciation

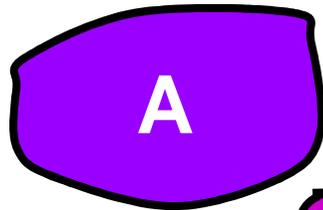
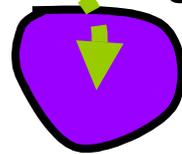
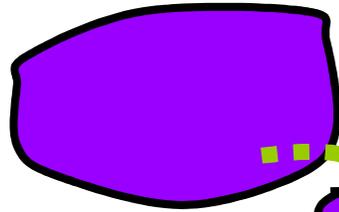
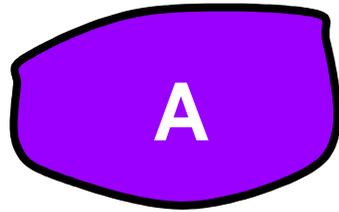
Spéciation Allopatrique

Par vicariance

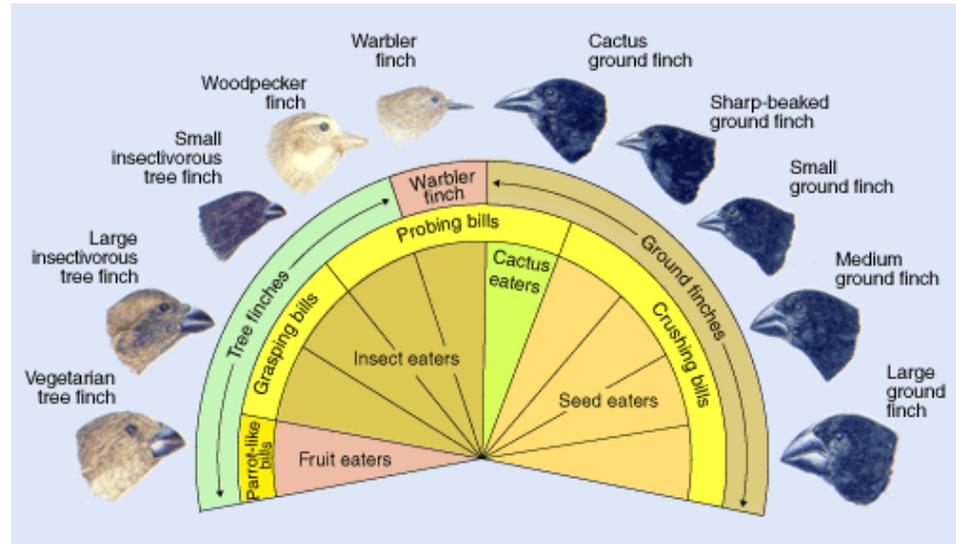


Spéciation Allopatrique

Par effet fondateur



Dérive génétique



Les pinsons de Darwin

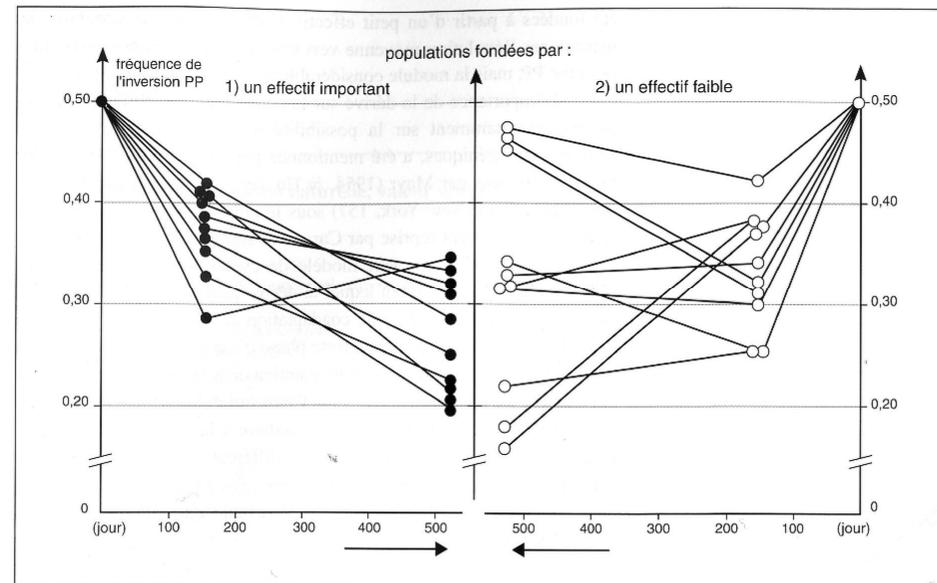


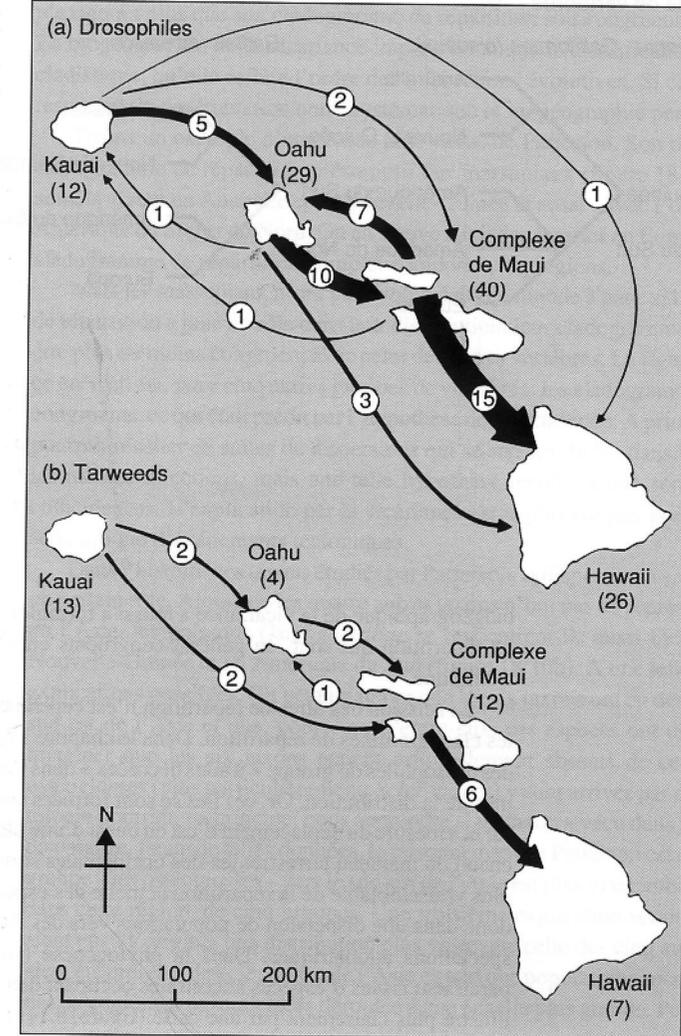
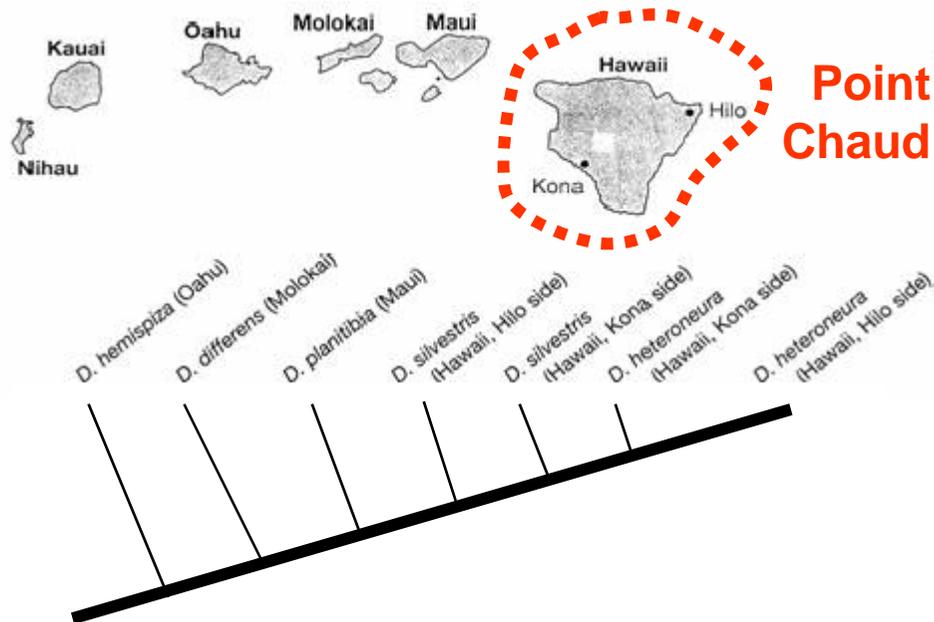
Figure 6.7 : Impact de l'effectif initial des populations sur l'évolution de la fréquence du chromosome portant l'inversion PP chez *Drosophila pseudoobscura*. Les abscisses sont orientées en sens inverse pour montrer la plus grande dispersion des fréquences observées dans les populations issues d'un petit nombre de fondateurs. (D'après Dobzhansky & Pavlovsky 1957.)

Spéciation Allopatrique

Par effet fondateur

Figure 18.11 La répartition des drosophiles à ailes décorées d'Hawaï suggère qu'elle est due à la dispersion. La phylogénie est représentée dans la figure 17.17 (les nombres indiqués dans les deux figures ne sont pas exactement les mêmes, parce que cette figure-ci est plus récente). Les nombres dans les flèches sont les nombres estimés d'épisodes de dispersion, les nombres entre parenthèses sont ceux des espèces endémiques à une île. (b) Figure correspondante pour une « tarweed ». L'histoire géologique de l'archipel nous apprend que les îles se sont formées successivement d'ouest en est, ce qui a imposé la même histoire biogéographique aux deux groupes. D'après Carr *et al.* (1989), avec l'autorisation de l'éditeur.

Drosophiles des îles Hawaï



Les moteurs de la spéciation sympatrique

Principe général

Changement morphologique ou comportemental qui entraîne des appariements préférentiels entre membres d'une même population (= isolement prézygotique)

Eg.

- Sélection **naturelle**: avantage à ceux qui
 - Se spécialisent à un nouvel habitat
 - Exploitent une nouvelle source alimentaire
- Sélection **sexuelle**: biaise les croisements
 - choix des femelles (homochromie)
 - cf. Cours 'Sélection sexuelle & sélection de parentèle'

Les moteurs de la spéciation sympatrique

Sélection naturelle (puis sélection sexuelle)

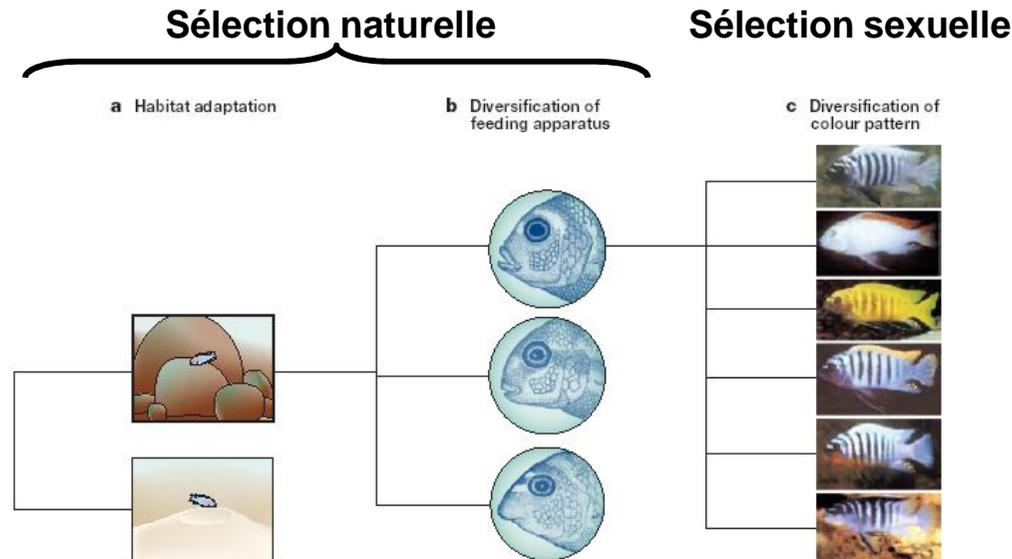


Figure 1 | **Three-stage radiation of cichlids in Lake Malawi.** a | The first stage of cichlid radiation involves adaptation to distinct rocky and sandy habitats in the lake. b | The second stage is a radiation of trophic morphologies within each habitat, which is represented by the jaws of *Metriaclima*, *Tropheus* and *Labetropheus* (top to bottom, respectively). c | The third stage is a diversification of male colour patterns within each lineage, which is represented here by species of the genus *Metriaclima*. Modified from REE 11 © (2001) Blackwell Scientific.

1er degré de diversité - spéciation

1. **Avantage sélectif** à exploitation d'une niche trophique
2. **Renforcement*** (désavantage sélectif des hybrides # contre-sélection des croisements entre différents groupes)

2nd degré de diversité - spéciation

3. Fixation de différents mécanismes de **reconnaisances sexuelles**

* Peut jouer suite à remise en contact après allopatrie