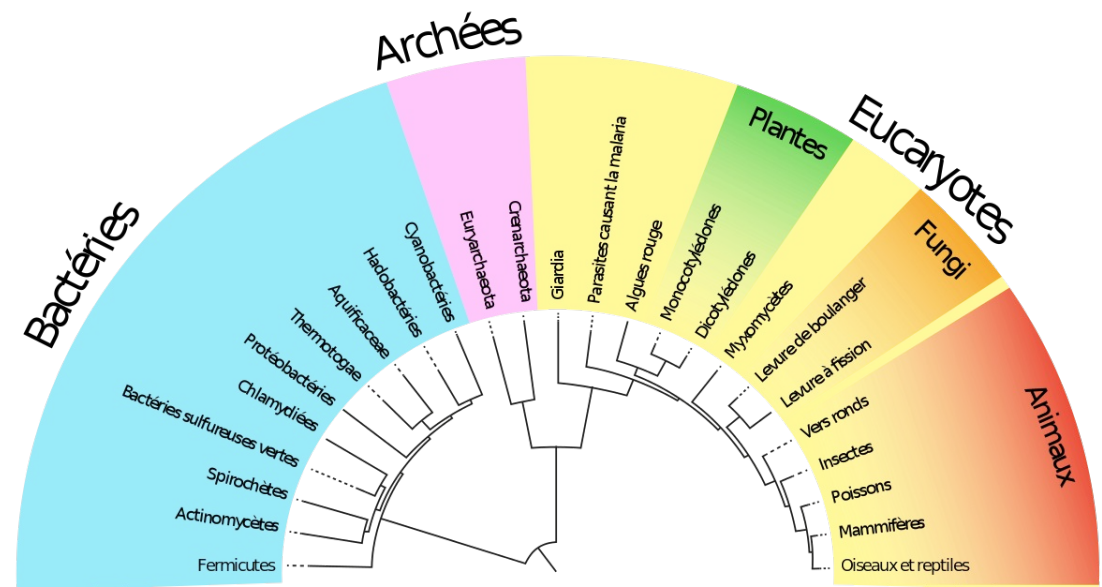
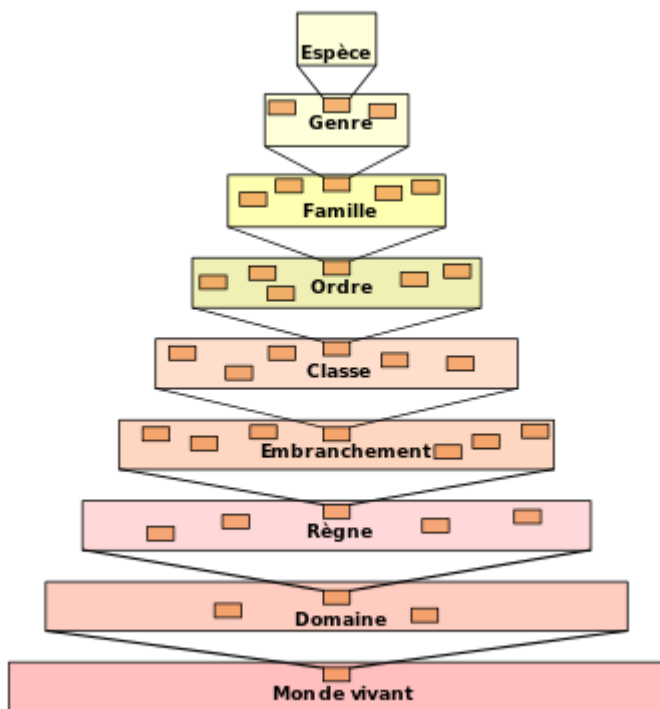


Classification(s) du vivant

Biodiversité



Qu'est-ce qu'une classification ?

Quel est l'intérêt d'une classification ?

Comment est sont classés les êtres vivants
actuellement ?

Introduction

I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

Introduction

I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

Proposez une classification des objets suivants



Proposez une classification des objets suivants

A



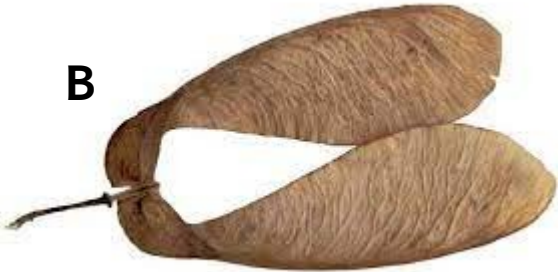
D



H



B



E



F



I



C



G



J



Proposez une classification des objets suivants

A



D



G



E



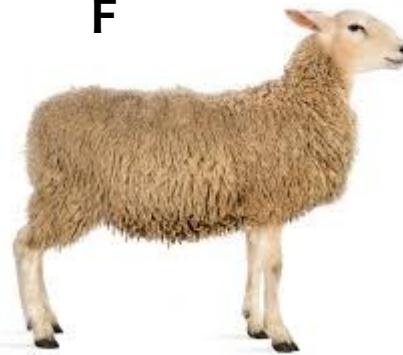
H



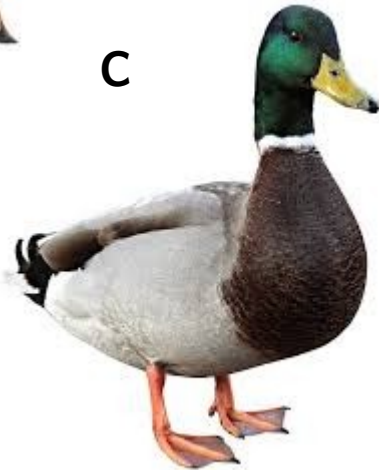
B



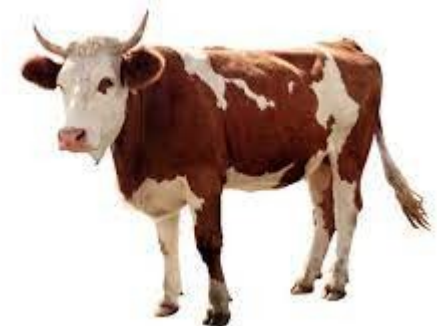
F



C



I



Introduction

I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

→ *Grande diversité de classifications possibles, y compris sur un même ensemble d'objets*

Pourquoi ?

→ *Grande diversité de classifications possibles, y compris sur un même ensemble d'objets*

Pourquoi ?

→ Parce qu'on peut **trier** les différents objets de différentes manières en fonction de l'usage qu'on en a.

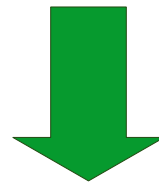
Ces « classifications » sont des **outils** (on pourrait comparer ça à des catalogues ici)

→ Grande diversité de classifications possibles, y compris sur un même ensemble d'objets

Pourquoi ?

→ Parce qu'on peut **trier** les différents objets de différentes manières en fonction de l'usage qu'on en a.

Ces « classifications » sont des **outils** (on pourrait comparer ça à des catalogues ici)



Permet de ranger des objets dans des catégories basées sur des caractéristiques des objets en question

→ les objets ainsi classés peuvent ensuite être utilisés/exploités de manière commune en fonction de leur proximité dans la classification utilisée

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages

IV : Les végétaux et l'environnement



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages

IV : Les végétaux et l'environnement

V : Le bois



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages

IV : Les végétaux et l'environnement

V : Le bois

VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages

IV : Les végétaux et l'environnement

V : Le bois

VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales

VII : Herbacées cultivées comme légumes verts



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

I : Morphologie des plantes

II : Procédés de multiplication végétales

III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages

IV : Les végétaux et l'environnement

V : Le bois

VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales

VII : Herbacées cultivées comme légumes verts

VIII : Reliquat des herbacées



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

- I : Morphologie des plantes
- II : Procédés de multiplication végétales
- III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages
- IV : Les végétaux et l'environnement
- V : Le bois
- VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales
- VII : Herbacées cultivées comme légumes verts
- VIII : Reliquat des herbacées
- IX : Les sèves et les utilisations médicales



Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

- I : Morphologie des plantes
- II : Procédés de multiplication végétales
- III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages
- IV : Les végétaux et l'environnement
- V : Le bois
- VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales
- VII : Herbacées cultivées comme légumes verts
- VIII : Reliquat des herbacées
- IX : Les sèves et les utilisations médicales

Pourquoi en botanique ?



*Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC*

Premières classifications ?

→ Theophraste (disciple d'Aristote)

Ouvrage en 9 livres :

- I : Morphologie des plantes
- II : Procédés de multiplication végétales
- III : Espèces d'arbre et d'arbrisseaux sauvages
- IV : Les végétaux et l'environnement
- V : Le bois
- VI : Sous-arbrisseaux et herbacées ornementales
- VII : Herbacées cultivées comme légumes verts
- VIII : Reliquat des herbacées
- IX : Les sèves et les utilisations médicales

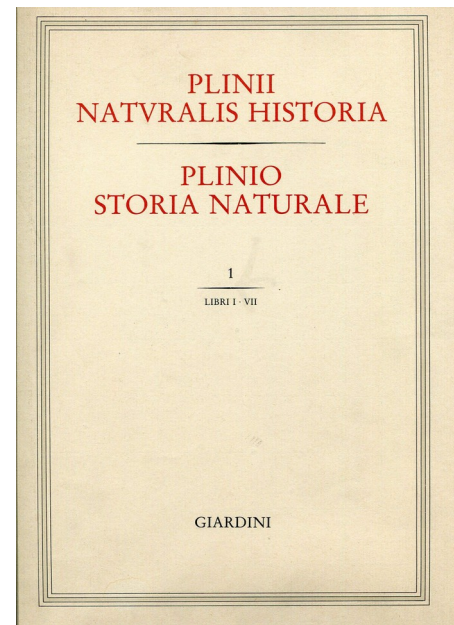


Édition de 1644 d'un ouvrage publié
au 4ème siècle avant JC

Pourquoi en botanique ? → domaine dans lequel c'est le plus nécessaire à l'époque

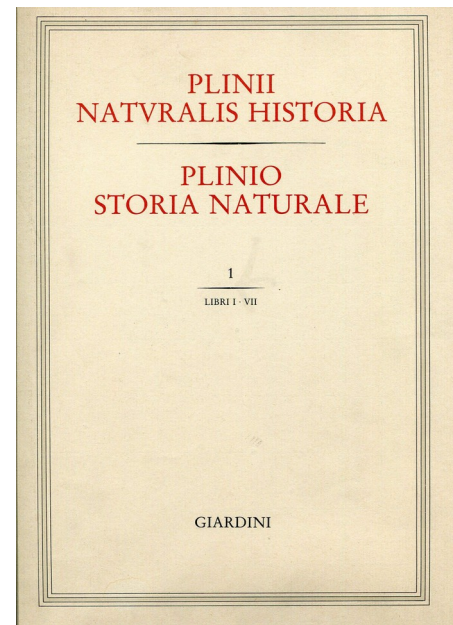
Premières classifications ?

- Theophraste (-314)
- Pediarus Dioscoride (30-90)
- Pline l'ancien (23-79)



Premières classifications ?

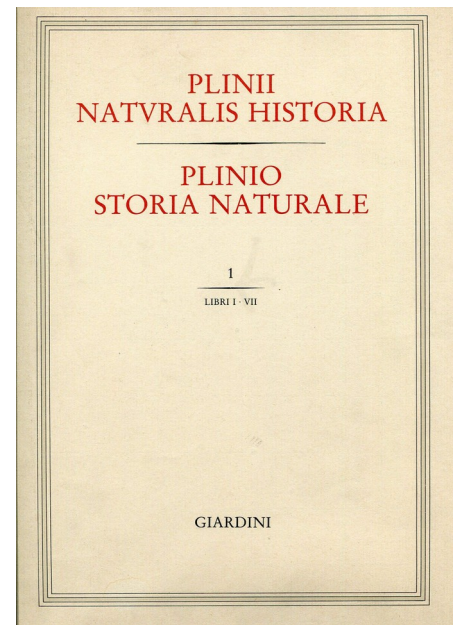
- Theophraste (-314)
- Pediarus Dioscoride (30-90)
- Pline l'ancien (23-79)



Proposent de la biologie végétale et des classifications basées sur les usages faits des espèces présentées

Premières classifications ?

- Theophraste (-314)
- Pediarus Dioscoride (30-90)
- Pline l'ancien (23-79)



**Proposent de la biologie végétale et des classifications
basées sur les usages faits des espèces présentées =
catalogue utilitaire**

→ Ouvrages mis à jour, corrigées, précisées au cours du temps, mais utilisées jusqu'au **XVIème siècle**

→ Ouvrages mis à jour, corrigées, précisées au cours du temps, mais utilisées jusqu'au **XVIème siècle**

Leonart Fuchs, Conrad Gessner, Joachim Camerarius le jeune

Redéfinition des espèces, proposition d'une nouvelle classification (par ordre alphabétique...)

→ Ouvrages mis à jour, corrigées, précisées au cours du temps, mais utilisées jusqu'au **XVIème siècle**

Leonart Fuchs, Conrad Gessner, Joachim Camerarius le jeune

Redéfinition des espèces, proposition d'une nouvelle classification (par ordre alphabétique...)

→ **Remise en cause du travail des anciens !**

→ Ouvrages mis à jour, corrigées, précisées au cours du temps, mais utilisées jusqu'au **XVIème siècle**

Leonart Fuchs, Conrad Gessner, Joachim Camerarius le jeune

Redéfinition des espèces, proposition d'une nouvelle classification (par ordre alphabétique...)

→ **Remise en cause du travail des anciens !**

Comment faire une classification ? Que veut dire classer des objets/espèces ?

Comment organisez vous les objets suivants ?



Dans le cas précédent, nous avons **trié** ce que nous avons vu sur la base de critères visuels

Dans le cas précédent, nous avons **trié** ce que nous avons vu sur la base de critères visuels

- Présence ou non sur la tête d'une forme permettant d'imposer une rotation
- Présence ou non de filetage sur le corps de l'objet
- ...

Trier : Séparer des objets sur base d'un ou de plusieurs critères, qui peuvent être propre à l'objet ou à notre perception de ce dernier (utilisation, dommages causés, ...)

→ **Attention, trier est une étape nécessaire, mais ce n'est pas classer**

Dans le cas précédent, nous avons **trié** ce que nous avons vu sur la base de critères visuels

- Présence ou non sur la tête d'une forme permettant d'imposer une rotation
- Présence ou non de filetage sur le corps de l'objet
- ...

→ **Attention, trier est une étape nécessaire, mais ce n'est pas classer**

Classer : Réorganiser les objets pour former des ensembles cohérents et qui aient du sens. Les différents ensembles sont des concepts **complexes** qui doivent être argumentés sur la base de caractères pertinents pour rapprocher les objets entre eux.

Dans le cas précédent, nous avons **trié** ce que nous avons vu sur la base de critères visuels

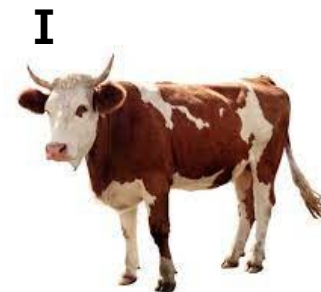
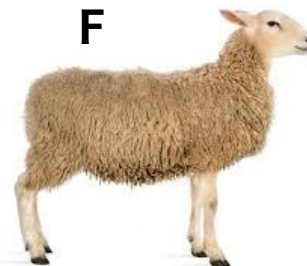
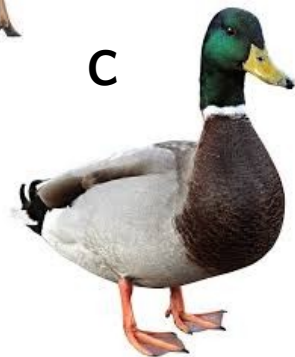
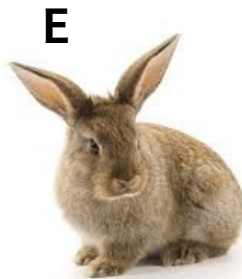
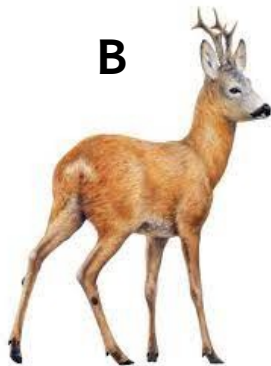
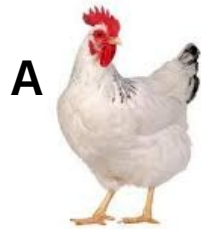
- Présence ou non sur la tête d'une forme permettant d'imposer une rotation
- Présence ou non de filetage sur le corps de l'objet
- ...

→ **Attention, trier est une étape nécessaire, mais ce n'est pas classer**

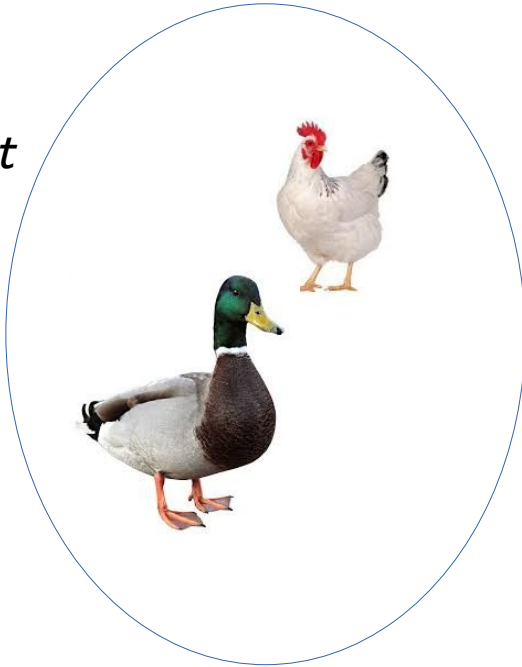
Classer : Réorganiser les objets pour former des ensembles cohérents et qui aient du sens. Les différents ensembles sont des concepts **complexes** qui doivent être argumentés sur la base de caractères pertinents pour rapprocher les objets entre eux.

→ Exemple d'ensemble : les fruits de mer

Classer : Réorganiser les objets pour former des ensembles cohérents et qui aient du sens.
Les différents ensembles sont des concepts **complexes** qui doivent être argumentés sur la base de caractères pertinents pour rapprocher les objets entre eux.

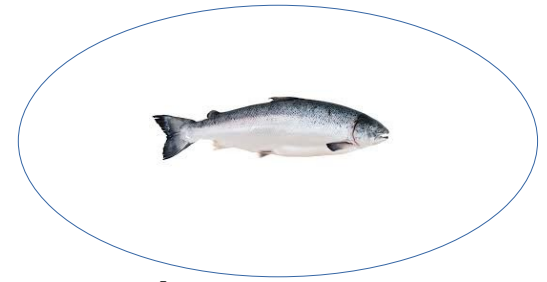


- Plumes
- Bec
- Bréchet
- ...

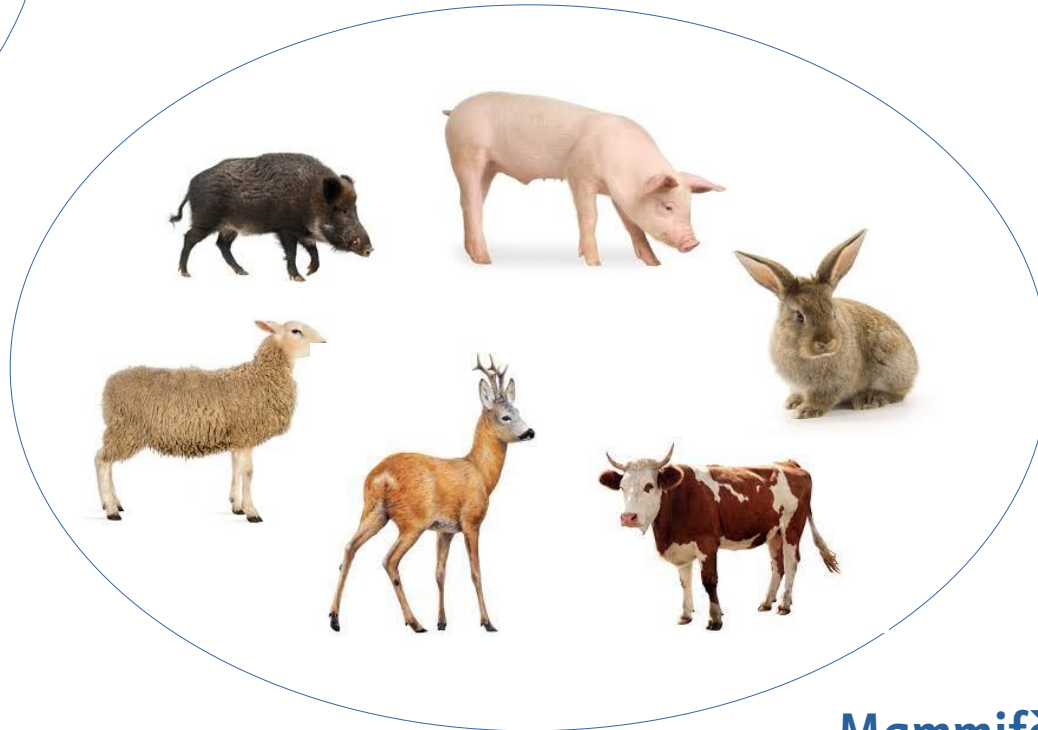


Oiseaux

- Écailles
- Branchies
- Nageoires rayonnées
- ...



Poissons



Mammifères

- Poils
- Globules rouge sans noyau
- 2 générations dentaires max
- ...



- Écailles
- Branchies
- Nageoires rayonnées
- ...

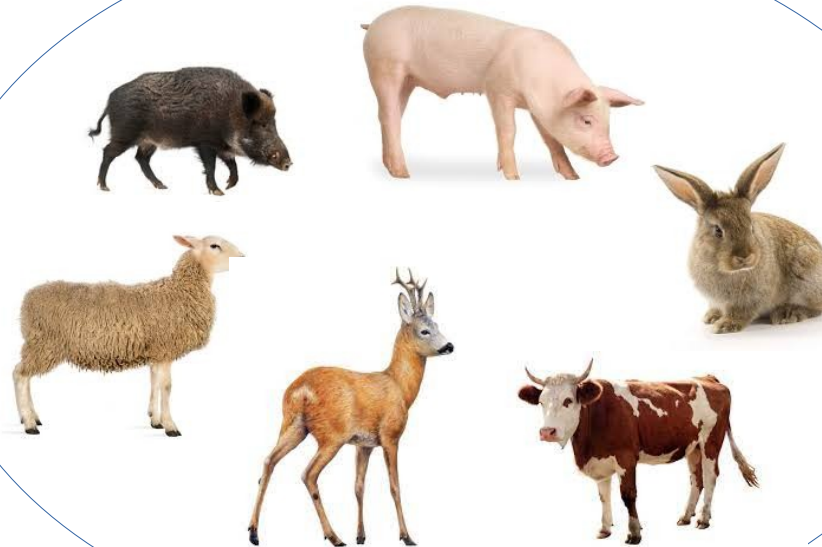
Poissons

- Plumes
- Bec
- Bréchet
- ...



Oiseaux

- Poils
- Globules rouge sans noyau
- 2 générations dentaires max
- ...



Mammifères

4 membres chiridiens

Tetrapodes



- Écailles
- Branchies
- Nageoires rayonnées
- ...

Poissons

- Plumes
- Bec
- Bréchet
- ...



- Poils
- Globules rouge sans noyau
- 2 générations dentaires max
- ...

Ces groupes sont des concepts arbitraires, mais qui correspondent quand même à une réalité biologique de proximité entre les espèces

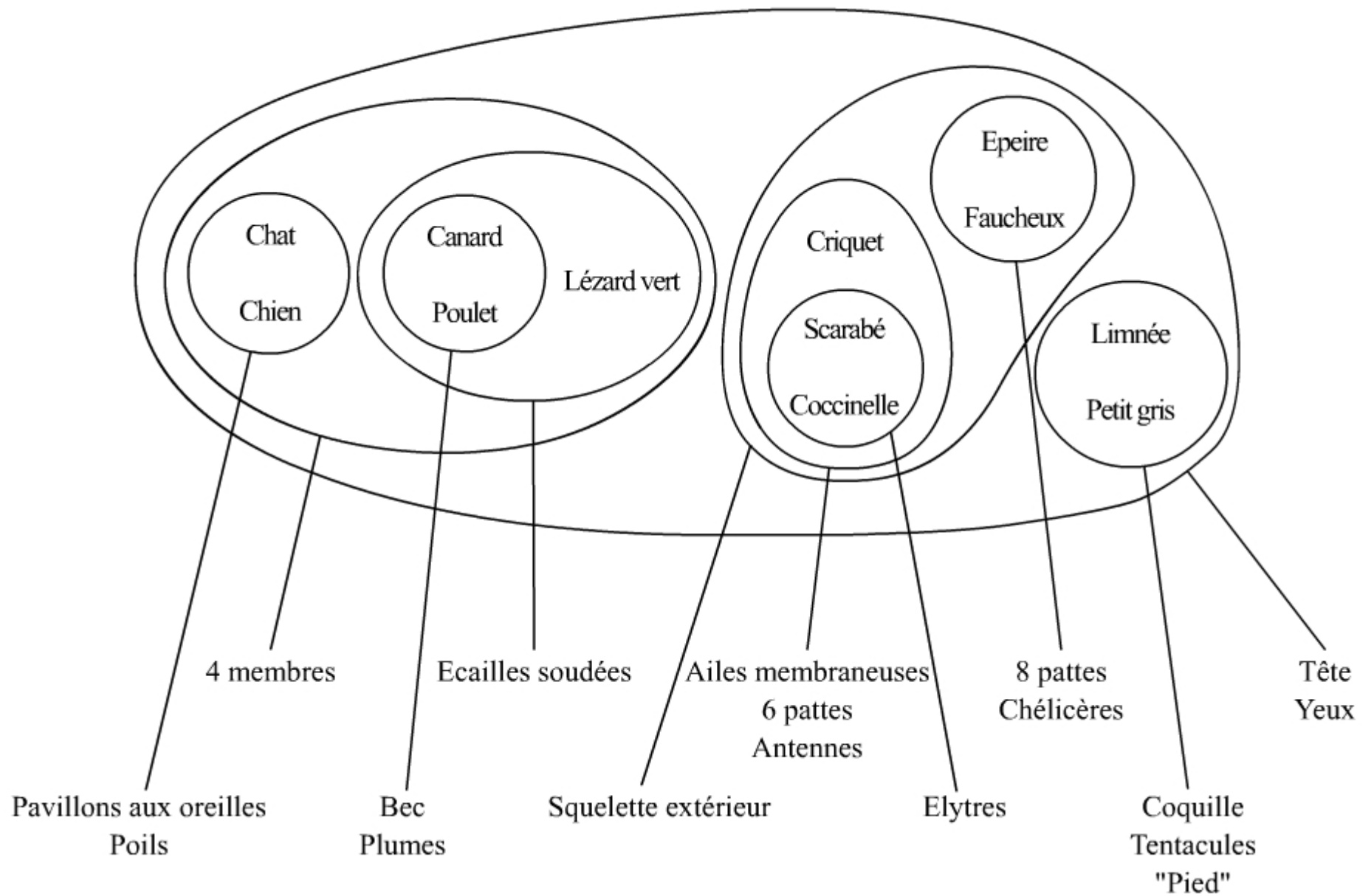
Oiseaux



Mammifères

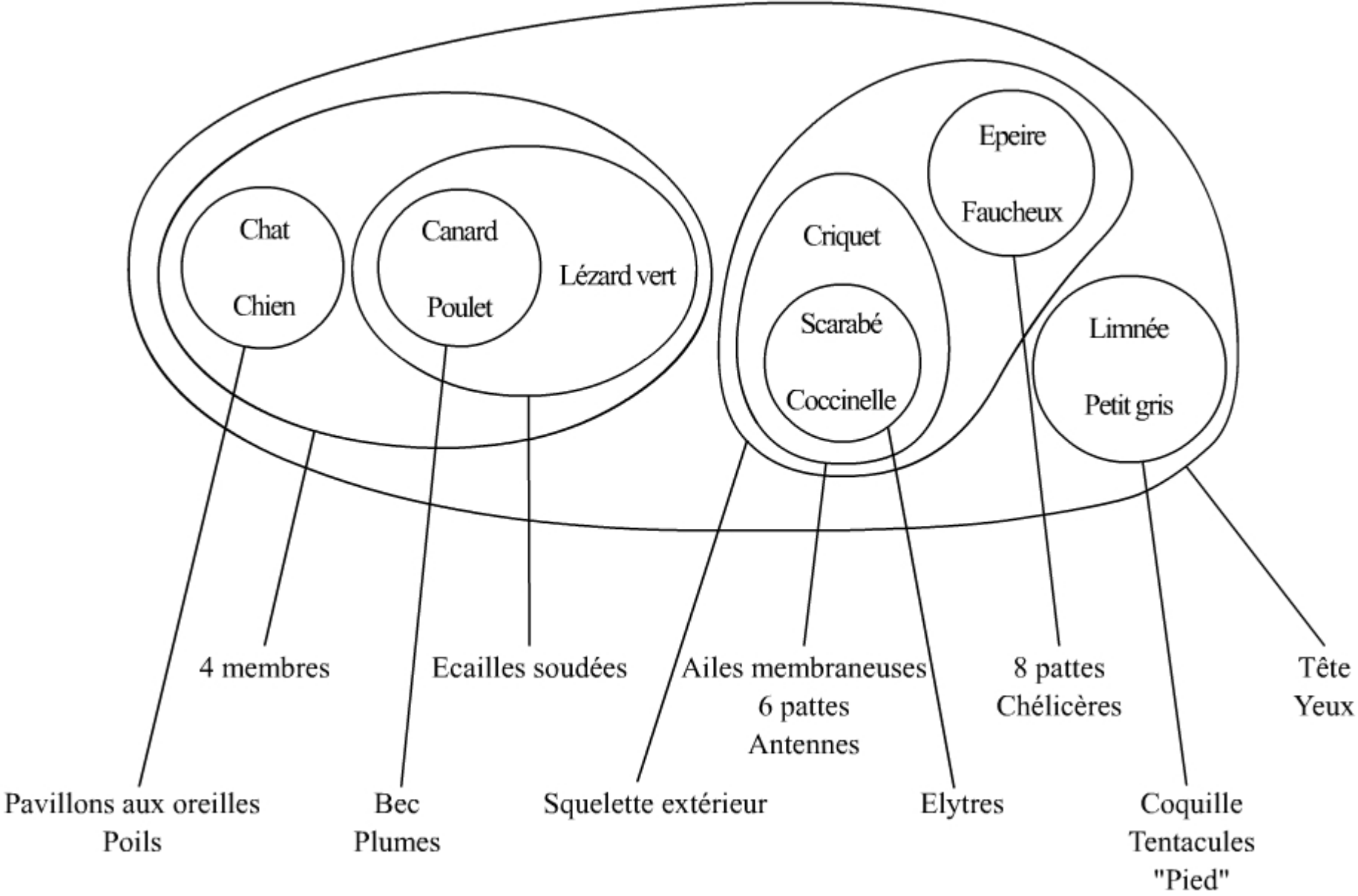
4 membres chiridiens

Tetrapodes

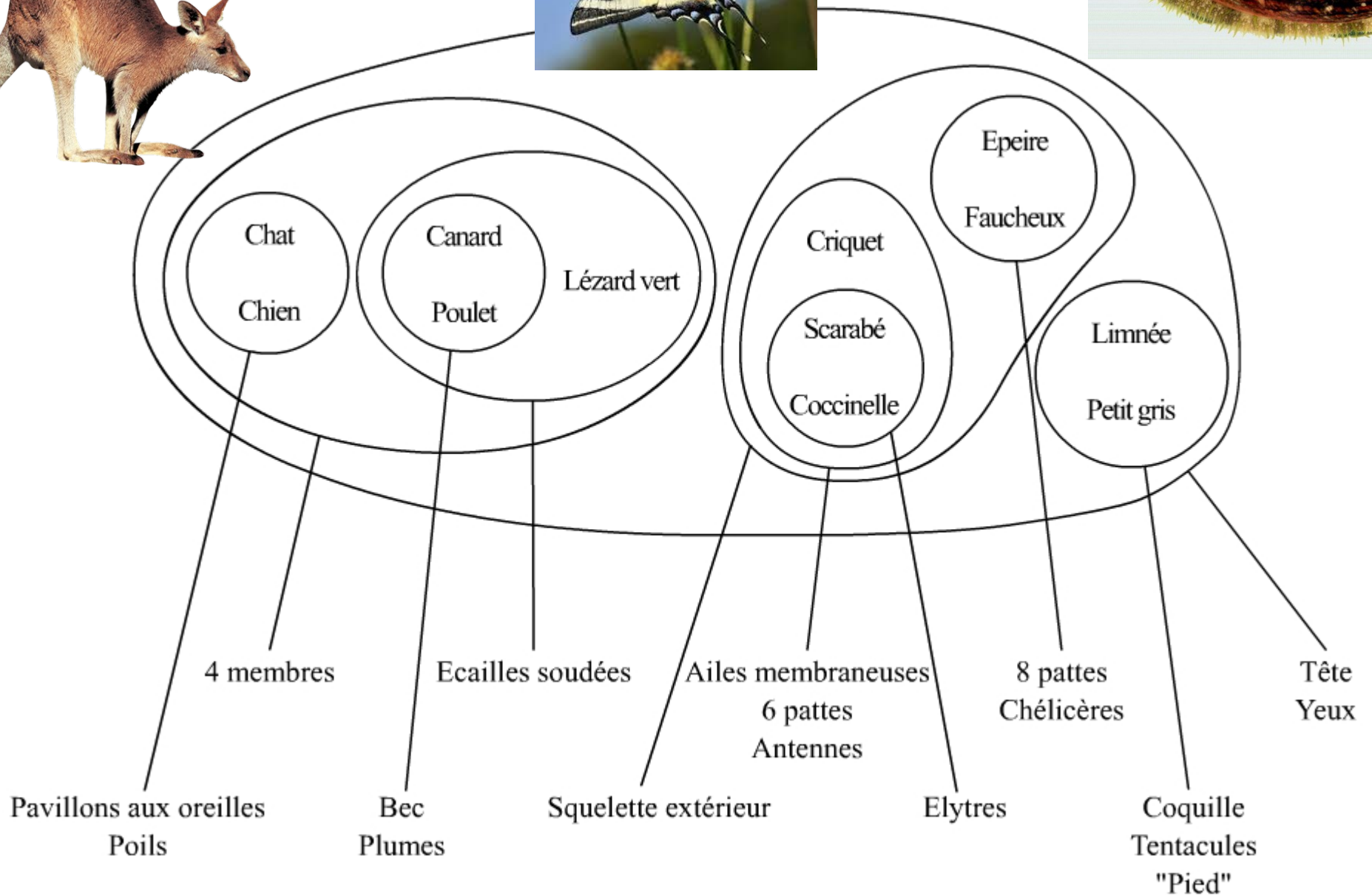


Dernière étape : **assigner**

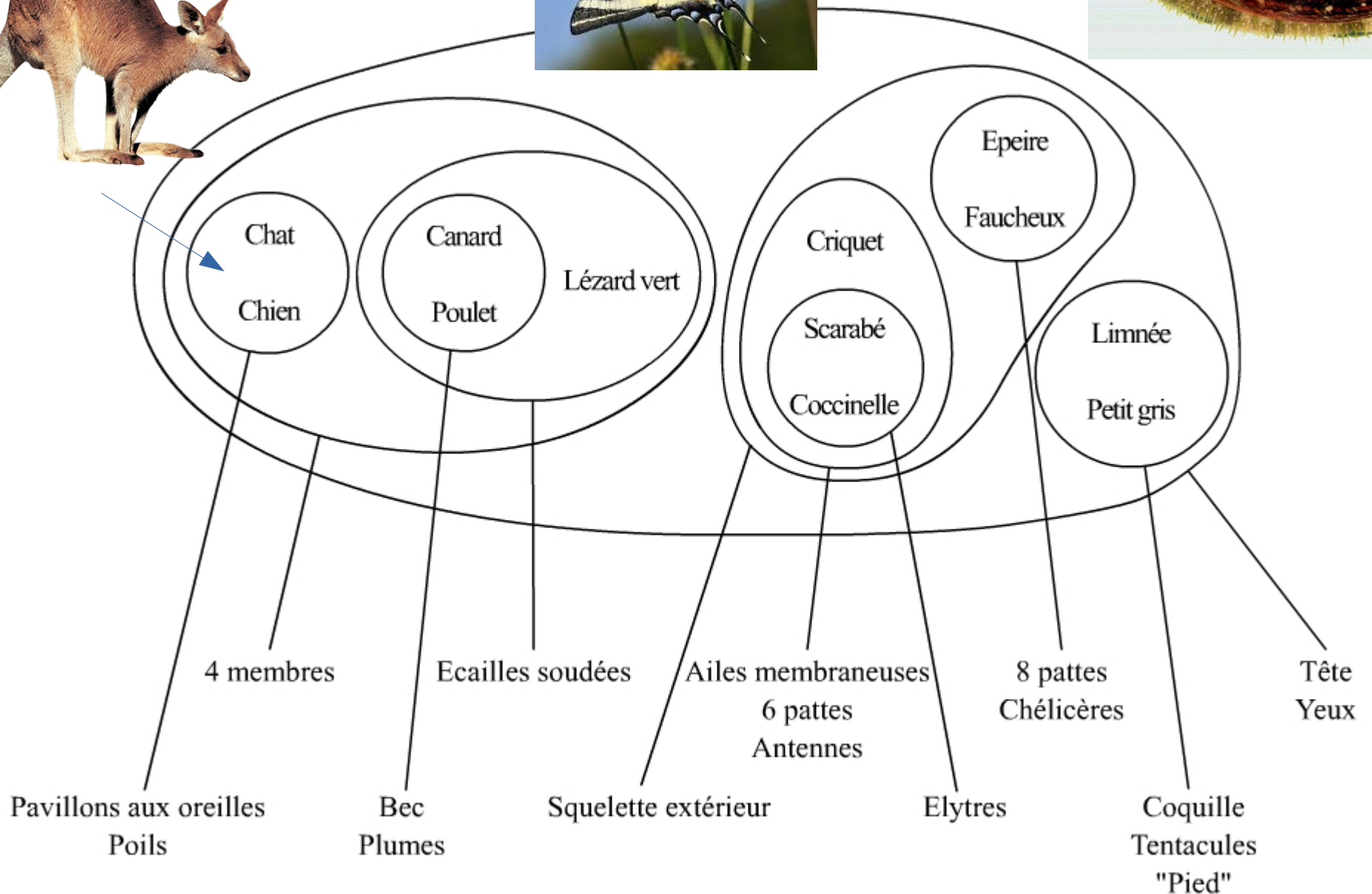
Dernière étape : assigner



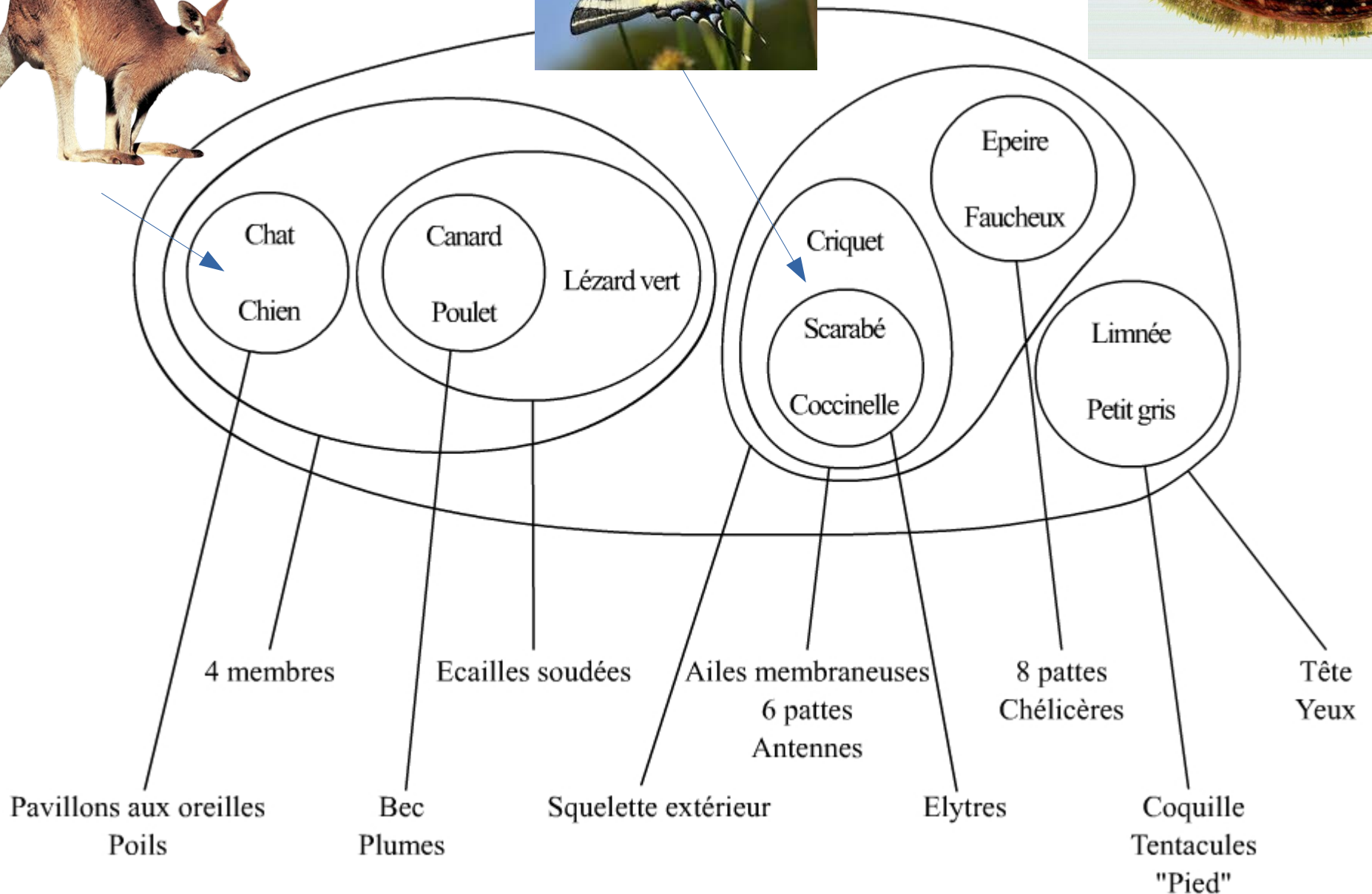
Dernière étape : assigner



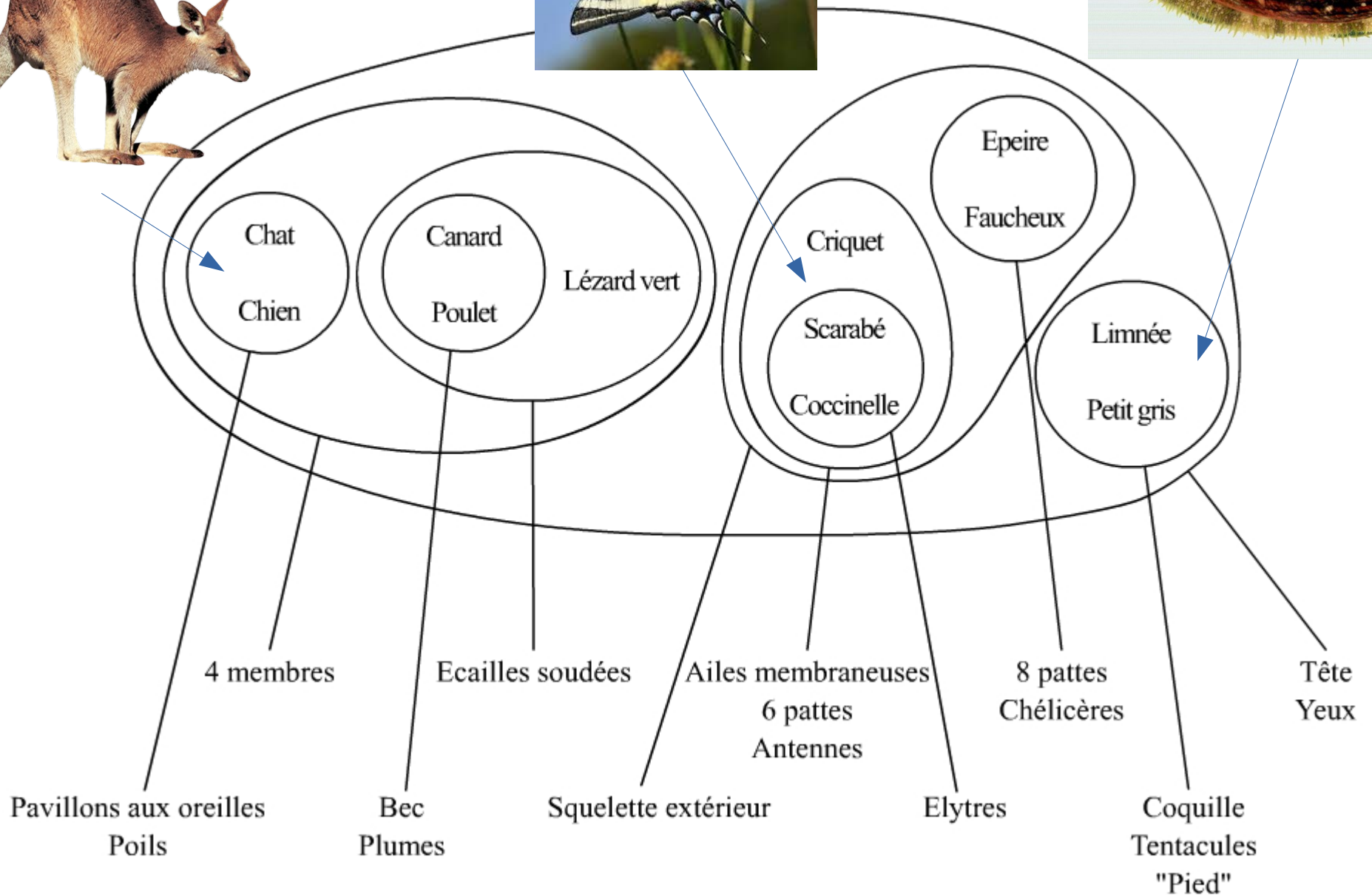
Dernière étape : assigner



Dernière étape : assigner

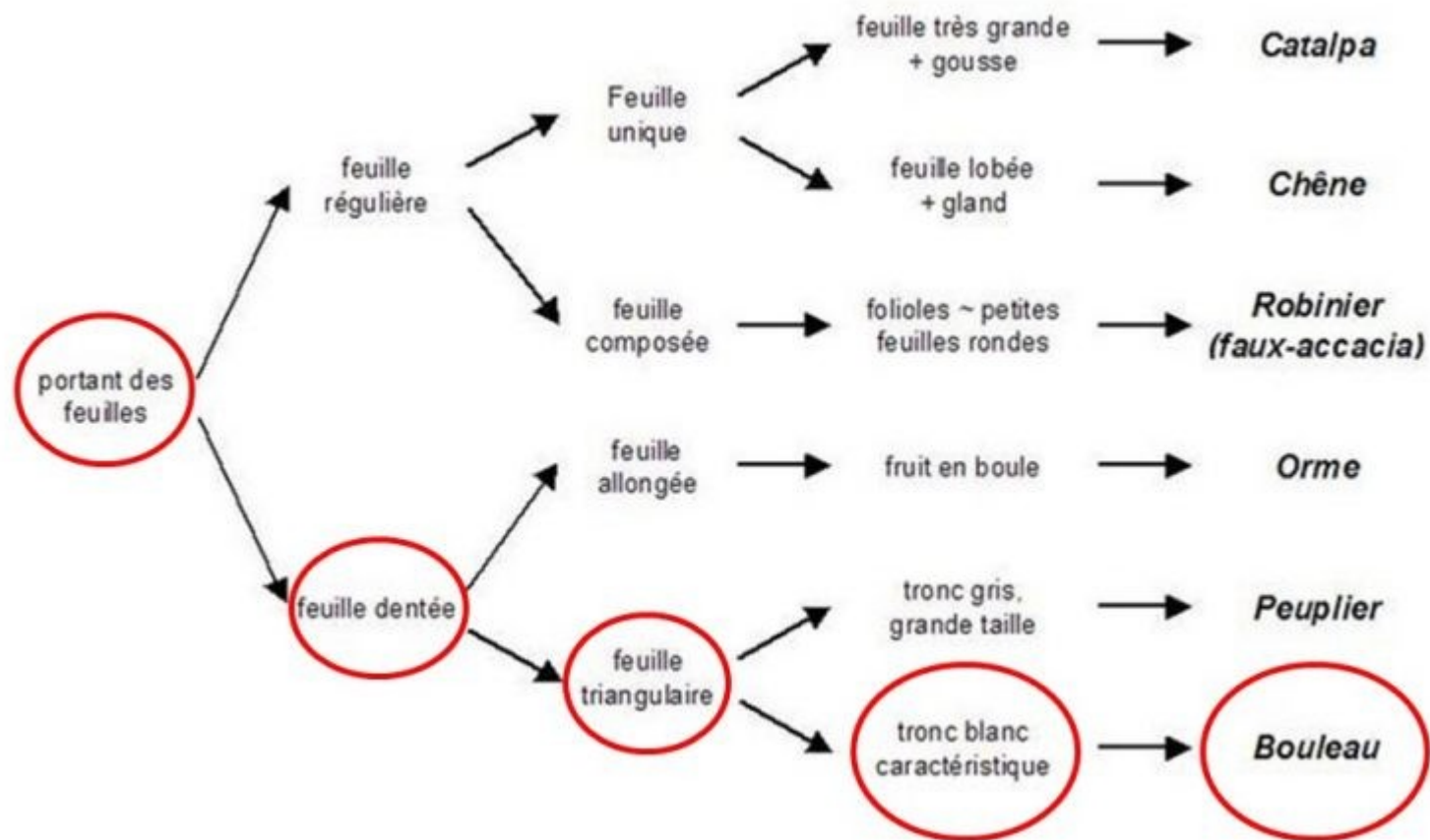


Dernière étape : assigner



Attention, une classification doit retranscrire une réalité dans le domaine d'intérêt
→ Elle n'a pas pour vocation d'être pratique à utiliser mais exacte

En ça, une classification s'oppose à une clef de détermination

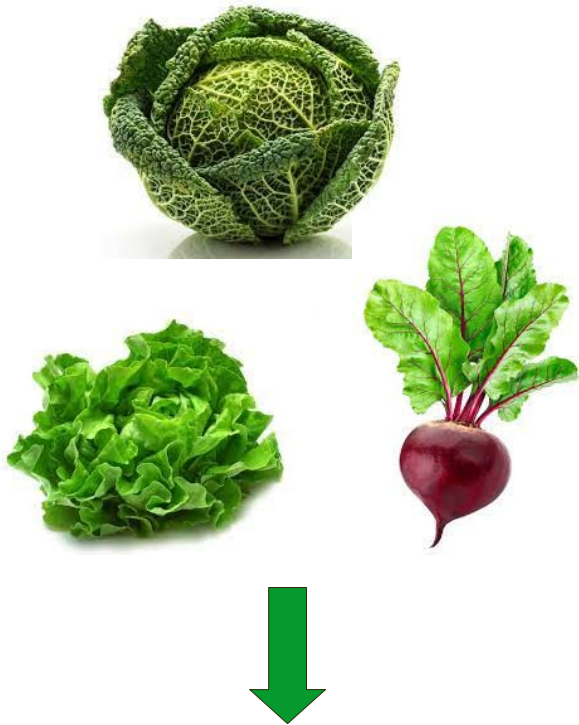


Exemple de clef de détermination d'arbres communs

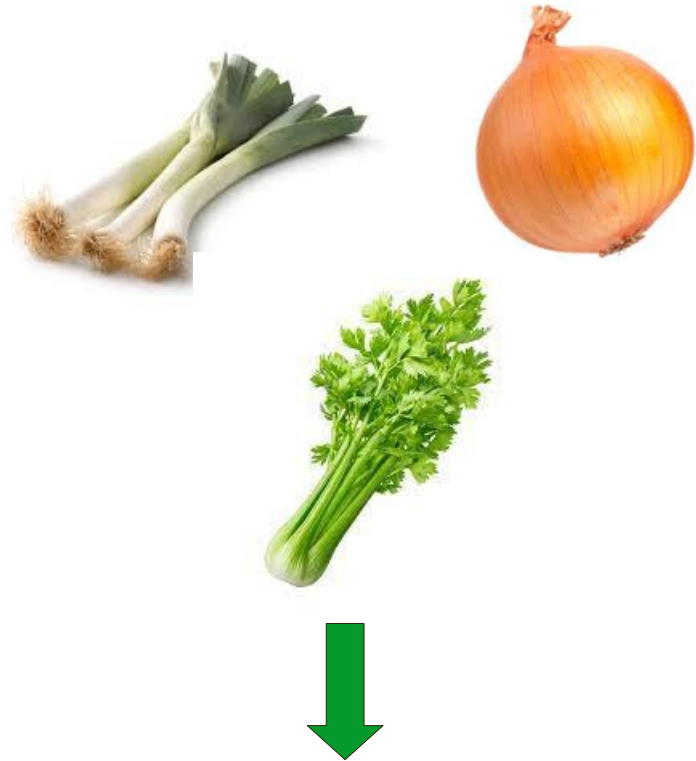
→ *Que pensez vous des classifications de l'antiquité présentées précédemment ?*

→ *Que pensez vous des classifications de l'antiquité présentées précédemment ?*

Ce ne sont pas vraiment des classifications, plutôt des **catalogues** basés sur des **tris** de l'utilité, mais on observe pas ici d'ensemble définis et imbriqués



Semis après le solstice d'été



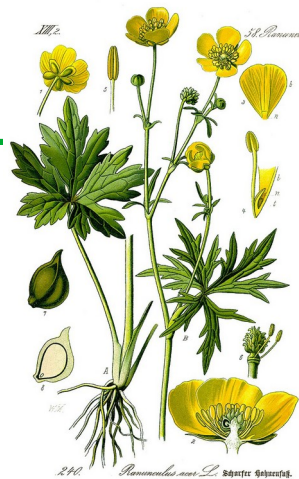
Semis en Janvier

→ *Que pensez vous des classifications de l'antiquité présentées précédemment ?*

Ce ne sont pas vraiment des classifications, plutôt des **catalogues** basés sur des **tris** de l'utilité, mais on observe pas ici d'ensemble définis et imbriqués

À la renaissance, on commence à essayer de faire de vraies classifications

→ on cherche à construire des ensembles (ou groupes) sur la base de caractéristiques morphologiques des plantes (feuilles, tiges, et finalement fleurs et fruits) quand avant tout type de critère servait, pertinent ou pas (ex/ *Ranunculus*)



Renoncule âcre

→ *Que pensez vous des classifications de l'antiquité présentées précédemment ?*

Ce ne sont pas vraiment des classifications, plutôt des **catalogues** basés sur des **tris** de l'utilité, mais on observe pas ici d'ensemble définis et imbriqués

À la renaissance, on commence à essayer de faire de vraies classifications

→ on cherche à construire des ensembles (ou groupes) sur la base de caractéristiques morphologiques des plantes (feuilles, tiges, et finalement fleurs et fruits) quand avant tout type de critère servait, pertinent ou pas (ex/ Ranunculus)

Quel est l'intérêt d'une telle classification ? Pourquoi ranger les espèces ainsi si ce n'est pas pour des raisons utilitaires ?

« J'espère que l'on connaîtra dans la suite que l'auteur de la nature qui nous a laissé la liberté de donner les noms qu'il nous plairait aux genres des plantes, a imprimé un caractère commun à chacune de leurs espèces qui doit nous servir de guide pour les ranger à leur place naturelle. Nous ne saurions changer ces marques de distinction sans nous écarter visiblement de la vérité, mais nous devons bien nous garder de prendre pour caractère ce qui ne l'est pas (p.21-20). » Joseph Pitton de Tournefort, *Éléments de botanique*, 1664

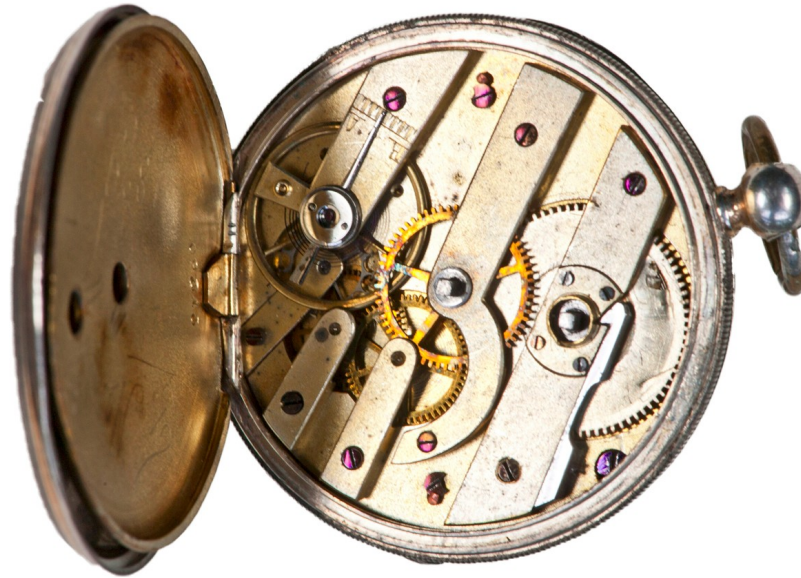
« J'espère que l'on connaîtra dans la suite que l'auteur de la nature qui nous a laissé la liberté de donner les noms qu'il nous plairait aux genres des plantes, a imprimé un caractère commun à chacune de leurs espèces qui doit nous servir de guide pour les ranger à leur place naturelle. Nous ne saurions changer ces marques de distinction sans nous écarter visiblement de la vérité, mais nous devons bien nous garder de prendre pour caractère ce qui ne l'est pas (p.21-20). » Joseph Pitton de Tournefort, *Éléments de botanique*, 1664

→ But de classification « naturelle » des espèces, telle que voulu par son « auteur » :
ici Dieu

« J'espère que l'on connaîtra dans la suite que l'auteur de la nature qui nous a laissé la liberté de donner les noms qu'il nous plairait aux genres des plantes, a imprimé un caractère commun à chacune de leurs espèces qui doit nous servir de guide pour les ranger à leur place naturelle. Nous ne saurions changer ces marques de distinction sans nous écarter visiblement de la vérité, mais nous devons bien nous garder de prendre pour caractère ce qui ne l'est pas (p.21-20). » Joseph Pitton de Tournefort, Éléments de botanique, 1664

→ But de classification « naturelle » des espèces, telle que voulu par son « auteur » :
ici Dieu

→ les ressemblances entre les espèces ne serait pas fortuite mais des indices laissés
par le créateur pour ranger les espèces comme il l'entendais



La nature est vue comme une machine complexe conçue par un créateur et parfaitement harmonieuse

→ **la classification du vivant permettrait donc de comprendre cette harmonie en redonnant à chaque espèce sa place naturelle**

→ De plus, cette période correspond à une explosion des expéditions qui ramènent des échantillons de plantes de partout dans le monde (fin 17ème siècle et 18ème siècle)



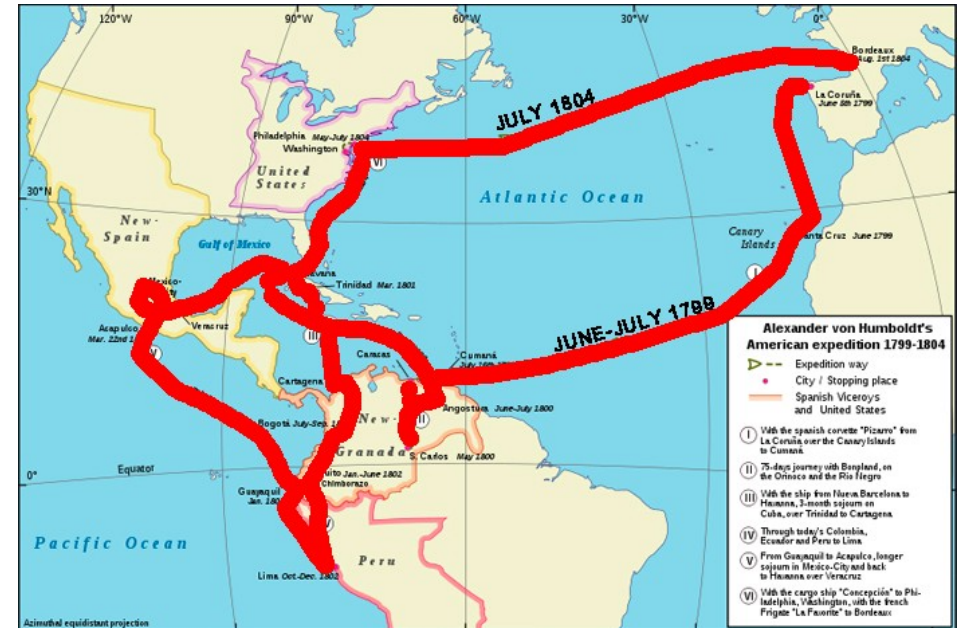
Alexander von Humboldt



*Joseph Pitton de
Tournefort*



Michel Adanson



Carte du voyage de A. von Humboldt

La nature aurait une organisation choisie par le créateur qu'il nous appartient de déceler à travers les indices que sont les ressemblances entre les espèces

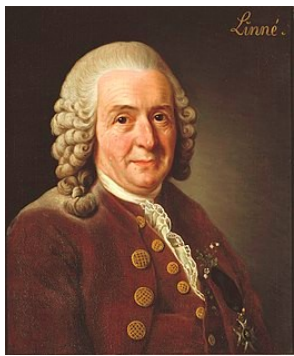
Les musées contiennent de plus en plus d'espèces provenant de partout dans le monde

La nature aurait une organisation choisie par le créateur qu'il nous appartient de déceler à travers les indices que sont les ressemblances entre les espèces

Les musées contiennent de plus en plus d'espèces provenant de partout dans le monde

```
graph TD; A[La nature aurait une organisation choisie par le créateur qu'il nous appartient de déceler à travers les indices que sont les ressemblances entre les espèces] --> C[Très fort intérêt de la communauté scientifique pour les classifications]; B[Les musées contiennent de plus en plus d'espèces provenant de partout dans le monde] --> C;
```

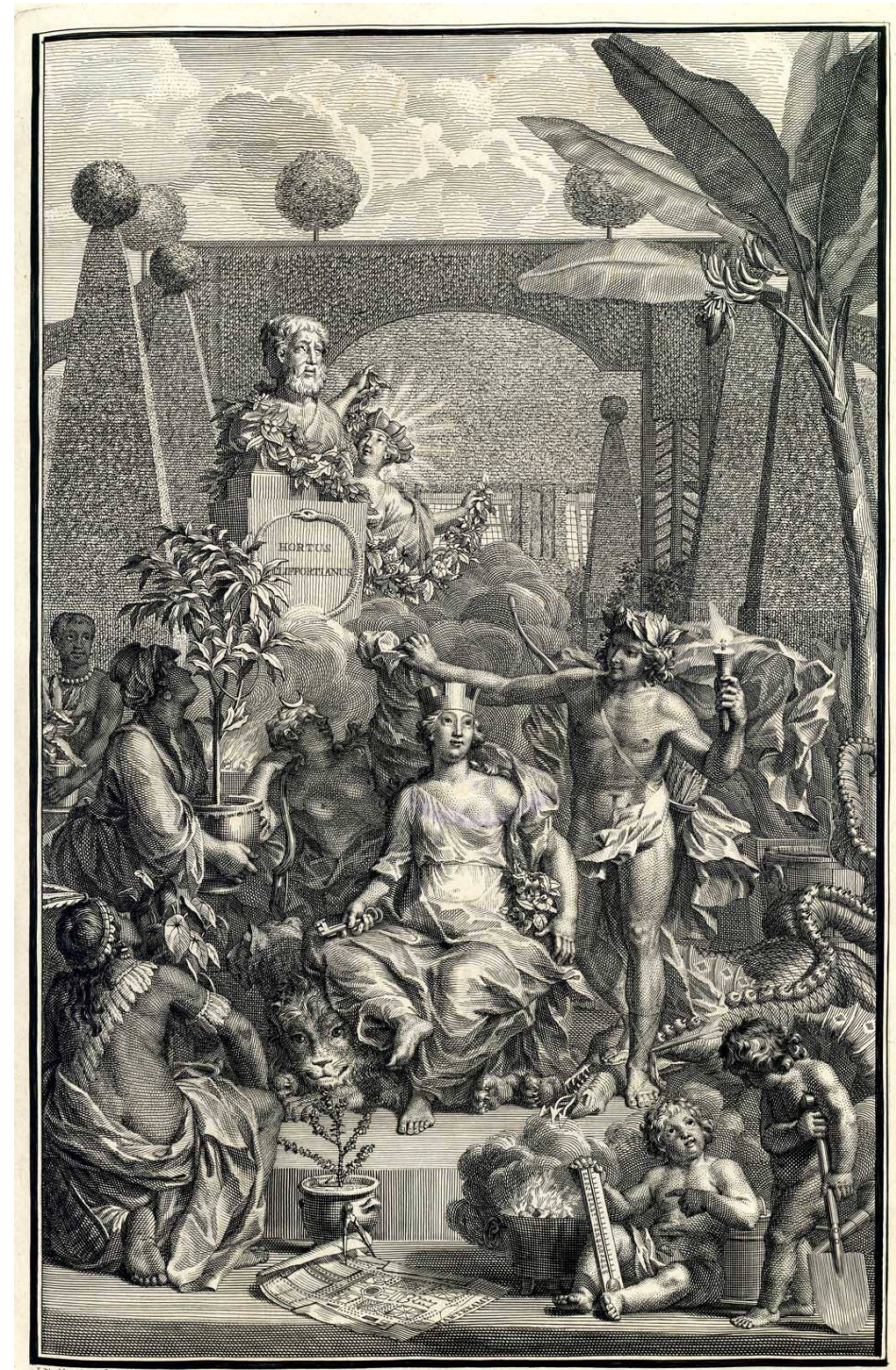
Très fort intérêt de la communauté scientifique pour les classifications



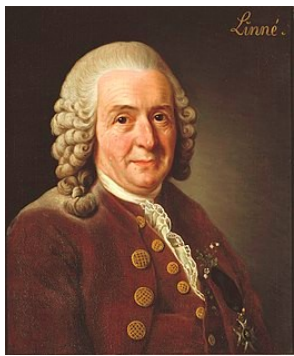
Carl von Linné : Naturaliste suédois (1707-1778)

→ *Systema naturae*

Présentation d'un système de classification complet



Frontispice de *Hortus Cliffortianus*, Linné, 1738, Mère Nature, tenant les clefs du jardin, et le dieu Apollo au visage de Linné apportant la lumière tout en retirant les voiles de l'obscurité (Wikipédia)

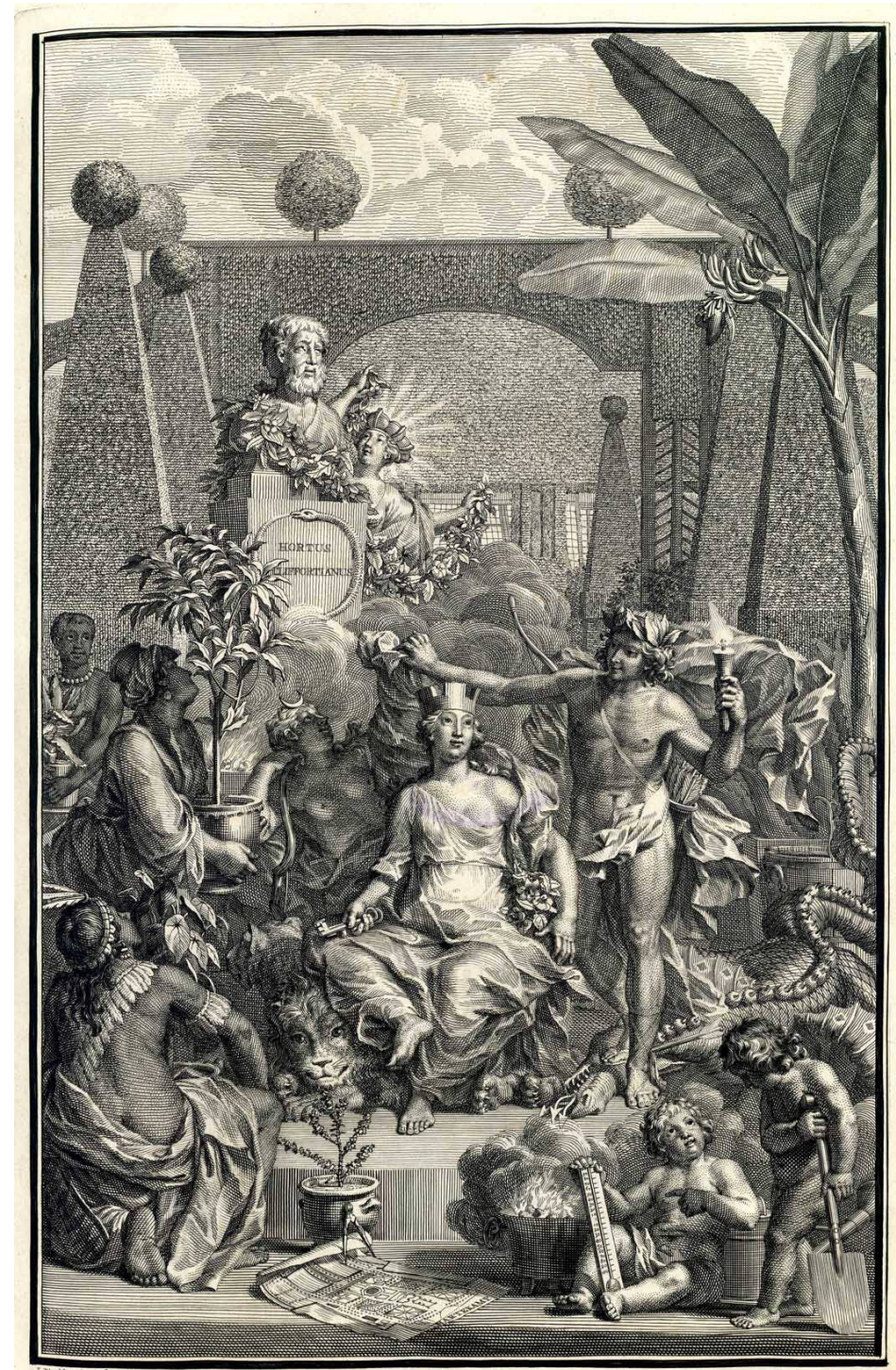


Carl von Linné : Naturaliste suédois (1707-1778)

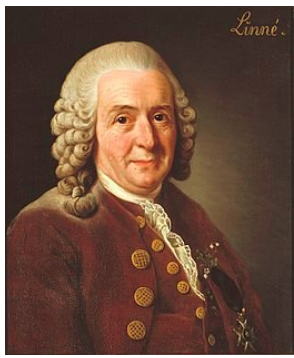
→ *Systema naturae*

Présentation d'un système de classification complet

- 3 règnes (Animal, végétal, minéral) [+ le règne chaotique]



Frontispice de *Hortus Cliffortianus*, Linné, 1738, Mère Nature, tenant les clefs du jardin, et le dieu Apollon au visage de Linné apportant la lumière tout en retirant les voiles de l'obscurité (Wikipédia)

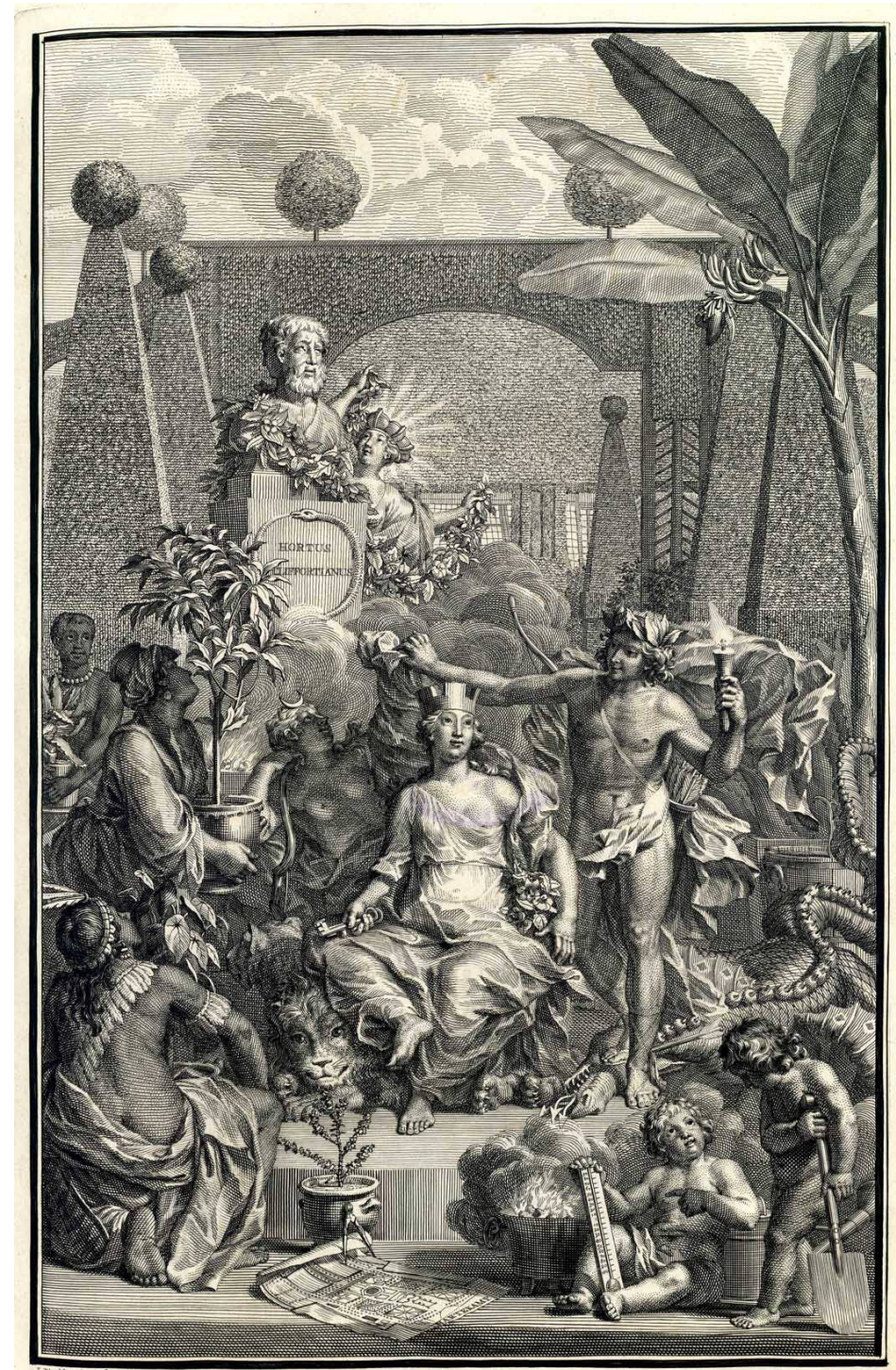


Carl von Linné : Naturaliste suédois (1707-1778)

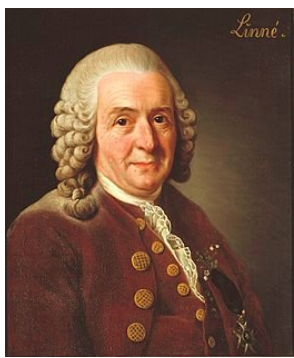
→ **Systema naturae**

Présentation d'un système de classification complet

- 3 règnes (Animal, végétal, minéral) [+ le règne chaotique]
- Eux mêmes divisés en : Classe, Ordre, Genre, Espèce, Variété



Frontispice de Hortus Cliffortianus, Linné, 1738, Mère Nature, tenant les clefs du jardin, et le dieu Apollo au visage de Linné apportant la lumière tout en retirant les voiles de l'obscurité (Wikipédia)

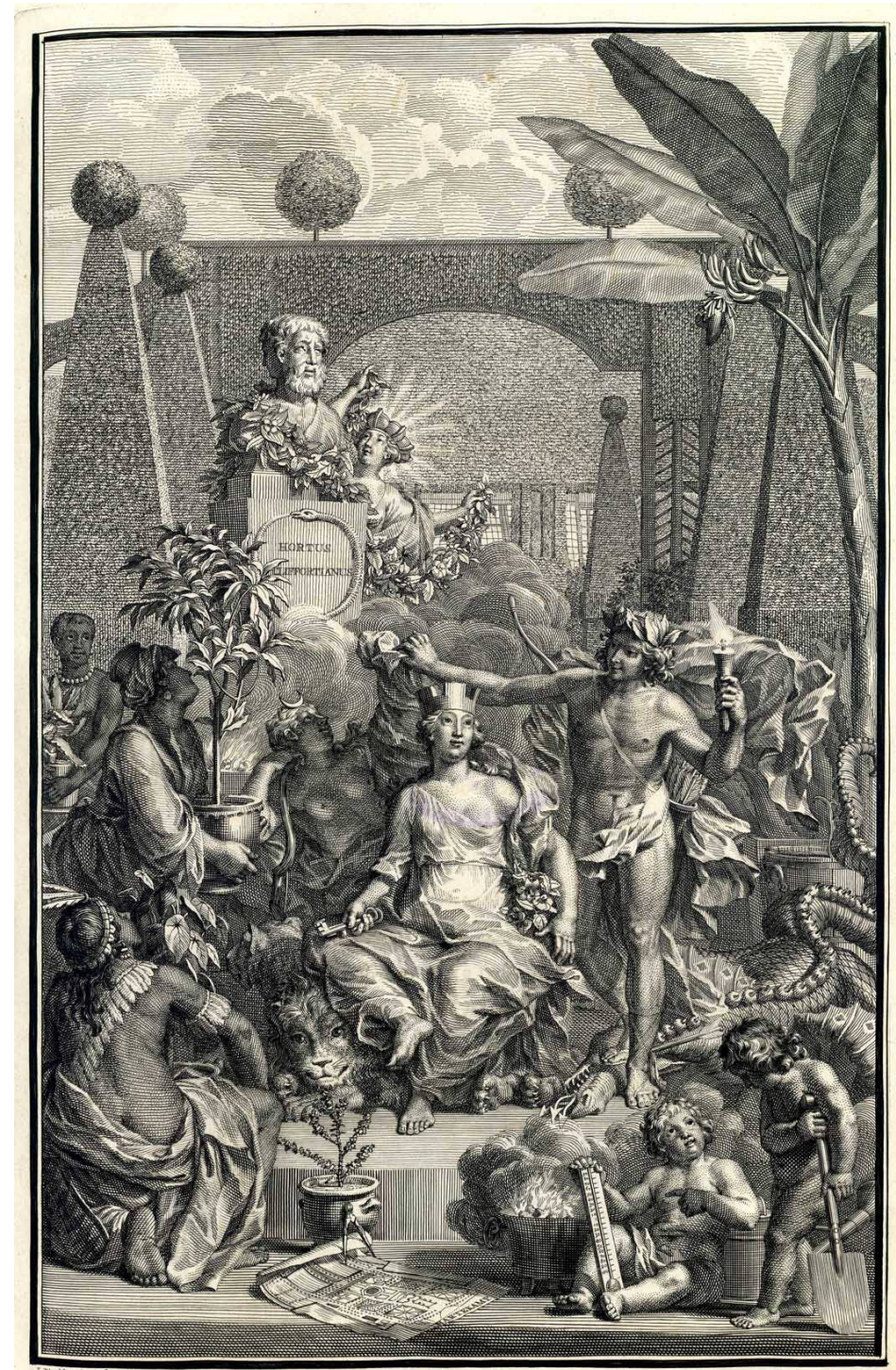


Carl von Linné : Naturaliste suédois (1707-1778)

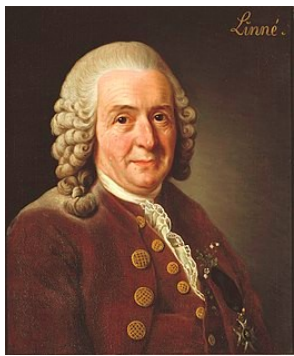
→ **Systema naturae**

Présentation d'un système de classification complet

- 3 règnes (Animal, végétal, minéral) [+ le règne chaotique]
- Eux mêmes divisés en : Classe, Ordre, Genre, Espèce, Variété
- Introduction de la nomenclature binomiale (nom = Nom de genre nom d'espèce ; ex : *Smilax aspera*)



Frontispice de Hortus Cliffortianus, Linné, 1738, Mère Nature, tenant les clefs du jardin, et le dieu Apollo au visage de Linné apportant la lumière tout en retirant les voiles de l'obscurité (Wikipédia)

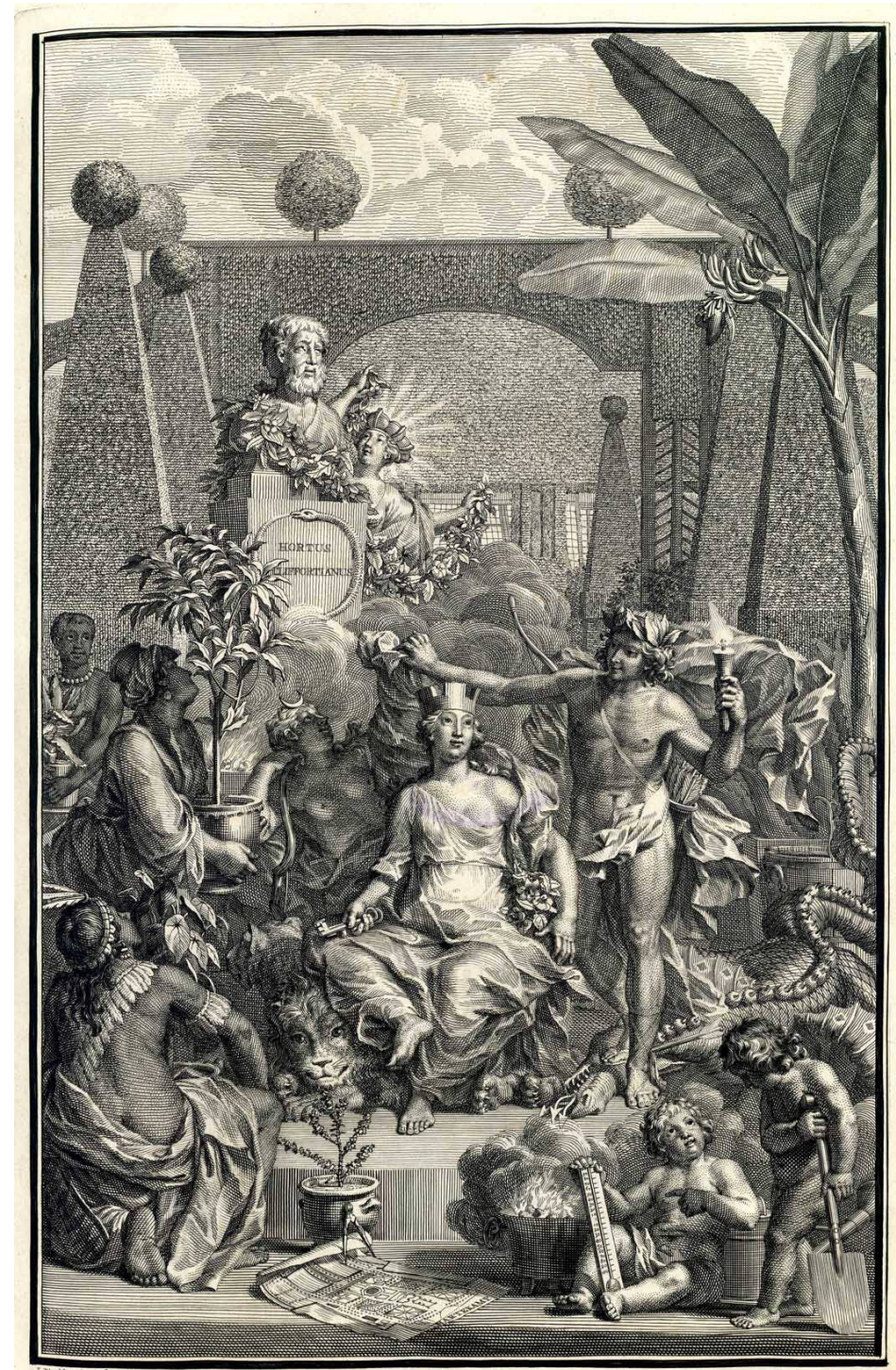


Carl von Linné : Naturaliste suédois (1707-1778)

→ **Systema naturae**

Présentation d'un système de classification complet

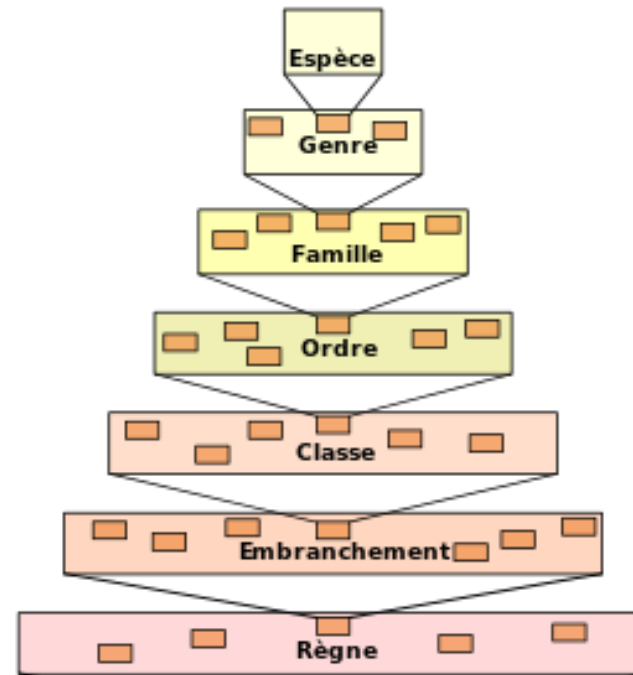
- 3 règnes (Animal, végétal, minéral) [+ le règne chaotique]
- Eux mêmes divisés en : Classe, Ordre, Genre, Espèce, Variété
- Introduction de la nomenclature binomiale (nom = Nom de genre nom d'espèce ; ex : *Smilax aspera*)
- Description de 6000 espèces végétales et 4400 espèces animales



Frontispice de Hortus Cliffortianus, Linné, 1738, Mère Nature, tenant les clefs du jardin, et le dieu Apollo au visage de Linné apportant la lumière tout en retirant les voiles de l'obscurité (Wikipédia)

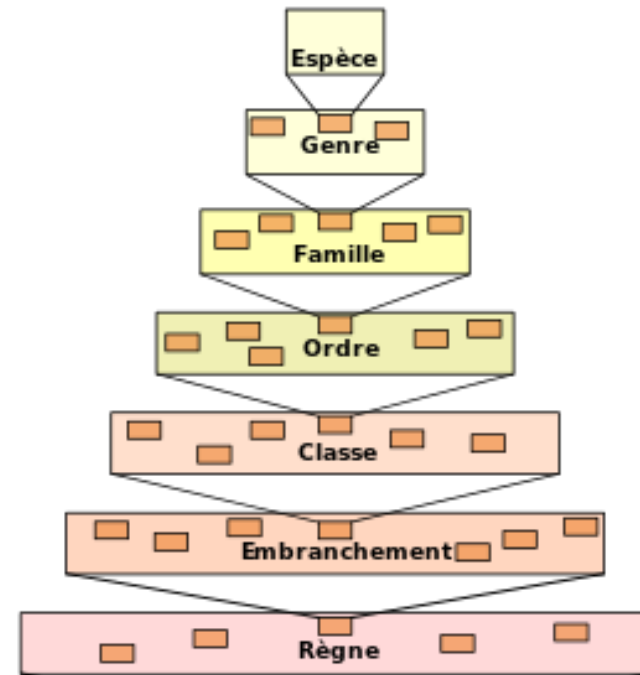
Classification reprise et mise à jour pour arriver à 7 niveaux d'organisation :

- Règne
- Embranchement
- Classe
- Ordre
- Famille
- Genre
- Espèce



Classification reprise et mise à jour pour arriver à 7 niveaux d'organisation :

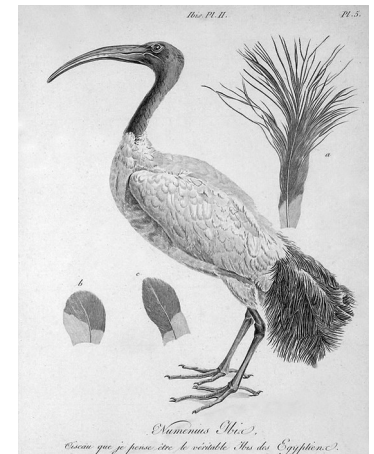
- Règne
- Embranchement
- Classe
- Ordre
- Famille
- Genre
- Espèce



- Même à l'époque, les auteurs ont conscience de côté arbitraire de ce découpage

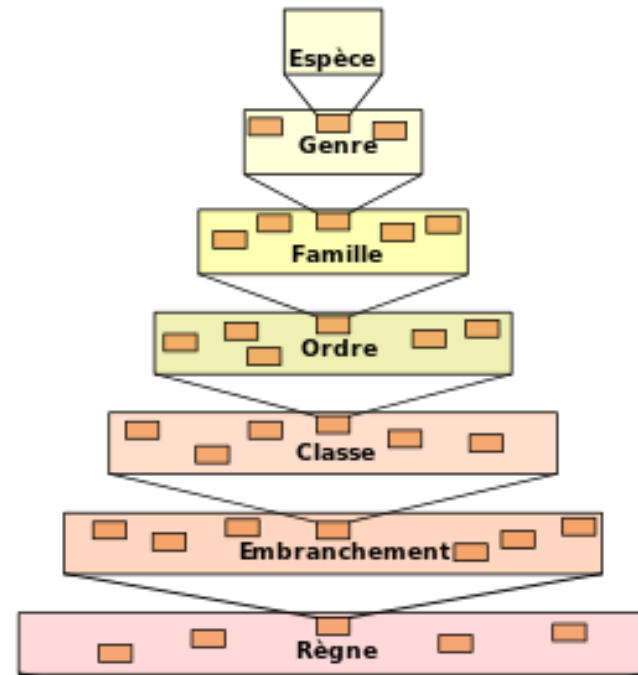
Point culminant de cette classification : Cuvier, début 19ème siècle

Usage extensif de catégories intermédiaires (sous-genre, ...)



Classification reprise et mise à jour pour arriver à 7 niveaux d'organisation :

- Règne
- Embranchement
- Classe
- Ordre
- Famille
- Genre
- Espèce

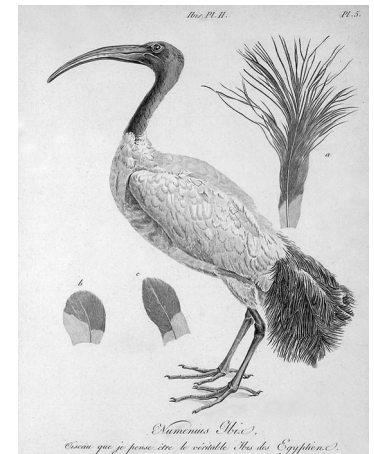


- Même à l'époque, les auteurs ont conscience de côté arbitraire de ce découpage

Point culminant de cette classification : Cuvier, début 19ème siècle

Usage extensif de catégories intermédiaires (sous-genre, ...)

Où en est on actuellement ?



Actuellement, plus de concept de créateur ou d'ordre naturel des choses

Actuellement, plus de concept de créateur ou d'ordre naturel des choses

→ quel va donc être l'objectif, le cahier des charges auquel doivent répondre les classifications modernes ?

→ question corollaire, de quel type de critère pouvons nous nous servir pour faire nos classifications

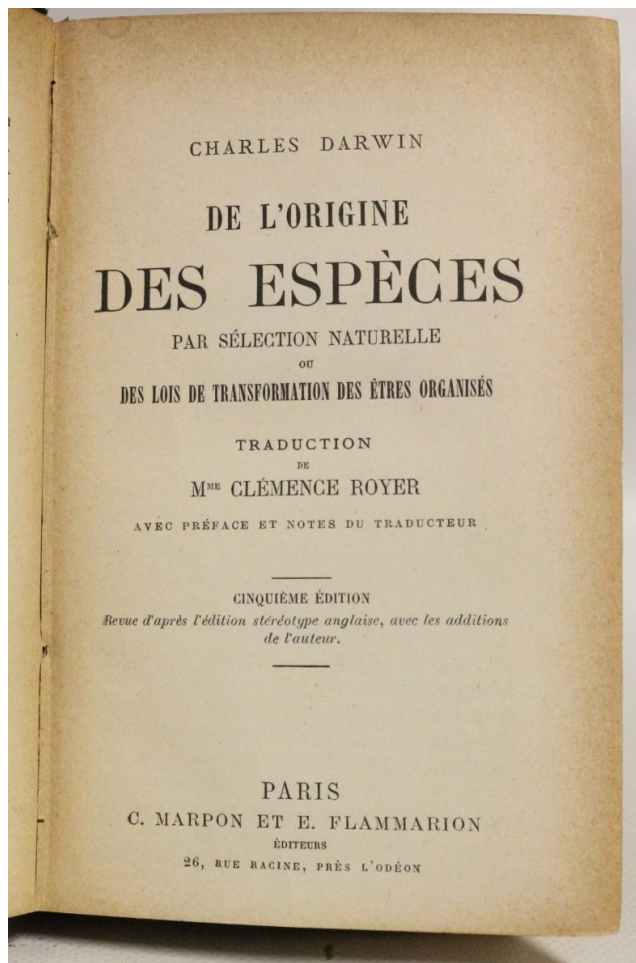
Actuellement, plus de concept de créateur ou d'ordre naturel des choses

→ quel va donc être l'objectif, le cahier des charges auquel doivent répondre les classifications modernes ?

→ question corollaire, de quel type de critère pouvons nous nous servir pour faire nos classifications

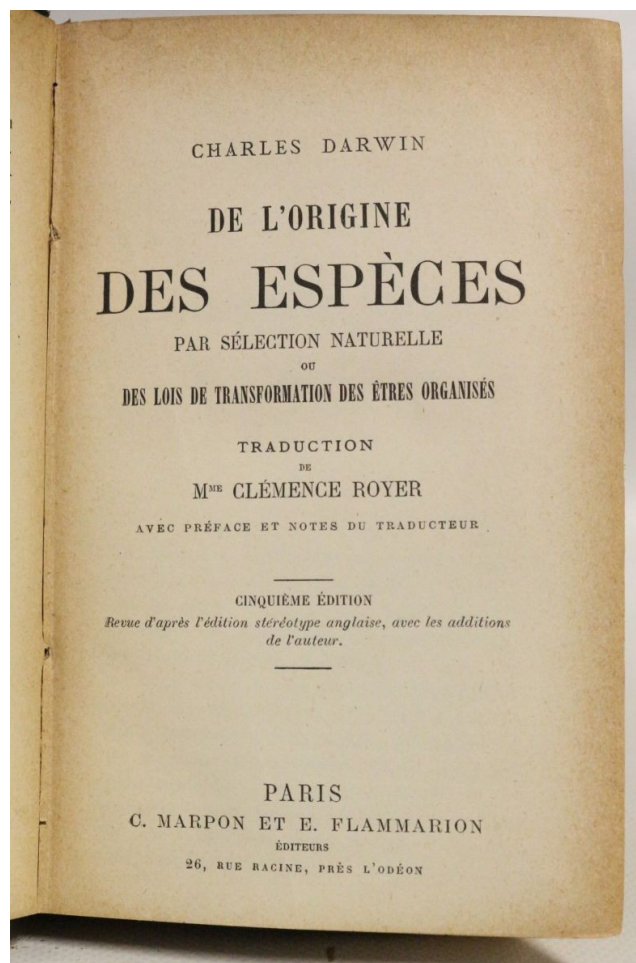
La question importante reste la même que précédemment : l'origine de la diversité

→ L'évolution des espèces va être le point clef sur lequel la classification repose



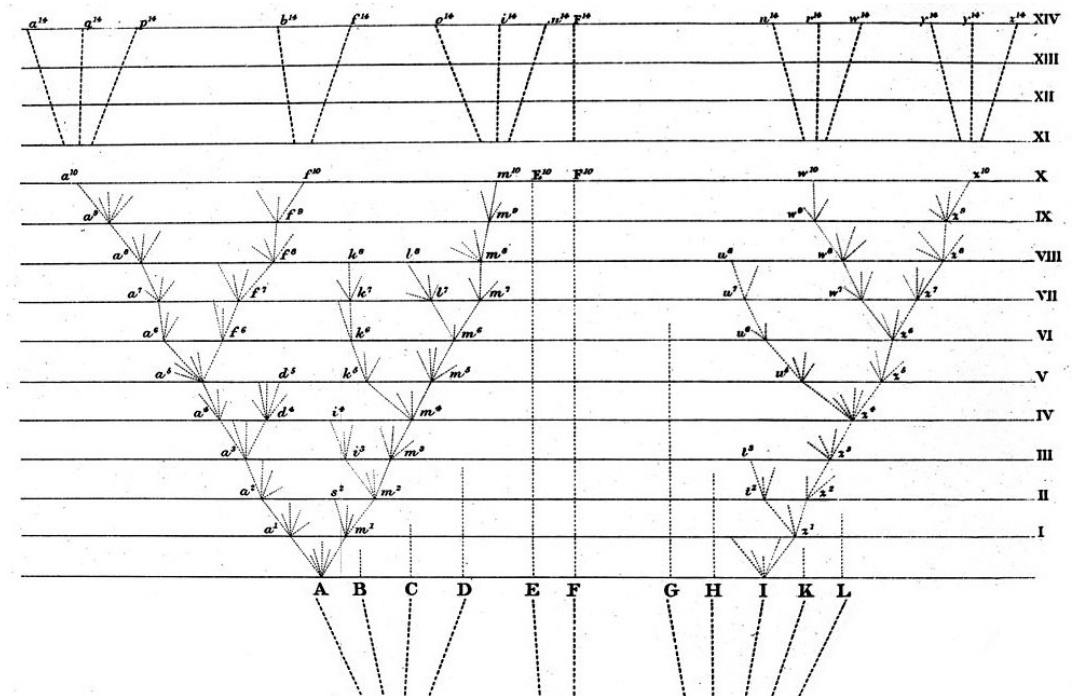
*De l'origine des espèces,
Charles Darwin*

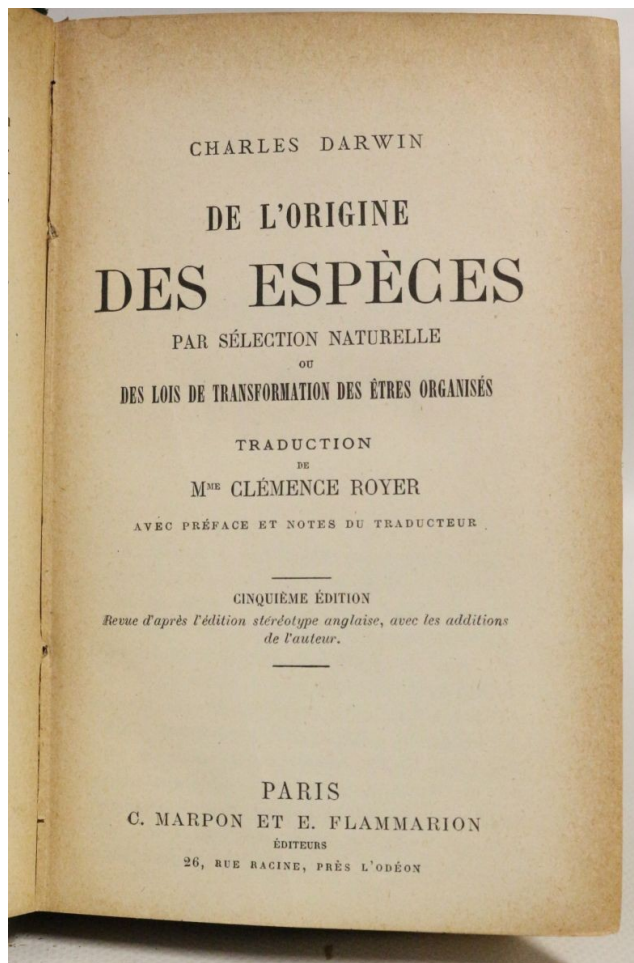
- Toutes les espèces vivantes descendent d'un ancêtre commun
- Leurs ressemblances sont dues à cette ascendance plus ou moins commune



*De l'origine des espèces,
Charles Darwin*

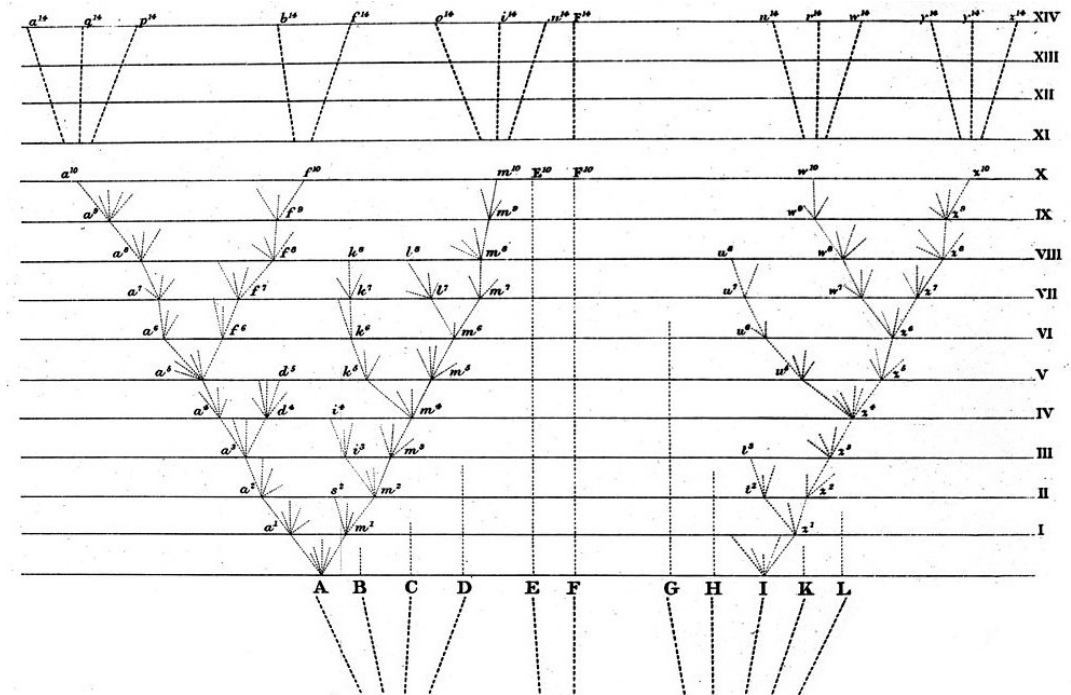
- Toutes les espèces vivantes descendent d'un ancêtre commun
- Leurs ressemblances sont dues à cette ascendance plus ou moins commune





*De l'origine des espèces,
Charles Darwin*

- Toutes les espèces vivantes descendent d'un ancêtre commun
- Leurs ressemblances sont dues à cette ascendance plus ou moins commune



Arbre phylogénétique (de l'origine des espèces)

Le meilleur moyen de classer des espèces est en fonction de leurs degrés de parenté

Bilan ?

Introduction

I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

Quels processus est à l'origine de la diversité des espèces vivantes ?

→ Formation de nouvelles espèces : **Spéciation**

Qu'est-ce qu'une espèce ?

→ Différentes définition de cette notion clef

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de morphométrie
et d'analyses multivariées

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de morphométrie
et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de morphométrie
et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ *Photocorynus spiniceps*



1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de morphométrie
et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ *Photocorynus spiniceps*



→ **Dimorphisme sexuel**

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de
morphométrie et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ Genre *Cepaea* : *C. hortensis*, *C. sylvestris*, *C. nemoralis*



1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de
morphométrie et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ Genre *Cepaea* : *C. hortensis*, *C. silvestris*, *C. nemoralis*



→ Très fort polymorphisme intraspécifique

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

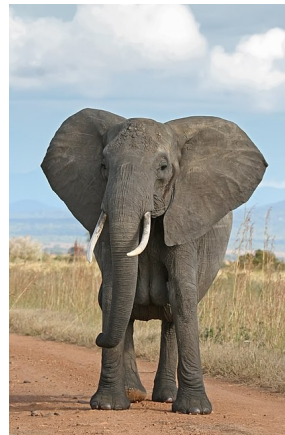
Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de
morphométrie et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ Genre *Loxodonta*



Loxodonta cyclotis
(éléphant de forêt)



Loxodonta africana
(éléphant de savane)

1) **Espèce phénétique**, ou morphologique = Ensemble d'individus qui se ressemblent entre eux et sont différents des autres

Première définition de l'espèce historiquement
Peut être appliquée de manière précise à l'aide de morphométrie et d'analyses multivariées

Mais, divers problèmes

→ Genre *Loxodonta*



Loxodonta cyclotis
(éléphant de forêt)



Loxodonta africana
(éléphant de savane)

→ **Espèces cryptiques, découvertes en 2001**

2) **Espèce biologique** = Ensemble d'individus interféconds dont la descendance est fertile

2) **Espèce biologique** = Ensemble d'individus interféconds dont la descendance est fertile

Une des définitions les plus consensuelles du terme d'espèce

Mais, définition très difficile à tester en pratique

2) **Espèce biologique** = Ensemble d'individus interféconds dont la descendance est fertile

Une des définitions les plus consensuelles du terme d'espèce

Mais, définition très difficile à tester en pratique

Grolars du zoo d'Osnabrück (2006)



Grolars (ou Pizzly) : Hybride d'ours polaire (*Ursus maritimus*) et de grizzly (*Ursus arctos horribilis*)

Hybrides fertiles

2) **Espèce biologique** = Ensemble d'individus interféconds dont la descendance est fertile

Une des définitions les plus consensuelles du terme d'espèce

Mais, définition très difficile à tester en pratique

Grolars du zoo d'Osnabrück (2006)



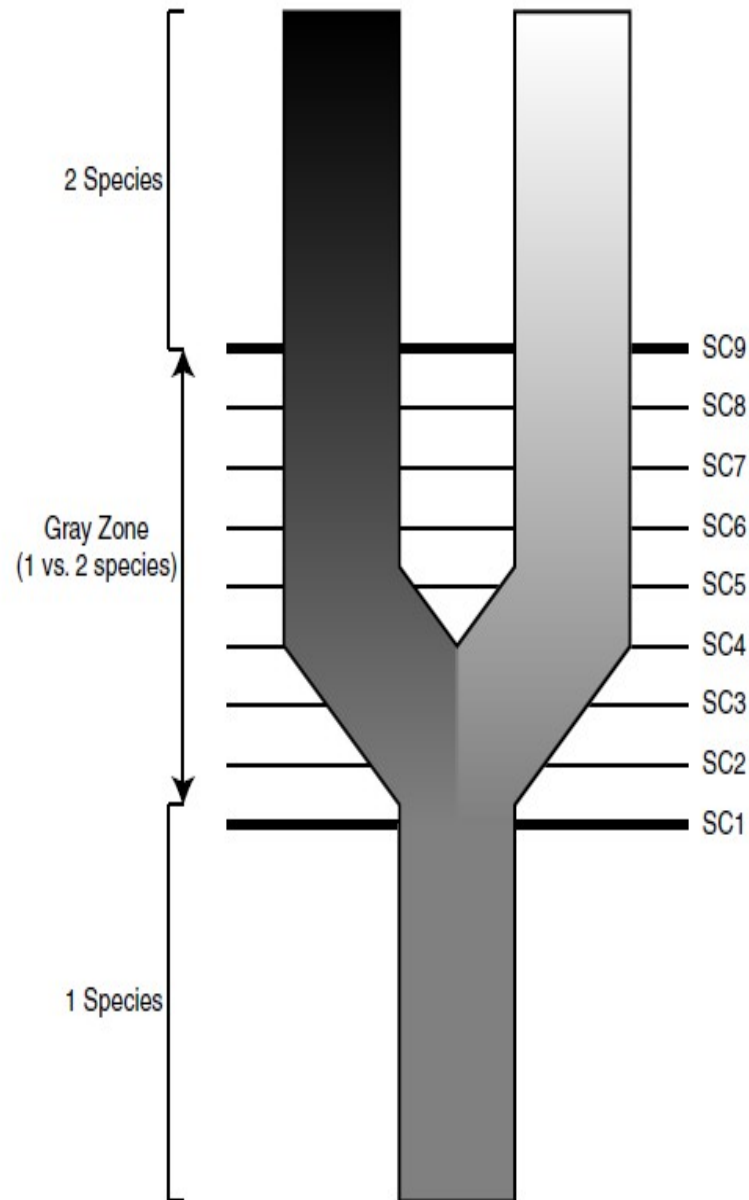
Grolars (ou Pizzly) : Hybride d'ours polaire (*Ursus maritimus*) et de grizzly (*Ursus arctos horribilis*)

Hybrides fertiles

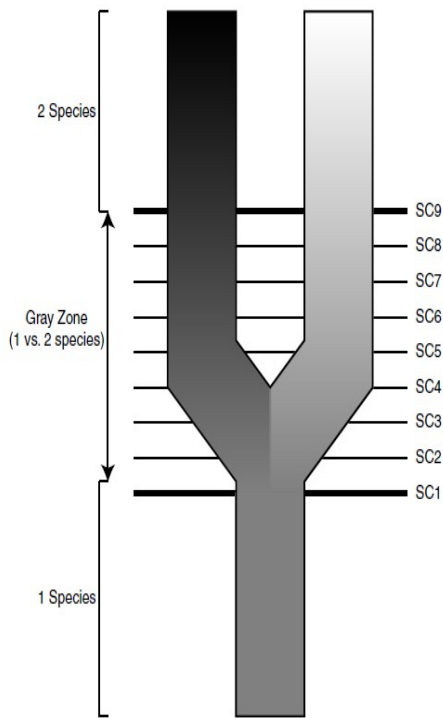
Il existe plusieurs définitions différentes de l'espèce, basées sur différents critères

Il existe encore d'autres définitions de l'espèce (espèce écologique notamment)
Aucune des définitions n'est parfaite, car la spéciation est un processus continu

De Quieroz 2008



Espèce = ensemble de
métapopulations qui évoluent
séparément



2 espèces = 2 groupes d'individus qui évoluent séparément



Cette séparation implique un arrêt des flux
géniques entre groupes d'individus (populations,
métapopulations)
= Isolement reproducteur

Différents contextes et mécanismes permettent cet isolement reproducteur

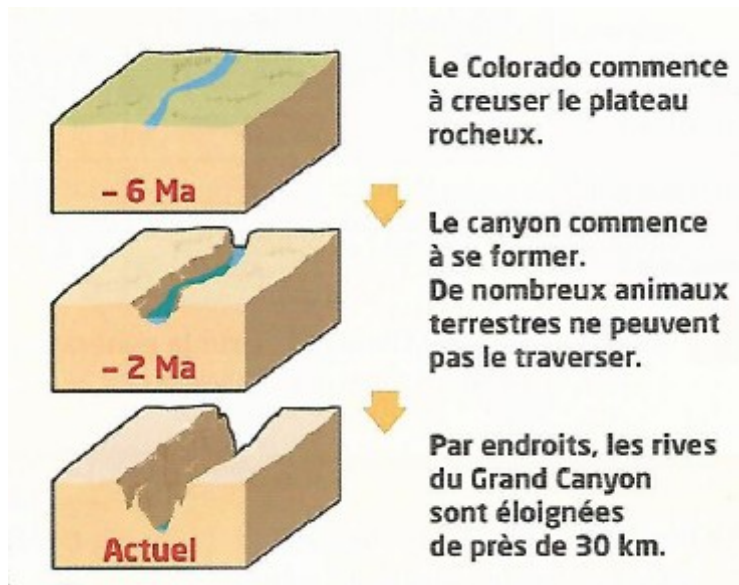
Mécanismes de spéciations :

- **Isolement prézygotique** : Le zygote n'est pas formé

Ammospermophilus harrisi



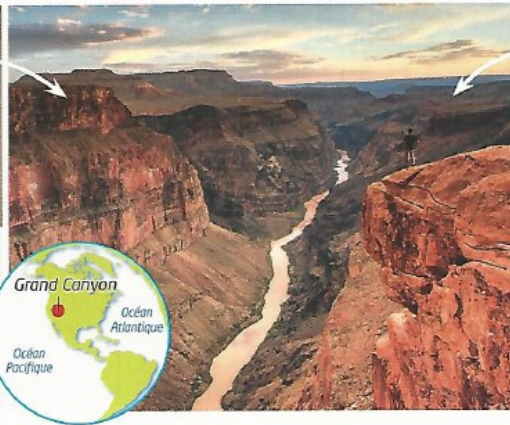
Ammospermophilus leucurus



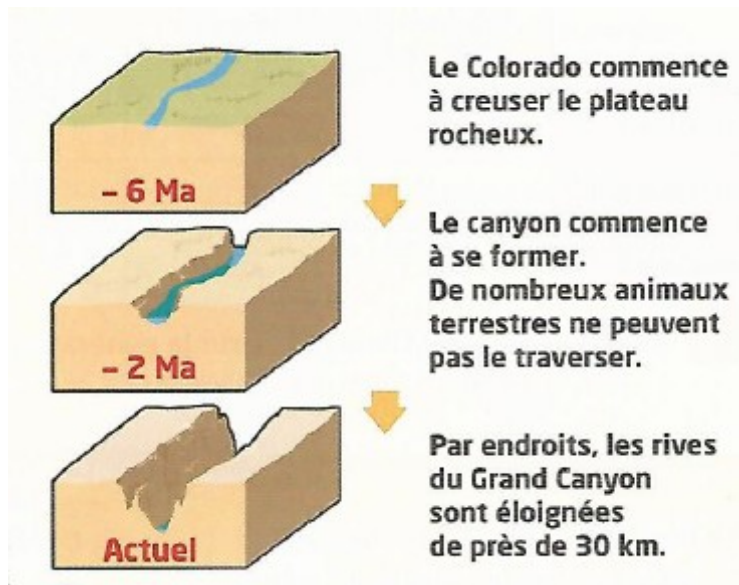
Mécanismes de spéciations :

- **Isolement prézygotique** : Le zygote n'est pas formé

Ammospermophilus harrisi



Ammospermophilus leucurus



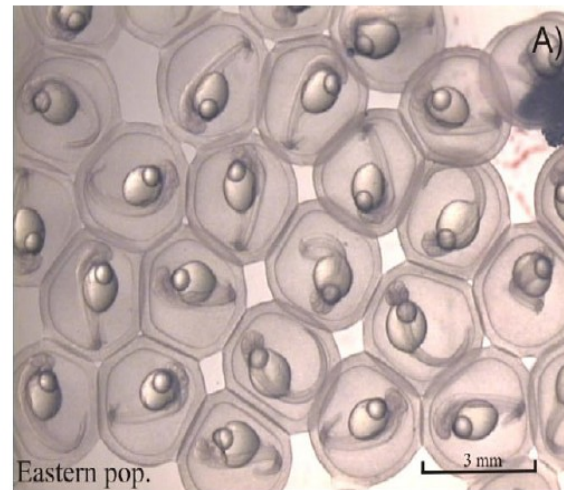
Pas de rencontre possible entre les individus

Mécanismes de spéciations :

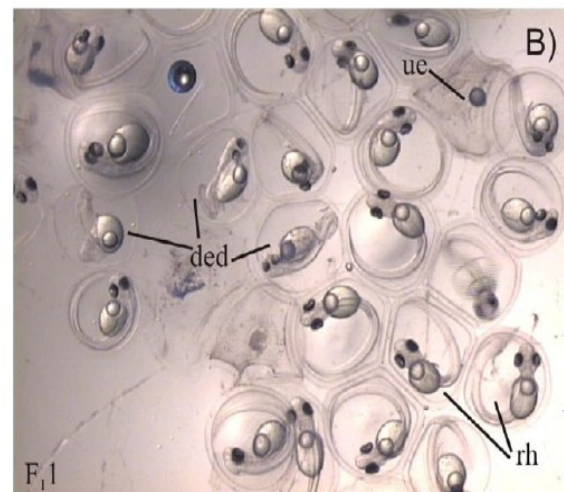
- **Isolement prézygotique** : Le zygote n'est pas formé
- **Isolement postzygotique** : le zygote ne se développe pas ou n'est pas/est moins fertile



Perca fluviatilis



Croisement East x East



Croisement East x West

La spéciation est le mécanisme principal de diversification du vivant

→ Correspond aux divergences entre les différents groupes vivants

Implique que les différents êtres vivants sont apparentés entre eux, de manière plus ou moins étroite

Comment estimer le degré de parenté entre les espèces ?



Ursus arctos



Struthio camelus



Equus caballus

**Lesquels de ces organismes
sont les plus apparentés et
pourquoi ?**



Ursus arctos



Equus caballus

Mammifères (=Mammalia)



Struthio camelus

Oiseaux (=Aves)

Vertébrés (=Vertebrata)

Ours et cheval sont des mammifères / Autruche est un oiseau

Tous sont des vertébrés



Ursus arctos



Equus caballus

Mammifères (=Mammalia)



Struthio camelus

Oiseaux (=Aves)

Vertébrés (=Vertebrata)

**Ours et cheval sont des mammifères / Autruche est un oiseau
Tous sont des vertébrés**

Divers caractères permettent de supporter cette classification : poils, plumes, viviparité, ...



Thylacinus cynocephalus



Canis lupus



Lynx lynx



Loxodonta africana



Phoca vitulina

Même question que précédemment



Canis lupus



Phoca vitulina



Lynx lynx



Loxodonta africana

Caniformia

Carnivora

Eutheria



Thylacinus cynocephalus

Theria

Tous les caractères ne sont pas pertinents pour estimer la parenté entre les espèces

Besoin d'estimer des « degré » de parenté, les distances qui séparent les individus et le groupes

Tous les caractères (génétiques ou morphologiques) ne se valent pas pour ça, nécessité d'une **hérédité** des caractères

Besoin d'estimer des « degré » de parenté, les distances qui séparent les individus et le groupes

Tous les caractères (génétiques ou morphologiques) ne se valent pas pour ça, nécessité d'une **hérédité** des caractères

Homologies : Relation évolutive entre deux caractères (anatomiques, moléculaires, comportementaux, ...) observés dans deux groupes distincts qui les ont **hérités** d'un ancêtre commun.

Homoplasie : Similitude entre deux caractères observés dans deux groupes qui ne proviennent pas d'un ancêtre commun.

Besoin d'estimer des « degré » de parenté, les distances qui séparent les individus et les groupes

Tous les caractères (génétiques ou morphologiques) ne se valent pas pour ça, nécessité d'une **hérédité** des caractères

Homologies : Relation évolutive entre deux caractères (anatomiques, moléculaires, comportementaux, ...) observés dans deux groupes distincts qui les ont **hérités** d'un ancêtre commun.

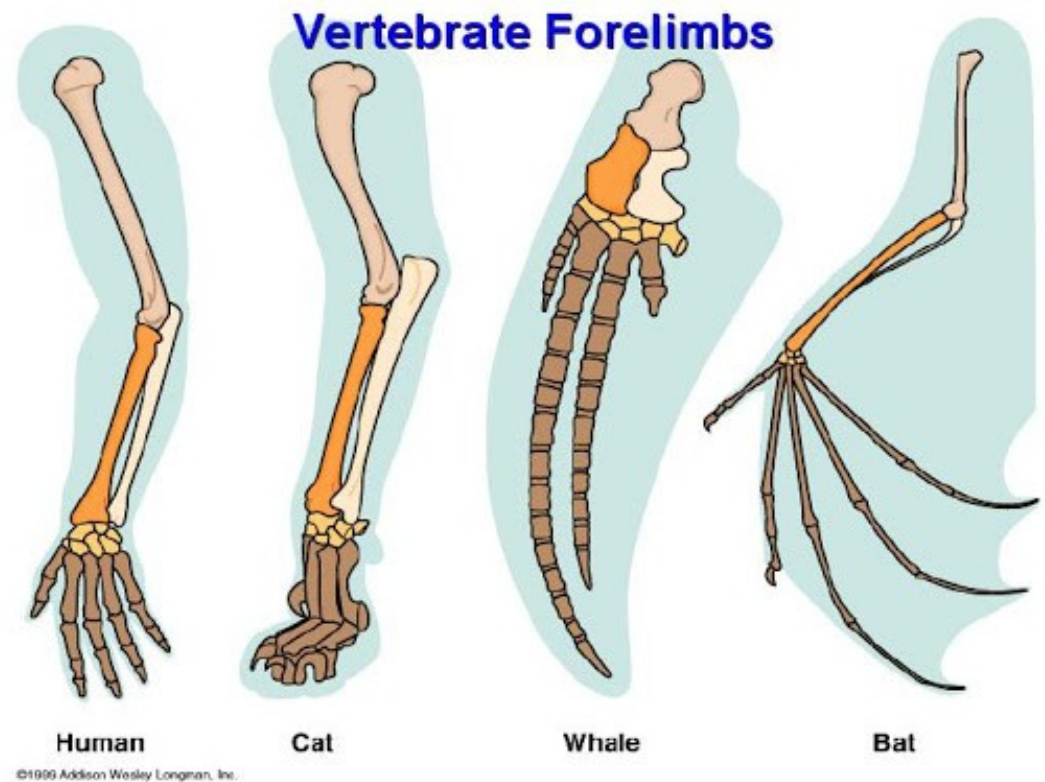
Homoplasie : Similitude entre deux caractères observés dans deux groupes qui ne proviennent pas d'un ancêtre commun.

Seules les homologies sont pertinentes pour reconstruire des parentés

Comment les reconnaître ?

Arguments pour l'homologie

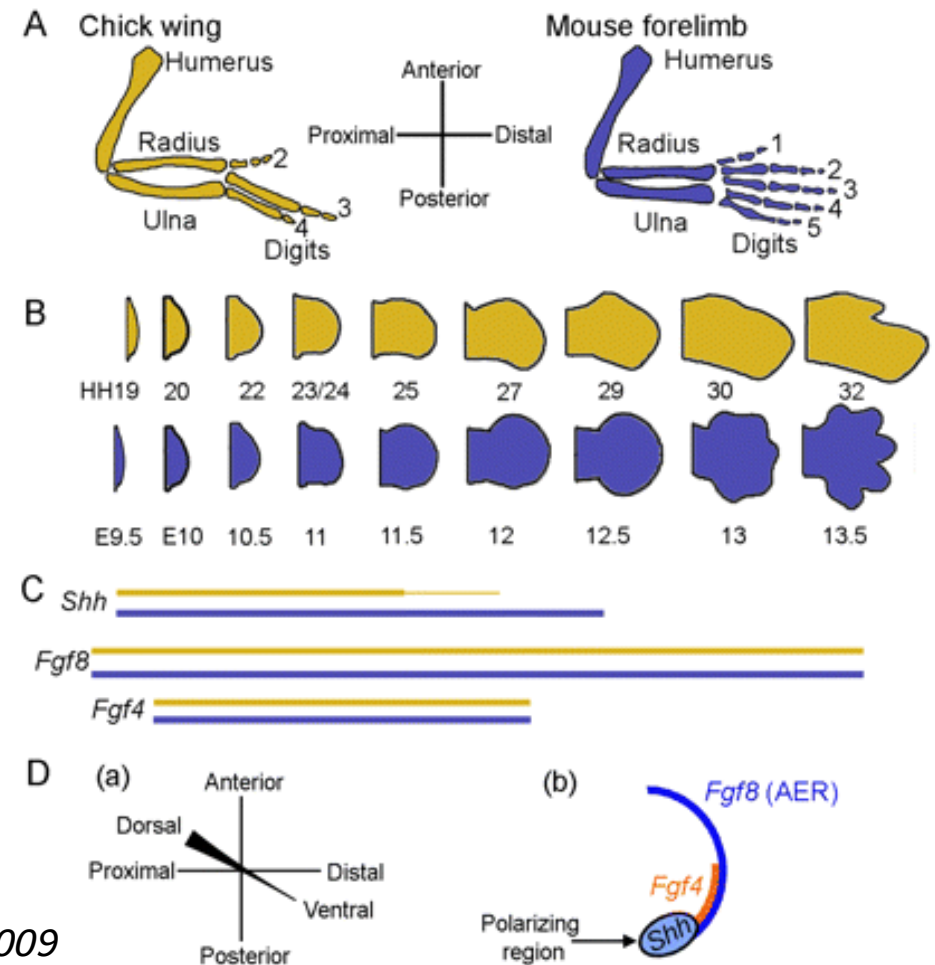
- Position dans le corps
- Organisation interne



Comment les reconnaître ?

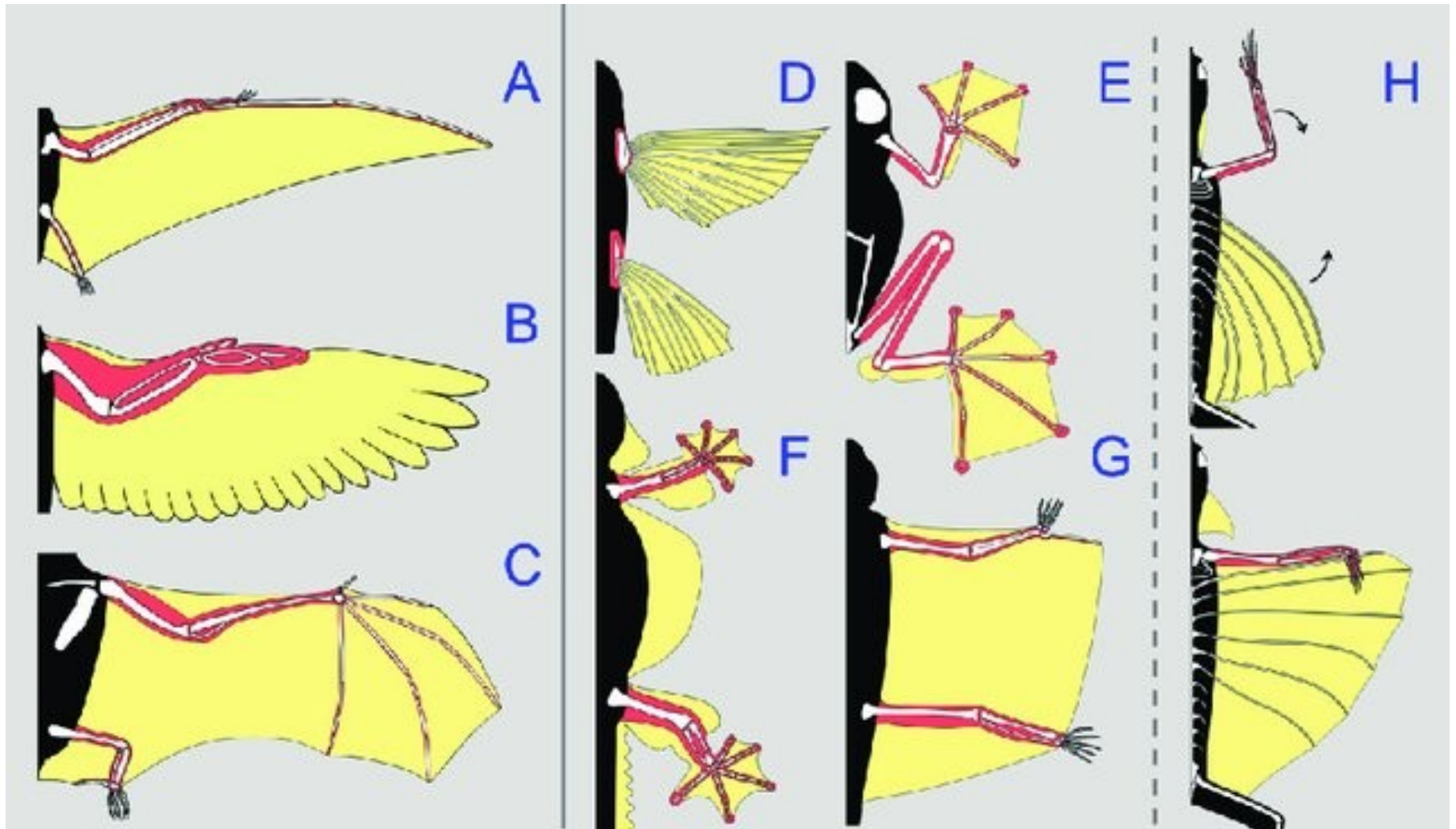
Arguments pour l'homologie

- Position dans le corps
- Organisation interne
- Développement
- Expression génétique



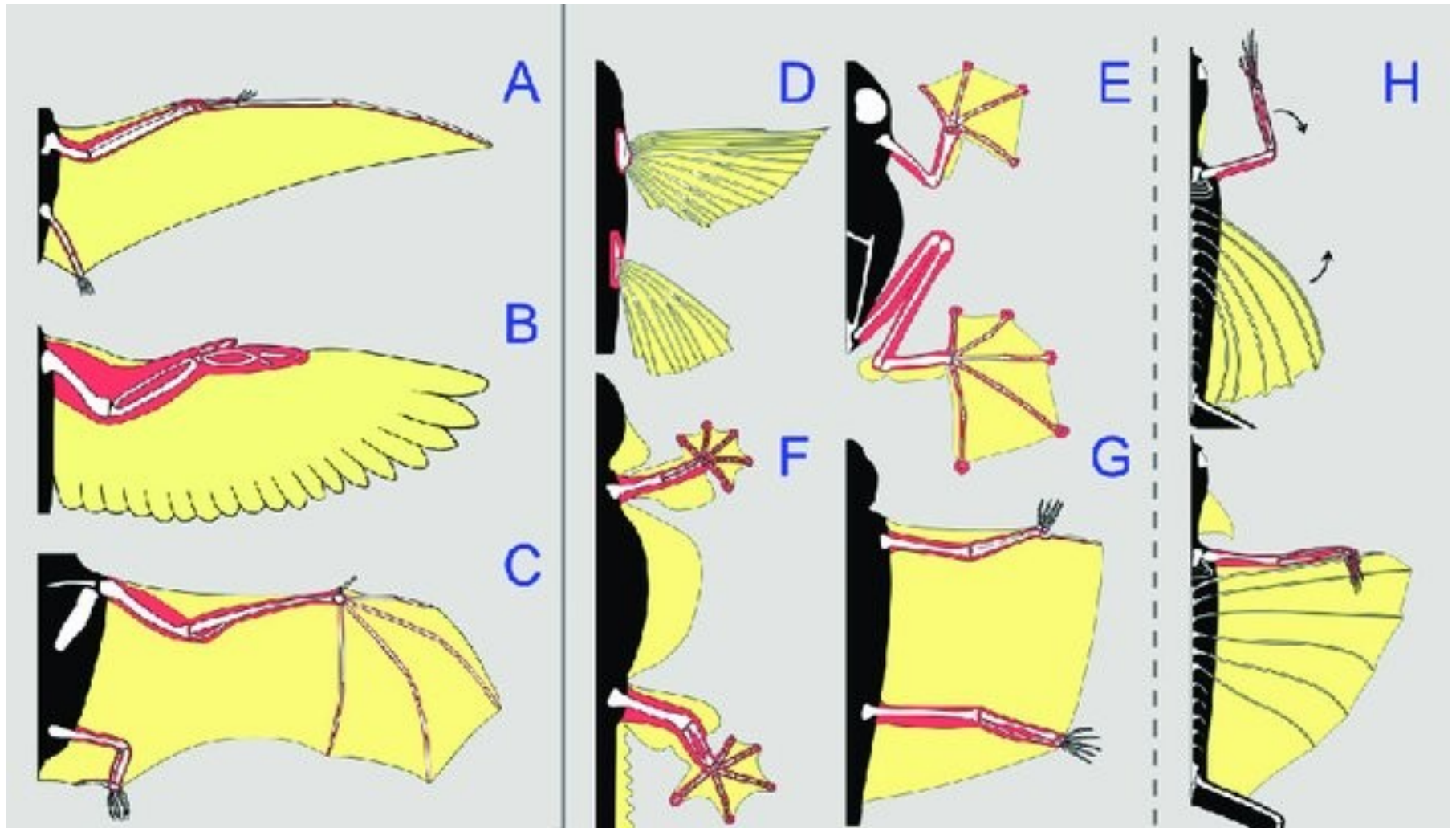
Towers Tickle 2009

Différents types d'ailes et de patagium chez les vertébrés



Dehling, 2017

Différents types d'ailes et de patagium chez les vertébrés

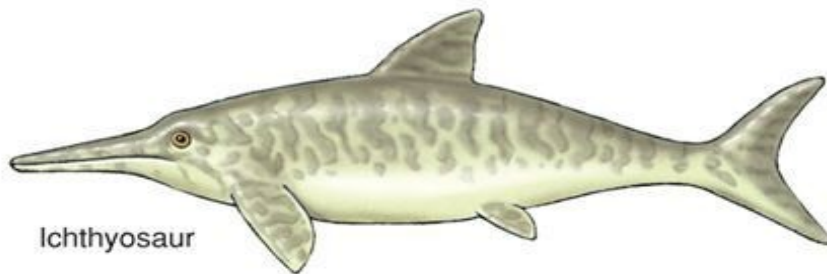
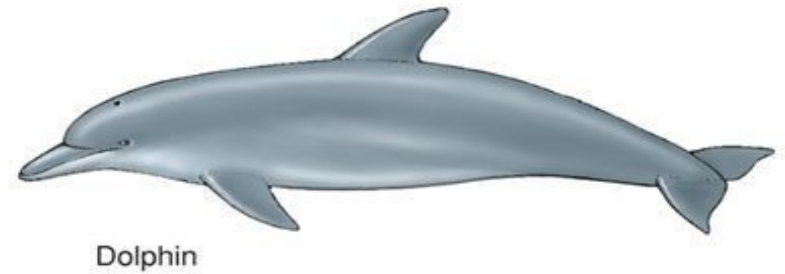
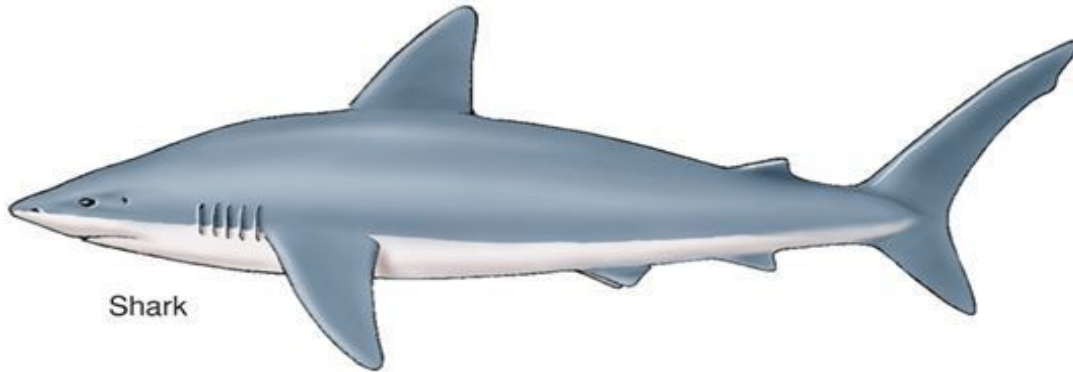


Dehling, 2017

Les ailes sont des homoplasies

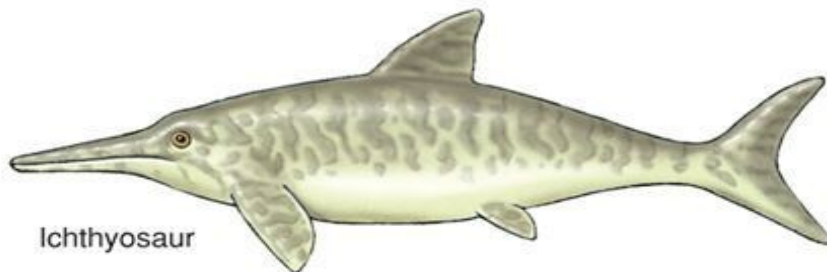
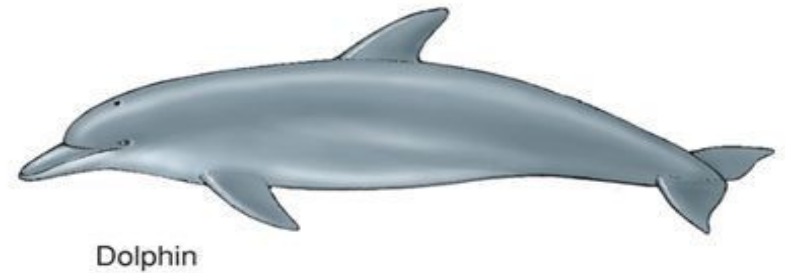
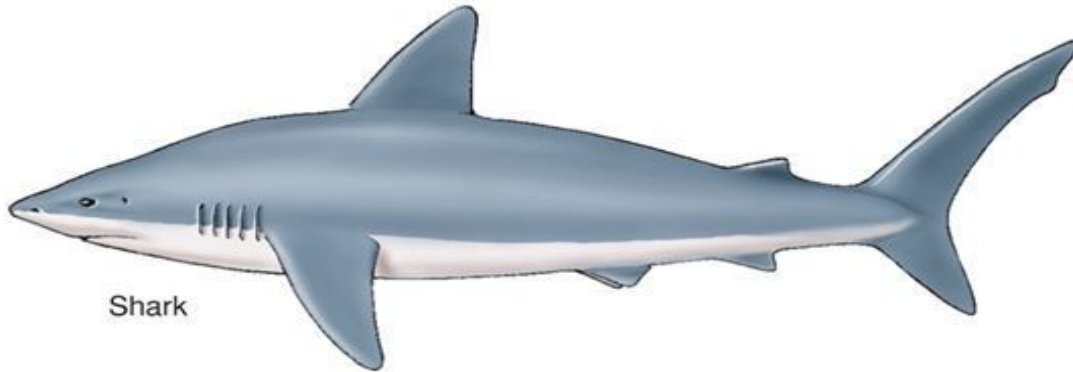
Différents types d'homoplasie : - Convergence

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



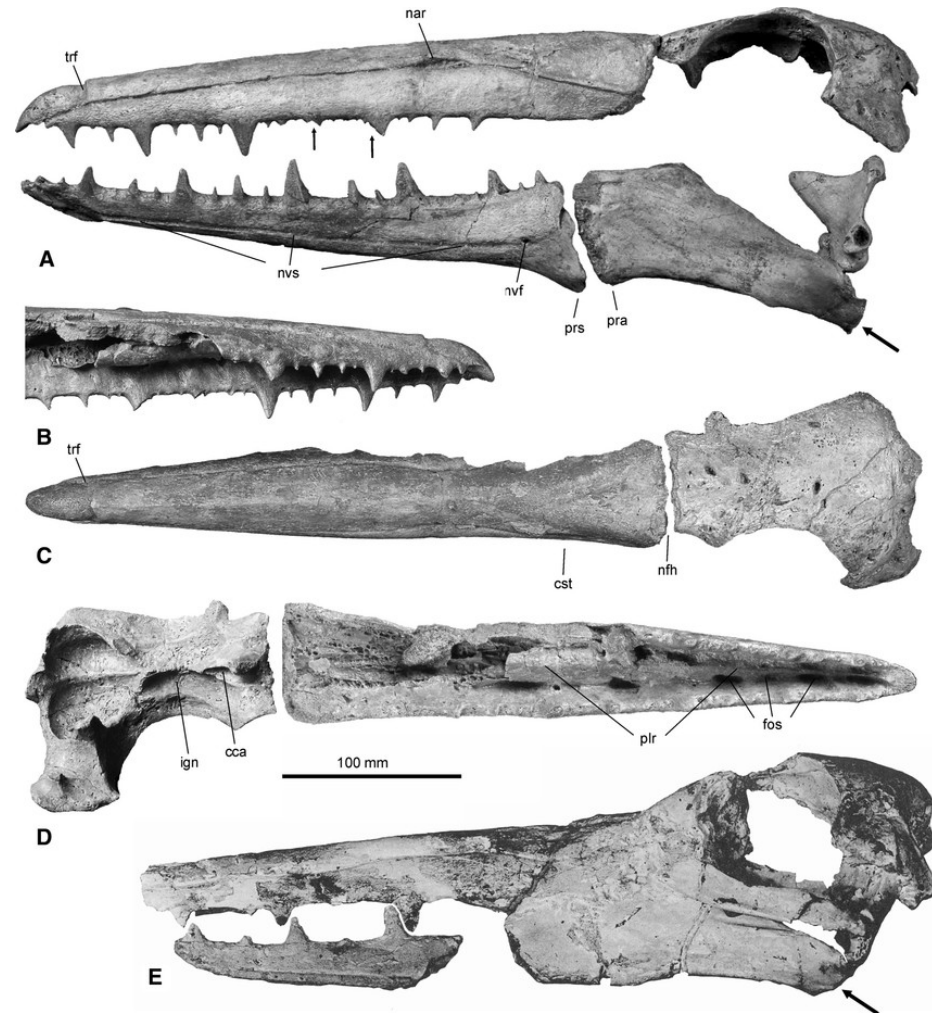
Différents types d'homoplasie : - Convergence

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Quand une homoplasie conduit à la formations de structures de même rôle, on parle d'analogie (ou caractères analogues)

Pelargonis chilensis

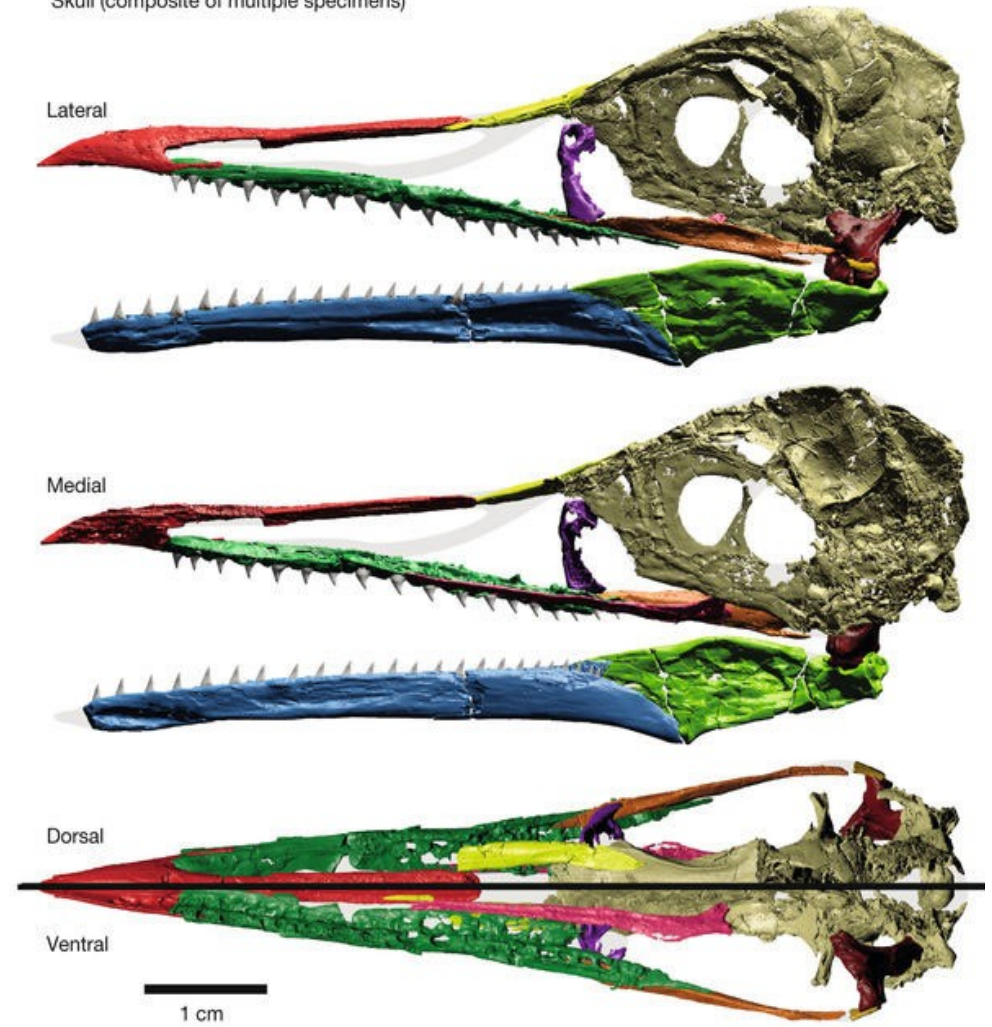


Mayr Rubilar-Rogers 2010

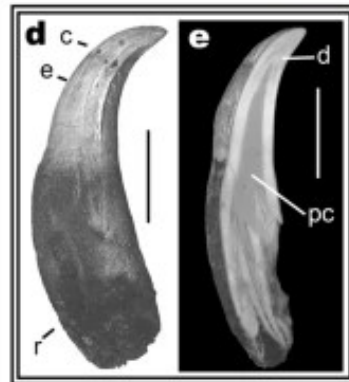
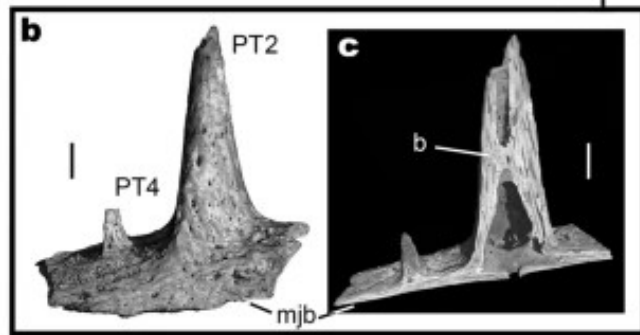
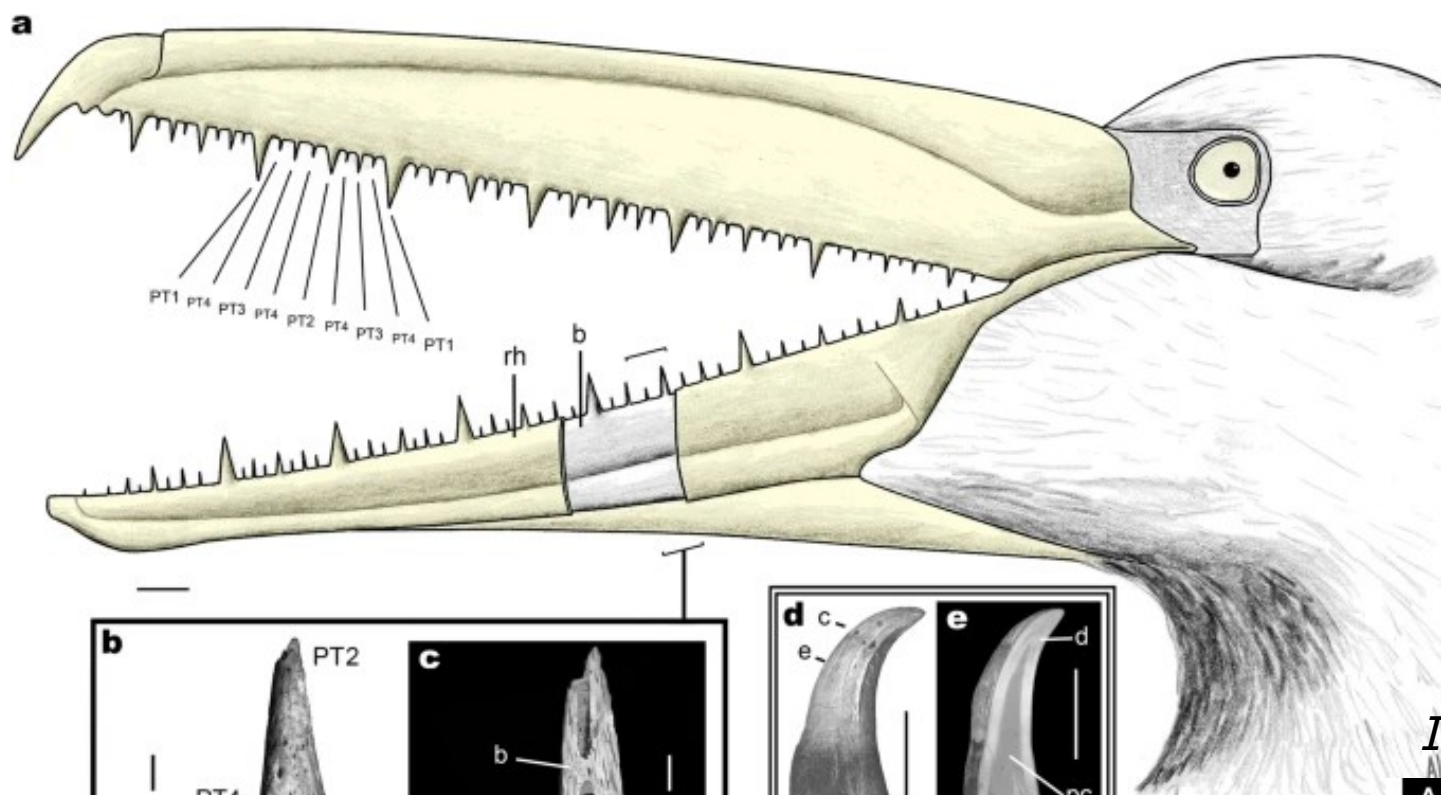
Ichthyornis dispar

Ichthyornis dispar (Marsh, 1872)

Skull (composite of multiple specimens)

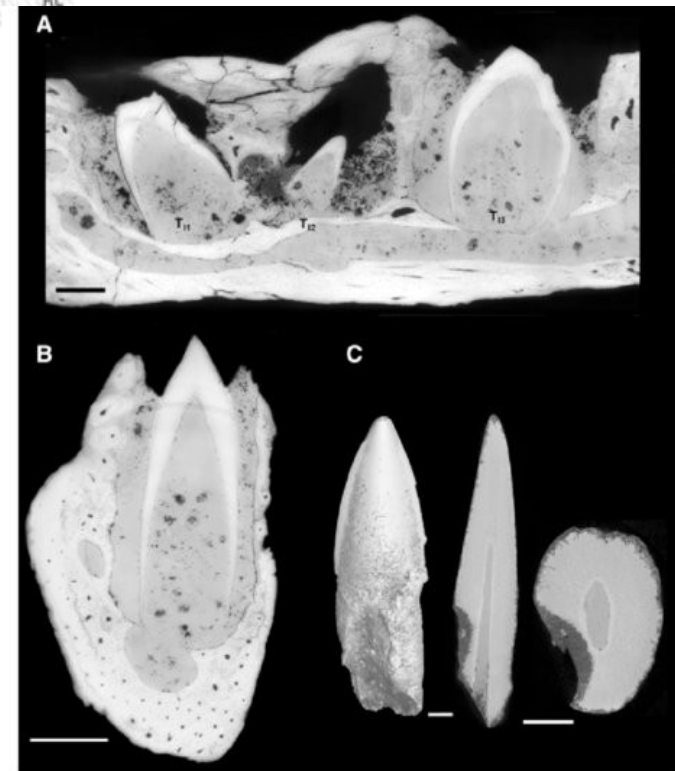


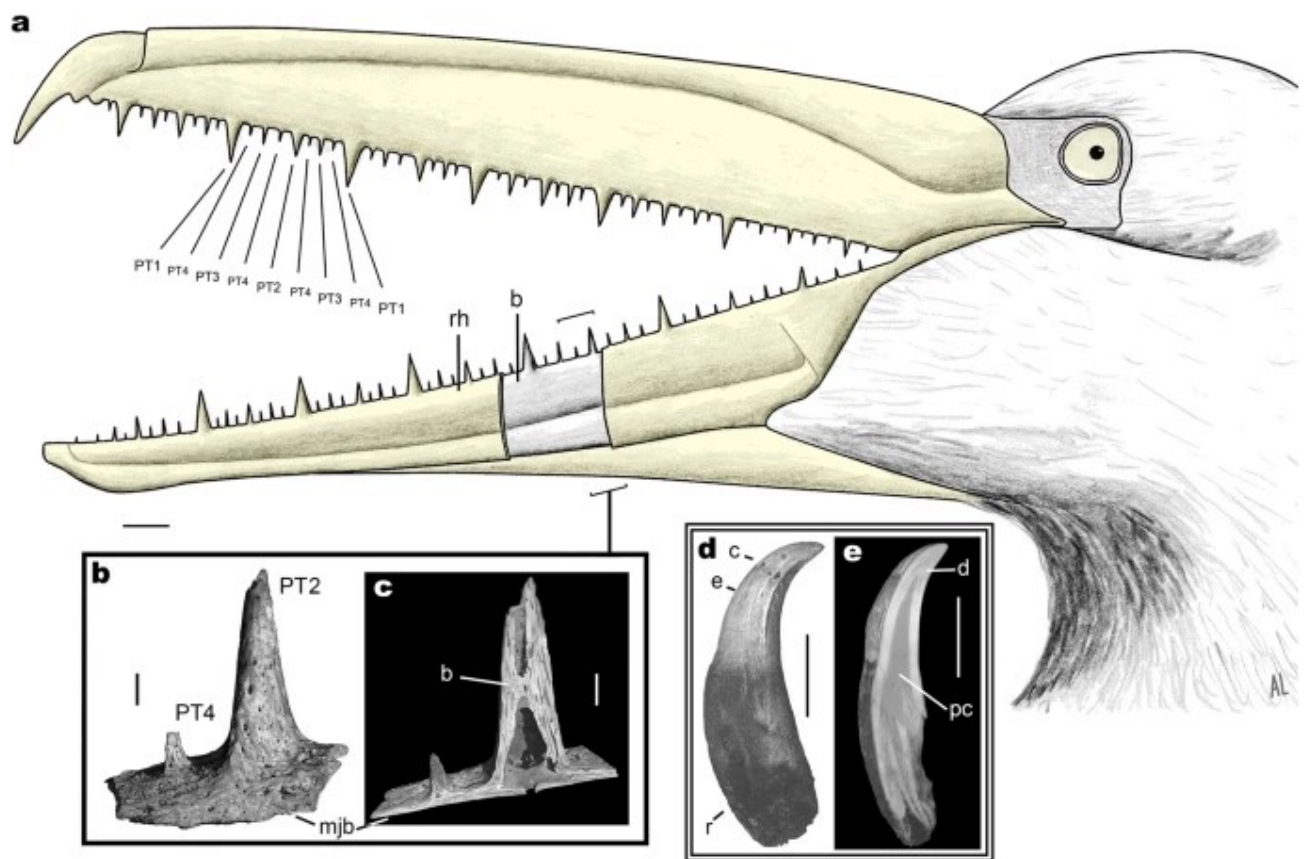
Shelton 2018



Pelargonis chilensis

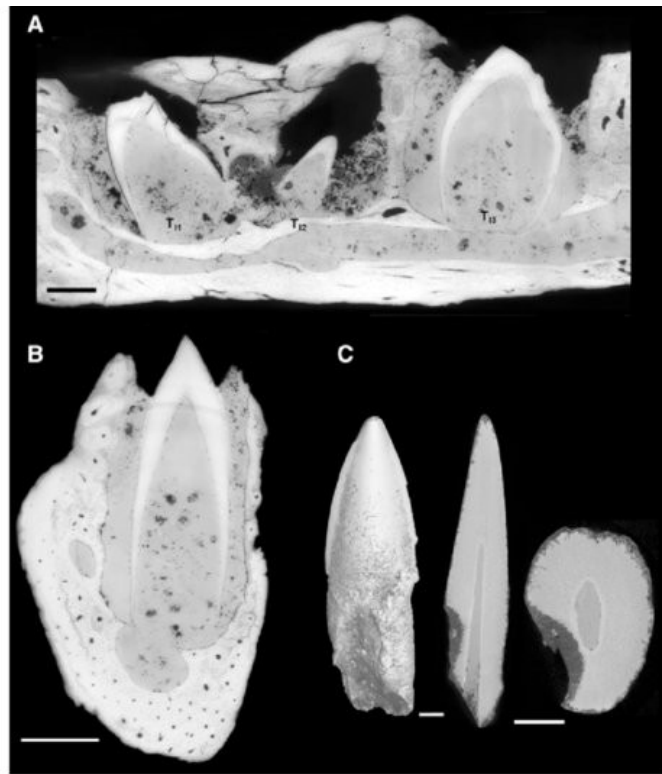
Ichthyornis dispar





Pelargonis chilensis

Ichthyornis dispar



Caractères homoplasiques (et ici, analogues)

Notion d'homologie : caractère moléculaire

Notion d'homologie : caractère moléculaire

Séquence ancestrale

ATTGCTAATGCATCACCAGT

temps



Notion d'homologie : caractère moléculaire

Séquence ancestrale

ATTGCTAATGCATCACCAGT

temps



Que peut-il se passer sur cette séquence ?

Notion d'homologie : caractère moléculaire

Séquence ancestrale

ATTGCTAATGCATCACCAGT

temps



ATAGCAAATG--TCAGCAGA

Homo sapiens

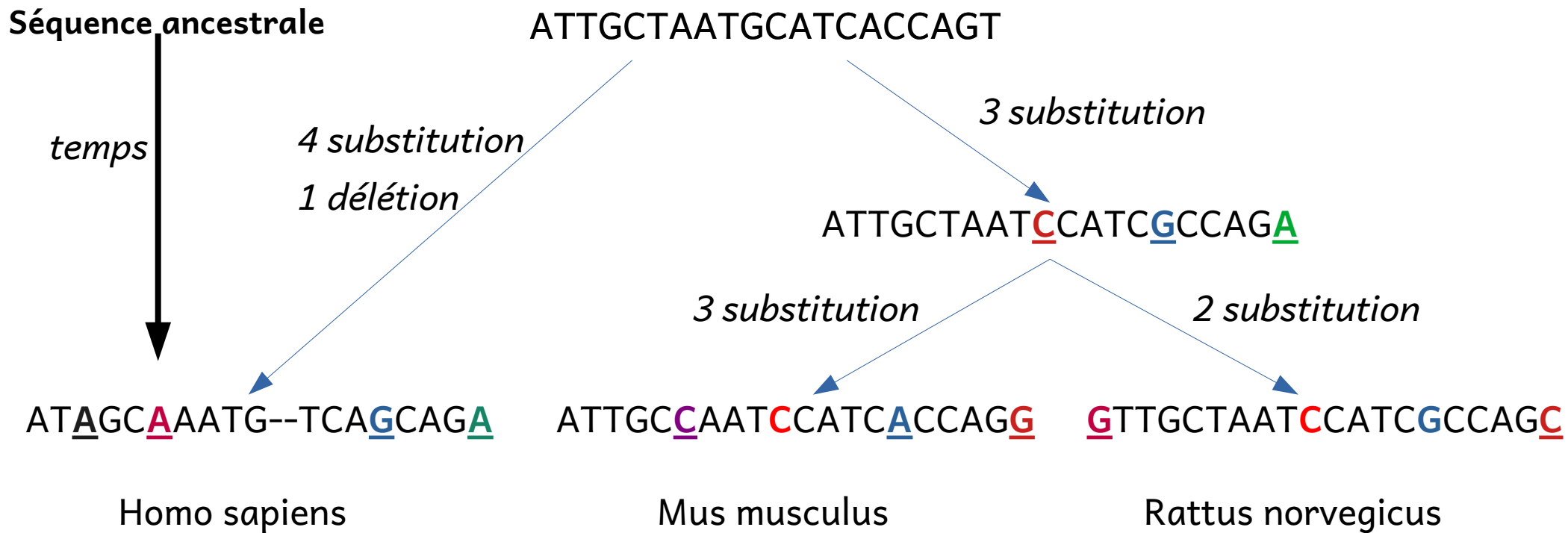
ATTGCCAATCCATCACCAGG

Mus musculus

GTTGCTAATCCATCGCCAGC

Rattus norvegicus

Notion d'homologie : caractère moléculaire



Identification des substitutions, insertions, délétions : implique l'alignement des séquences

Alignement de séquences d'Acides Aminés

```
-----D-PGDF--DRNVPRIQGVCGDRATGFHFNAMTCEGCKGFFRRSMKRKA--LFTCP-FNGDCRITKDNRRHCQACRLKRCVDIGHMMKEFILTD
IRPQKRK-KGPAP-KMLGNELCSVCGDKASGFHYNVLSCEGCKGFFRRSVIKGA--HYICH-SGGHCPMDTYMRAKQCECRLRKCRQAGMREBCVLSE
SVP GKPS-VNADE-EVGGPQICRVCGDKATGYHFNVMTCEGCKGFFRRAMKRNA--RLRCPFRKGACEITRKTRRQCQACRLRKCLESGMKKEMIMSD
EPERKRK-KGPAP-KMLGHELCRVCGDKASGFHYNVLSCEGCKGFFRRSVVRGGARRYACR-GGGTCQMDAFMRRAKQQCRLRKCKEAGMREQCVLSE
PVTKKPRMGASAG-RIKGDEL CVVCGDRASGYHYNALTCEGCKGFFRRSITENA--VYECK-NGGNCVMDMYMRAKQCECRLRKCKEMGMLAECMYTG
QTEKKK-KGYIPSYLDKDEL CVVCGDKATGYHYRCITCEGCKGFFRRTIQKNLHPSYSCK-YEGKCVIDKVTRNQCQECRFKKCIYVGMATDLVLDD
----SPS-PPPPP---RVYKPCFVCNDKSSGYHYGVSSCEGCKGFFRRSIQKNM--VYTCH-RDKNCIINKVTRNRCQYCRLOKCFEVGMSKEAVRND
----PPS-PLPPP---RVYKPCFVCQDKSSGYHYGVSA CE GCKGFFRRSIQKNM--IYTCH-RDKNCVINKVTRNRCQYCRLOKCFEVGMSKESVRND
----PPS-PPPLP---RIYKPCFVCQDKSSGYHYGVSA CE GCKGFFRRSIQKNM--VYTCH-RDKNCIINKVTRNRCQYCRLOKCFEVGMSKESVRND
```

Alignement de séquences d'Acides Aminés

```
-----D-PGDF--DRNVPRIQGVCGDRATGFHFNAMTCEGCKGFFRRSMKRKA--LFTCP-FNGDCRITKDNRRHCQACRLKRCVDIGHMMKEFILTD
IRPQKRK-KGPAP-KMLGNELCSVCGDKASGFHYNVLSCEGCKGFFRRSVIKGA--HYICH-SGGHCPMDTYMRAKCOECRLRKCRQAGMREBCVLSE
SVPQKPS-VNADE-EVGGPQICRVCGDKATGYHFNVMTCCEGCKGFFRRAMKRNA--RLRCPFRKGACEITRKTRRQCQACRLRKCLESGMKKEMIMSD
EPERKRK-KGPAP-KMLGHLCRVCGDKASGFHYNVLSCEGCKGFFRRSVVRGGARRYACR-GGGTCQMDAFMRRAKCOECRLRKCKEAGMREQCVLSE
PVTKKPRMGASAG-RIKGDELGVVCGDRASGYHYNALTCEGCKGFFRRSITENA--VYECK-NGGNCVMDMYMRAKCOECRLRKCKEMGMLAECMYTG
QTEKKK-KGYIPSYLDKDELGVVCGDKATGYHYRCITCEGCKGFFRRTIQKNLHPSYSCK-YEGKCVIDKVTRNQCOECRFKKCIYVGMAFDLVLDL
----SPS-PPPPP---RVYKPCFVCNDKSSGYHYGVSSCEGCKGFFRRSIQKNM--VYTCH-RDKNCIINKVTRNRQCYCRLOKCFEVGMSKEAVRND
----PPS-PLPPP---RVYKPCFVCQDKSSGYHYGVSAEAGCKGFFRRSIQKNM--IYTCH-RDKNCVINKVTRNRQCYCRLOKCFEVGMSKESVRND
----PPS-PPPLP---RIYKPCFVCQDKSSGYHYGVSAEAGCKGFFRRSIQKNM--VYTCH-RDKNCIINKVTRNRQCYCRLOKCFEVGMSKESVRND
```

Attention, le choix des séquences est primordial et doit tenir compte de la distance entre les séquences à comparer, ...

Ensemble de caractère
morphologiques homologues

ou

Ensemble de séquences homologues
alignement

Ensemble de caractères
morphologiques homologues

ou

Ensemble de séquences homologues
alignement

Méthodes de reconstruction

```
graph TD; A[Ensemble de caractères morphologiques homologues] --> D[Méthodes de reconstruction]; B[Ensemble de séquences homologues alignement] --> D; A -.->|ou| B;
```

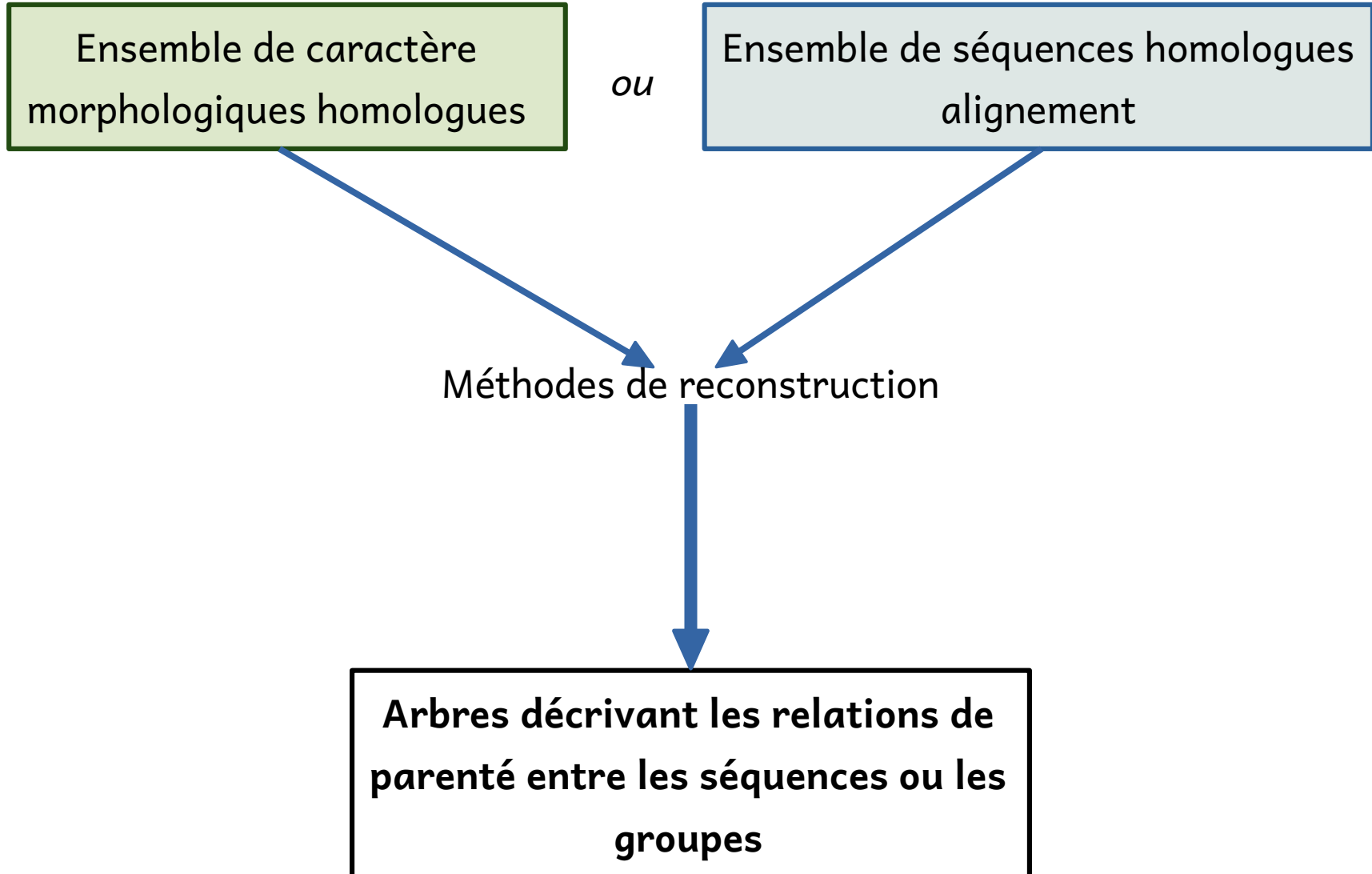
Ensemble de caractère
morphologiques homologues

ou

Ensemble de séquences homologues
alignement

Méthodes de reconstruction

**Arbres décrivant les relations de
parenté entre les séquences ou les
groupes**

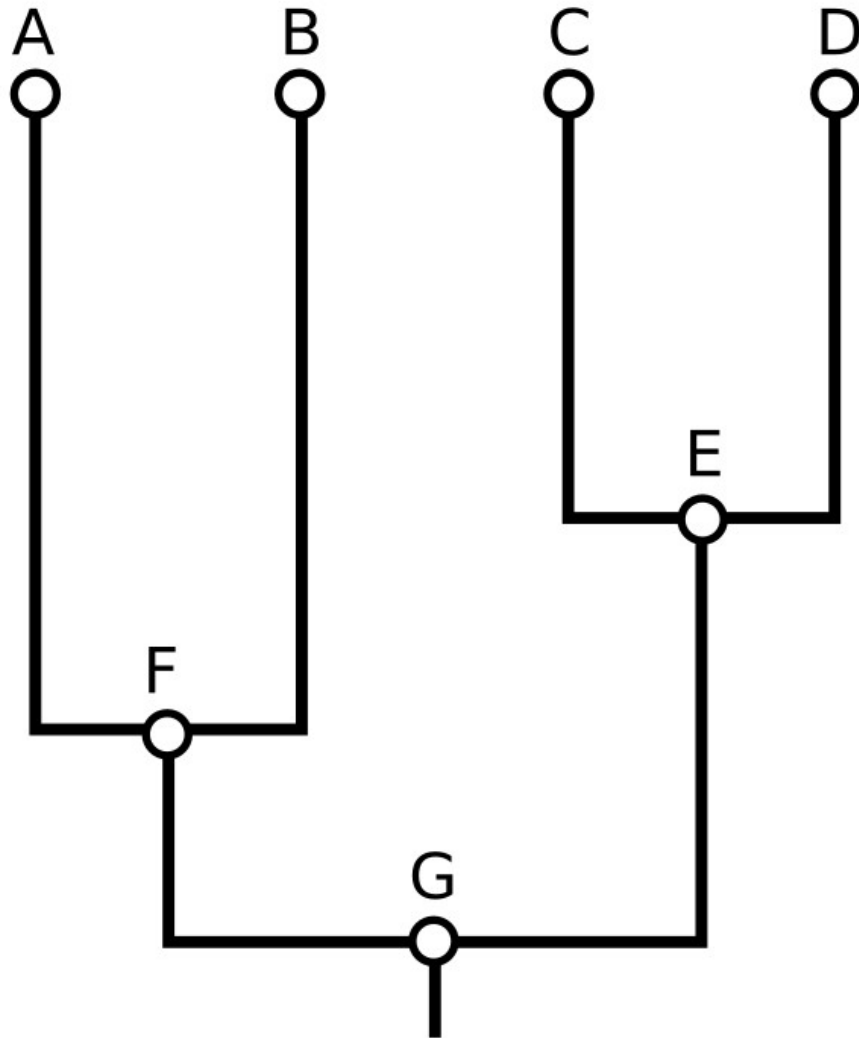


→ *Représentation des relations de parentés ?*

Arbres phylogénétiques

→ Représentation des relations de parentés ?

Arbres phylogénétiques



Éléments d'un arbre

- Nœuds = unités taxonomiques
 - Opérationnelles = feuilles de l'arbre
 - Hypothétiques = nœuds internes
- Branches = Relations entre unités taxonomiques
- Topologie = forme de l'arbre
Ensemble des nœuds + branches de l'arbre
- Racine = ancêtre commun le plus récent à tous les nœuds

Qu'est ce qui est signifiant/non signifiant dans la représentation d'un arbre ?

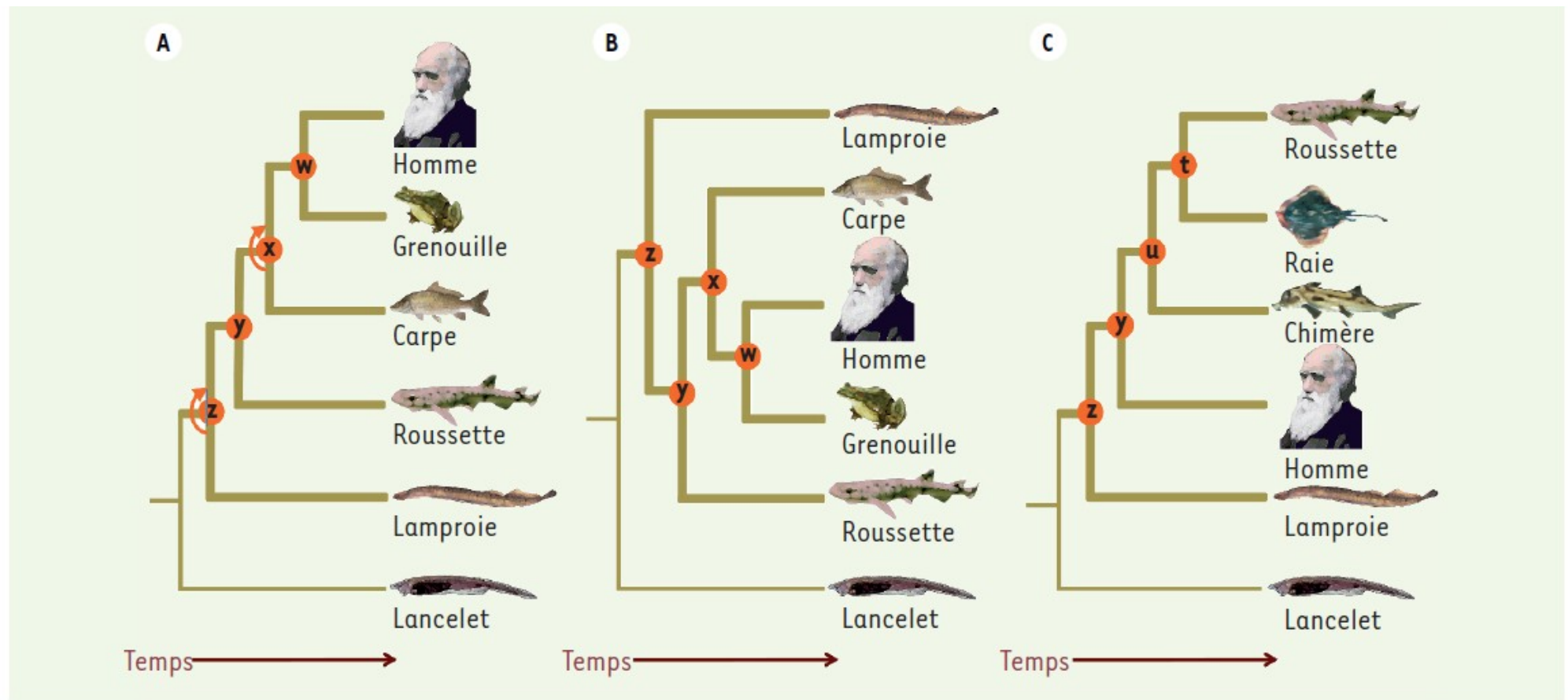


Figure 4. Trois phylogénies des vertébrés. A. B. Deux représentations équivalentes du même arbre phylogénétique. **C.** Un autre échantillonnage des espèces donne un arbre phylogénétique compatible mais différent.

Qu'est ce qui est signifiant/non signifiant dans la représentation d'un arbre ?

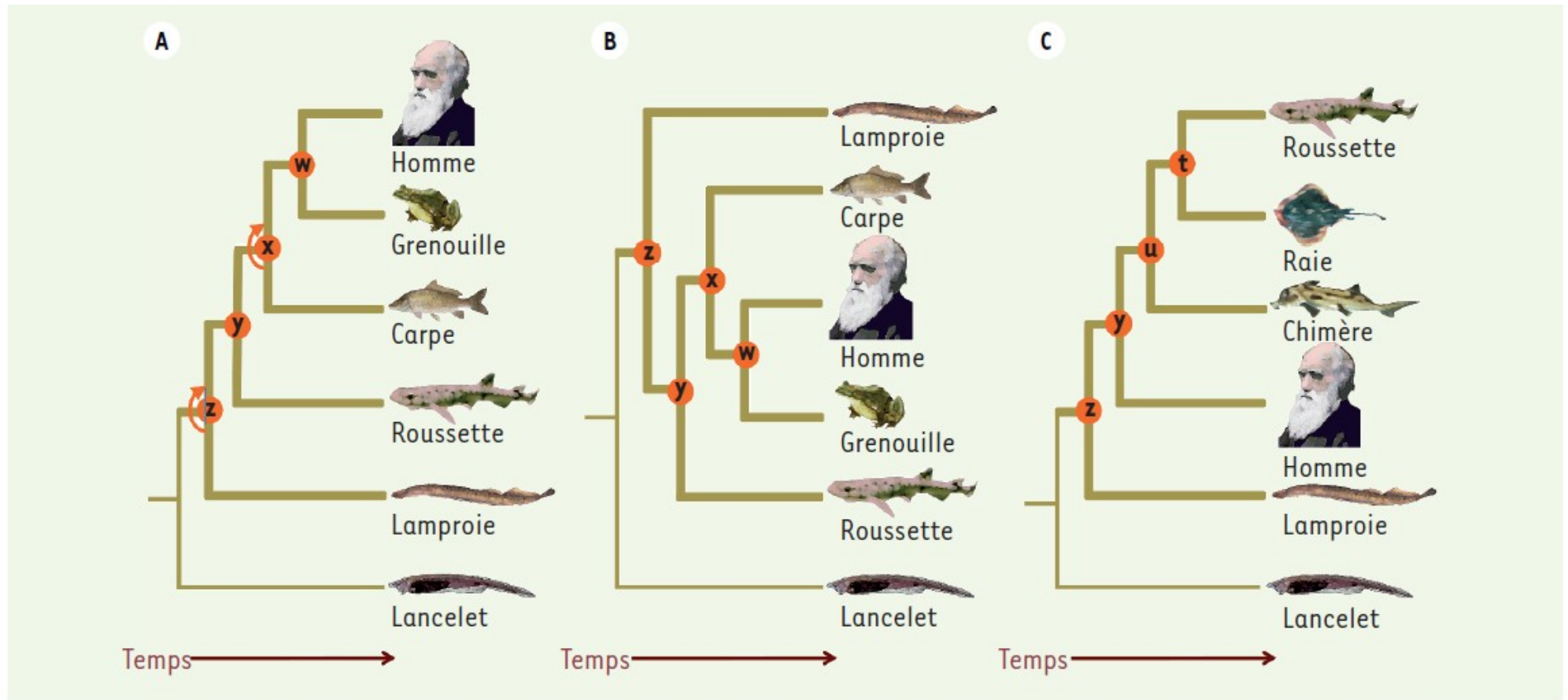


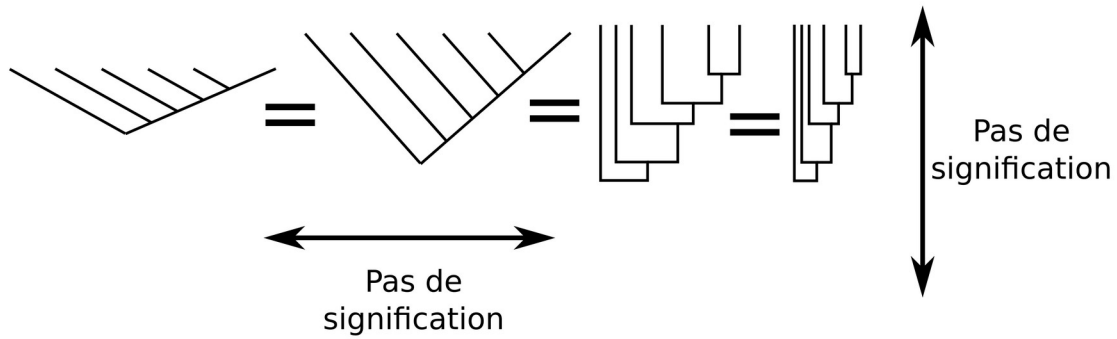
Figure 4. Trois phylogénies des vertébrés. A. B. Deux représentations équivalentes du même arbre phylogénétique. C. Un autre échantillonnage des espèces donne un arbre phylogénétique compatible mais différent.

Un arbre se comporte comme un mobile : **les nœuds peuvent tourner**

Le choix des feuilles impacte leur position : **notion de plus/moins évolué n'a pas de sens**

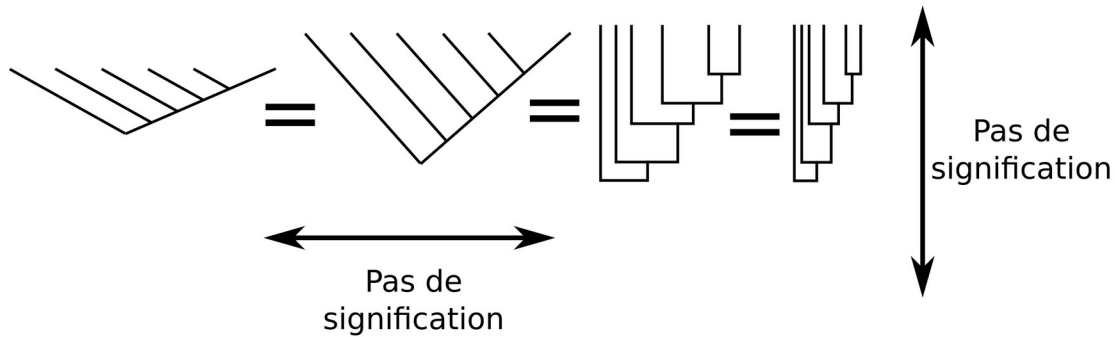
Qu'est ce qui est signifiant/non signifiant dans la représentation d'un arbre ?

Cladogramme : seule la
topologie compte

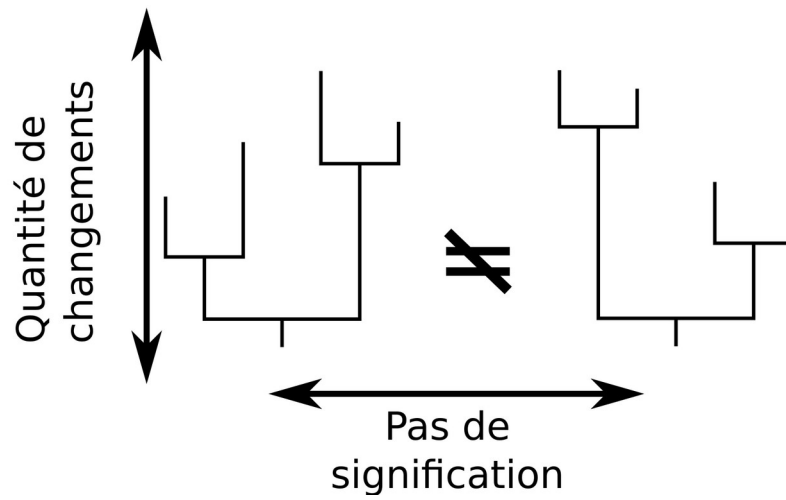


Qu'est ce qui est signifiant/non signifiant dans la représentation d'un arbre ?

Cladogramme : seule la topologie compte

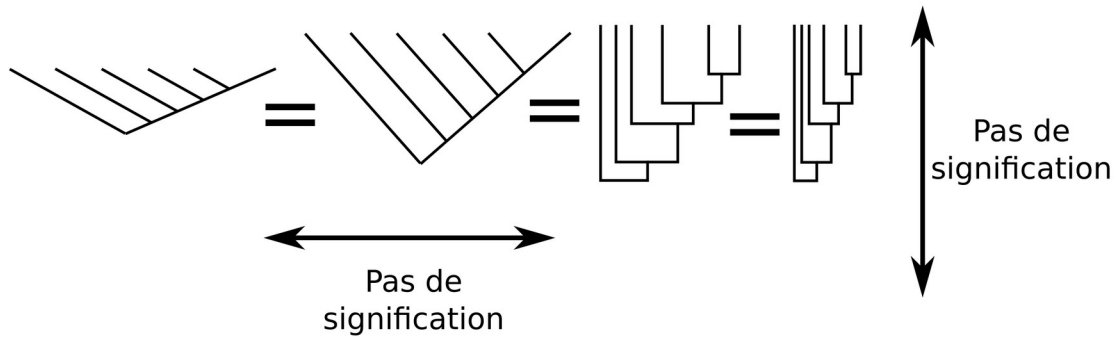


Phylogramme : La longueur des branches indique une quantité de changements

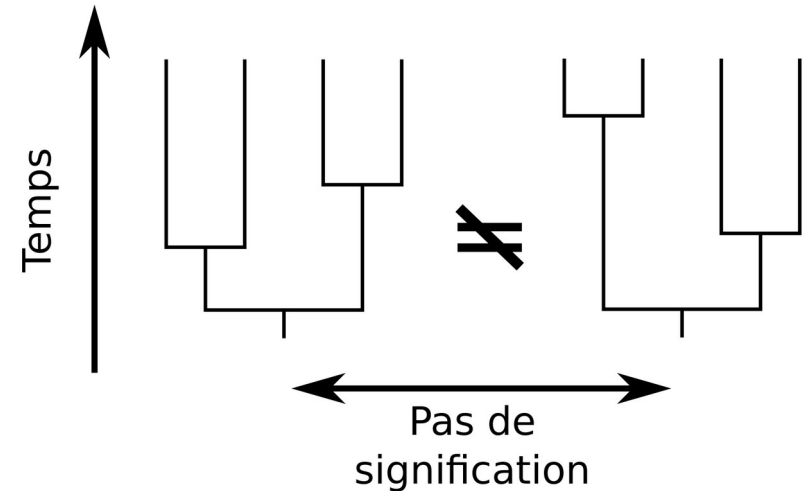
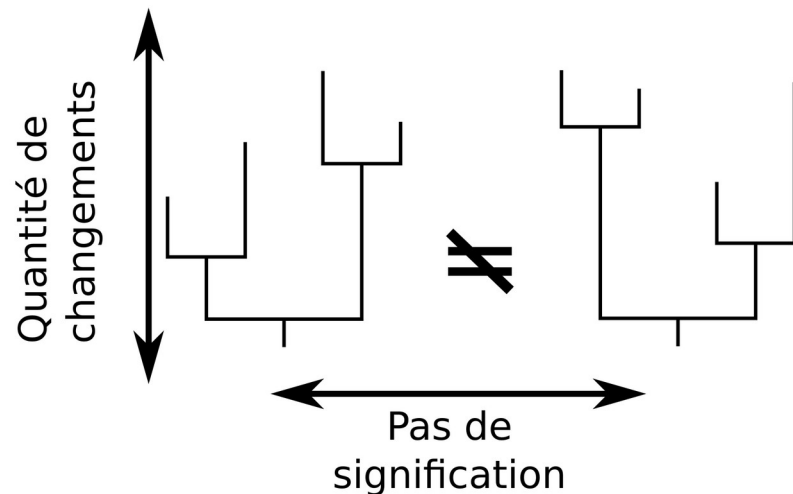


Qu'est ce qui est signifiant/non signifiant dans la représentation d'un arbre ?

Cladogramme : seule la topologie compte

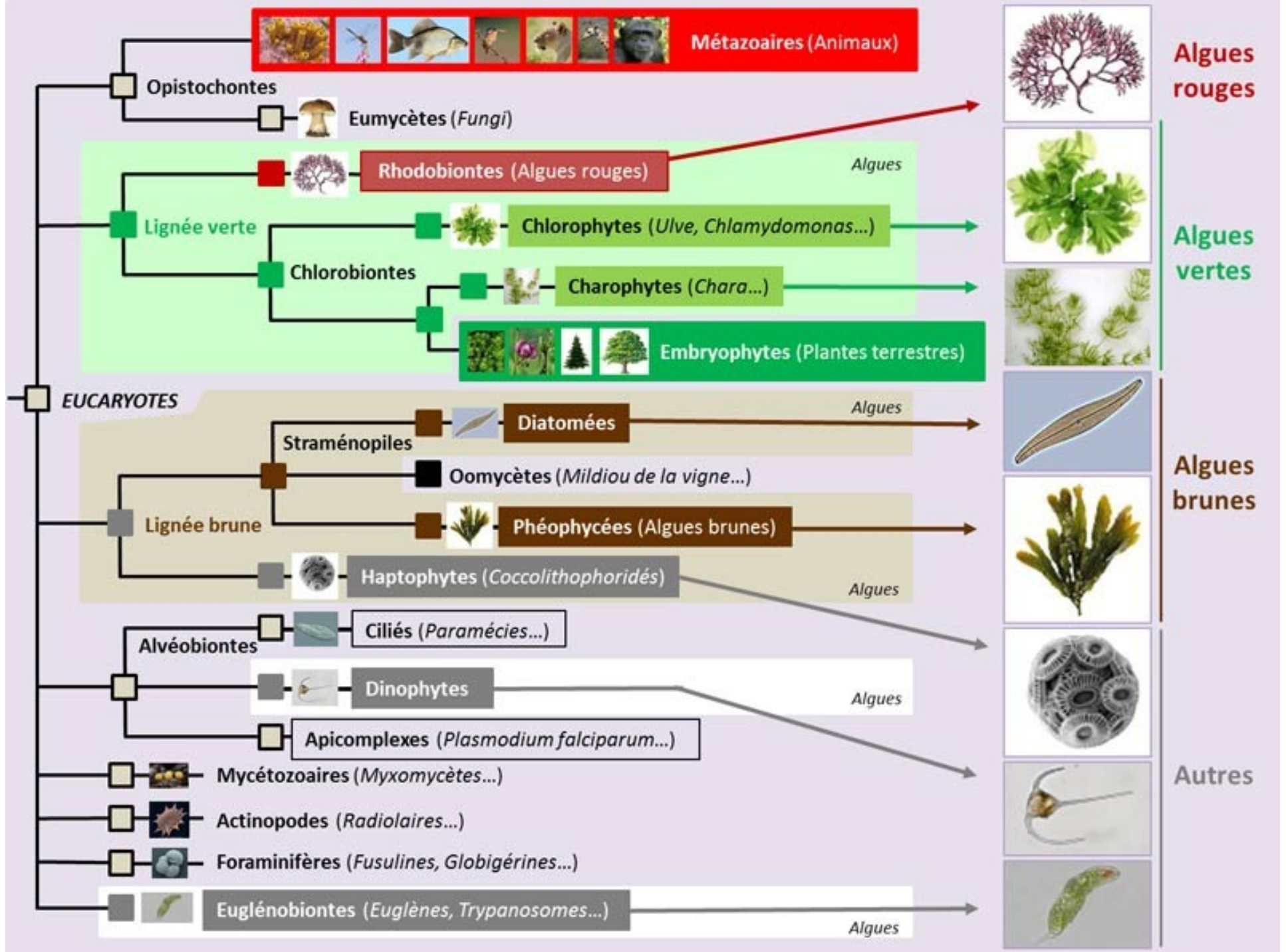


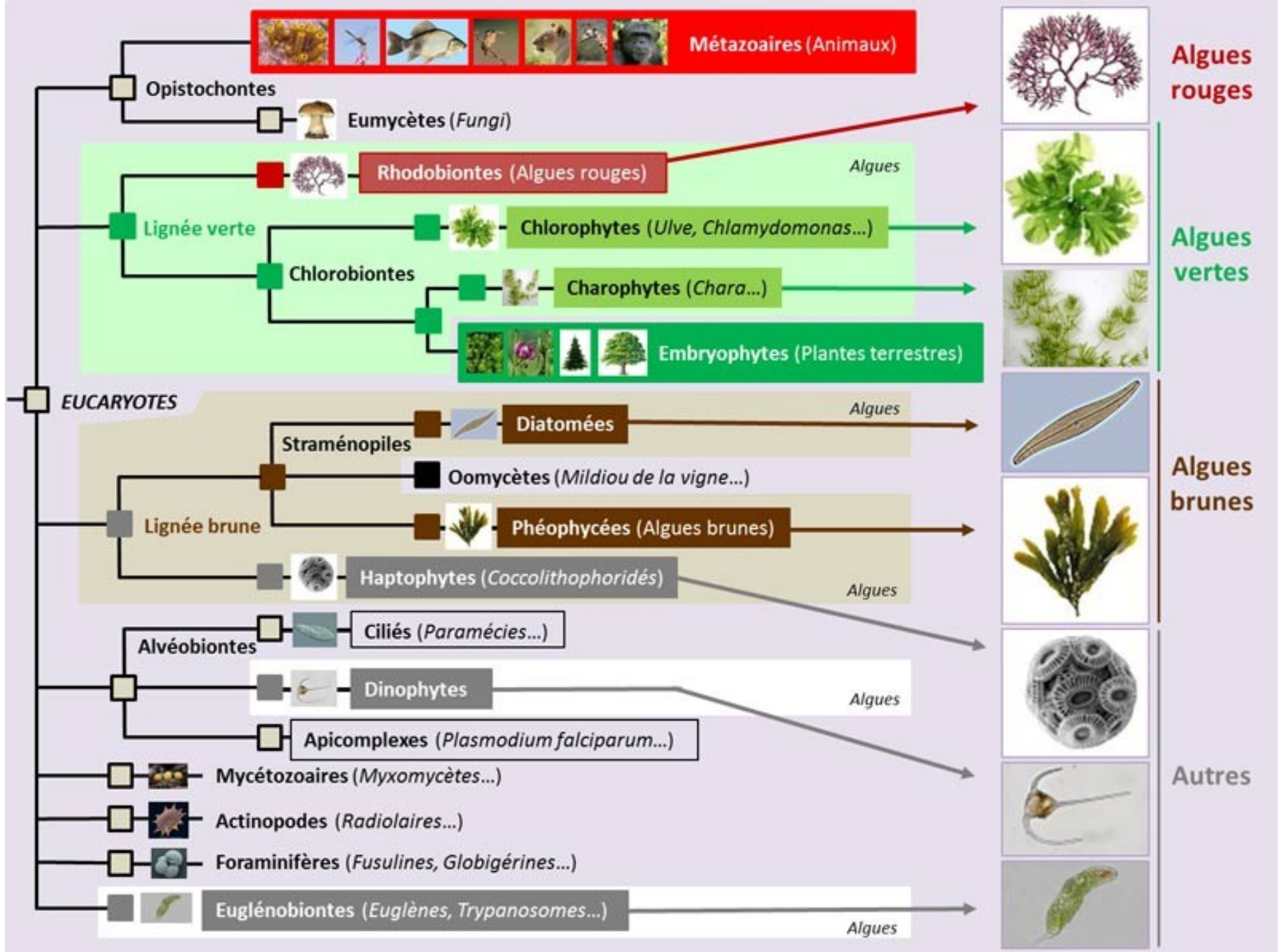
Phylogramme : La longueur des branches indique une quantité de changements



Arbre ultramétrique (chronogramme) :
La longueur des branches indique le temps

Comment lire l'information phylogénétique sur un arbre :
→ estimation de la proximité de différentes feuilles





La parenté se lie sur un arbre phylogénétique grâce aux âges relatif des derniers ancêtres communs

Exercice 1 : À partir de l'arbre précédant, réalisez des imbrication de boîtes

→ La plus grande boîte : Eucaryotes

→ Rassemblez les différents groupes en différentes « boîtes » imbriquées en fonction des informations de l'arbre



Canis lupus



Phoca vitulina



Lynx lynx



Loxodonta africana

Caniformia

Carnivora

Eutheria



Thylacinus cynocephalus

Theria



Ursus arctos



Equus caballus

Mammifères (=Mammalia)



Struthio camelus

Oiseaux (=Aves)

Vertébrés (=Vertebrata)

Exercice : À partir des ensembles réalisés précédemment, dessinez des arbres phylogénétiques
 → Règle principale, plus des espèces partagent d'ensemble, plus leur séparation est récente

Définitions de groupes et de caractères

Caractères

(Syn)apomorphie = caractère dérivé
(à la base d'un groupe)

(Syn)plésiomorphie = caractère basal
(à la base d'un groupe)

Homoplasie = convergence, réversion,
parallélisme

Groupes

Monophylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et
tous ses descendants

Paraphylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et une
partie de ses descendants

Polyphylétique = groupe contenant
plusieurs ancêtre distincts

Définitions de groupes et de caractères

Caractères

(Syn)apomorphie = caractère dérivé
(à la base d'un groupe)

(Syn)plésiomorphie = caractère basal
(à la base d'un groupe)

Homoplasie = convergence, réversion,
parallélisme

Groupes

Monophylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et
tous ses descendants

Paraphylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et une
partie de ses descendants

Polyphylétique = groupe contenant
plusieurs ancêtre distincts

Définitions de groupes et de caractères

Caractères

(Syn)apomorphie = caractère dérivé
(à la base d'un groupe)

(Syn)plésiomorphie = caractère basal
(à la base d'un groupe)

Homoplasie = convergence, réversion,
parallélisme

Groupes

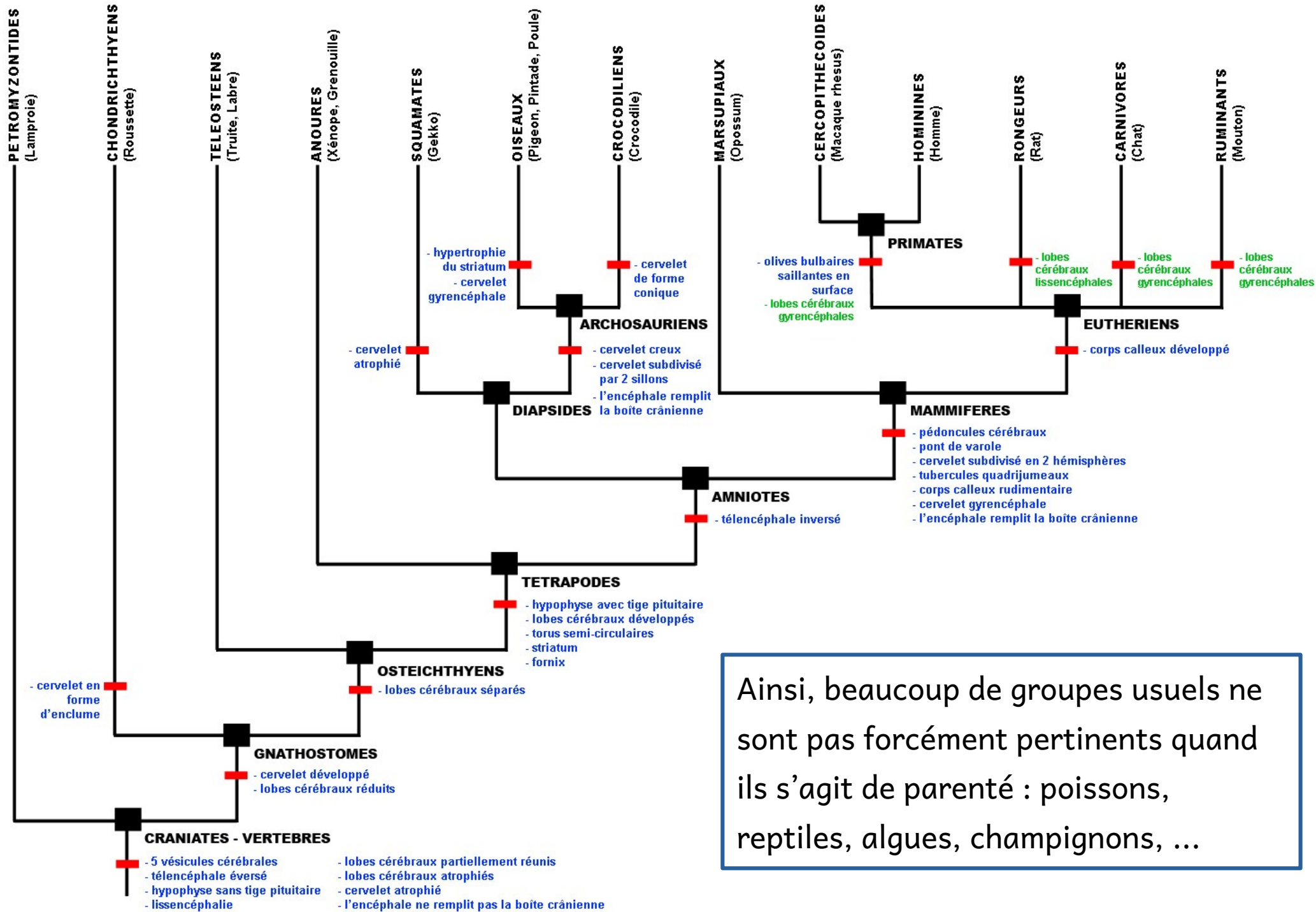
Monophylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et
tous ses descendants

Paraphylétique = Ensemble de taxon
incluant un ancêtre (théorique) et une
partie de ses descendants

Polyphylétique = groupe contenant
plusieurs ancêtre distincts

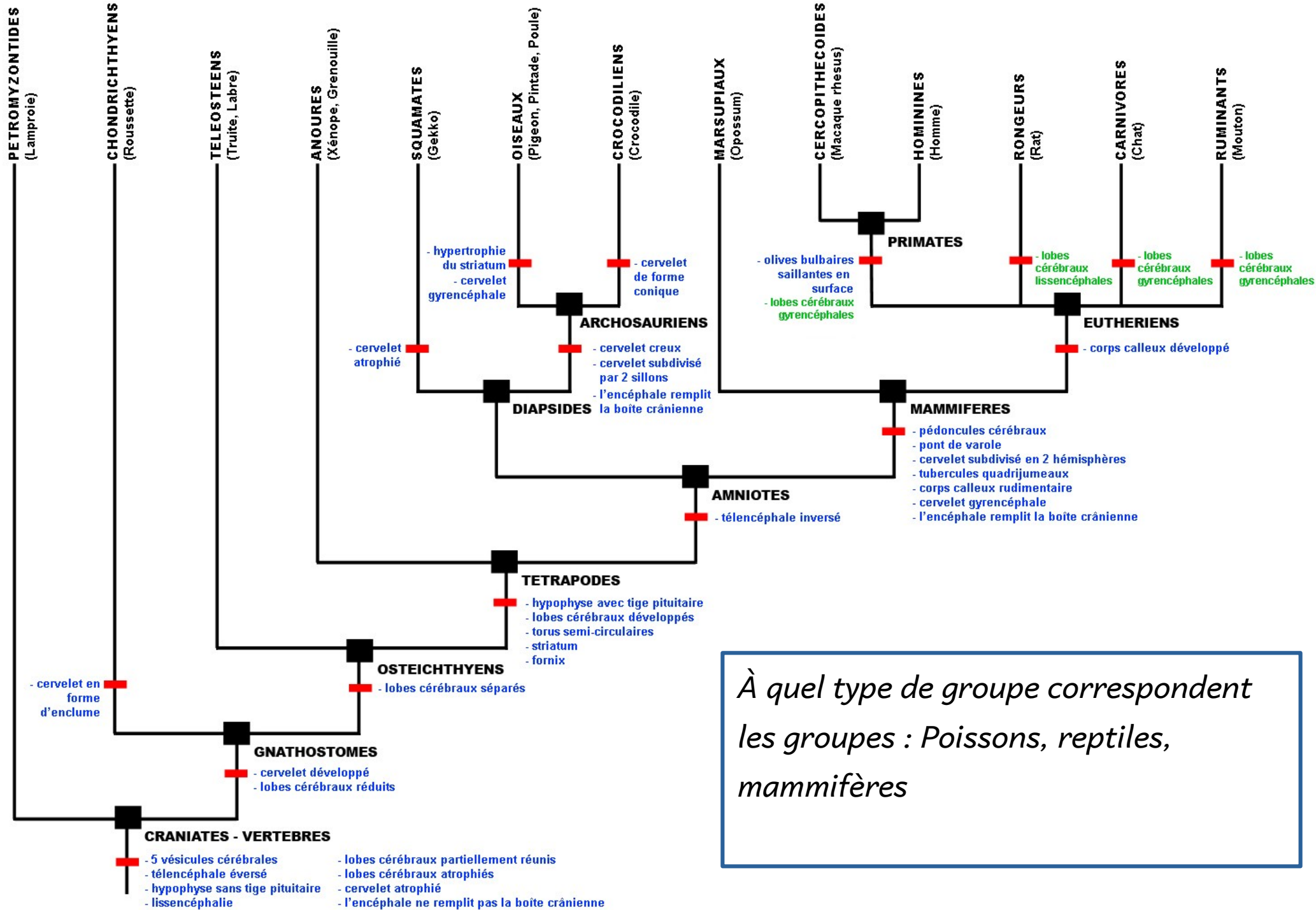
Quel type de groupe est le plus pertinent d'un point de vue parentée ?

La parenté se lie sur un arbre phylogénétique grâce aux âges relatif des derniers ancêtres communs



Ainsi, beaucoup de groupes usuels ne sont pas forcément pertinents quand ils s'agit de parenté : poissons, reptiles, algues, champignons, ...

La parenté se lie sur un arbre phylogénétique grâce aux âges relatif des derniers ancêtres communs



À quel type de groupe correspondent les groupes : Poissons, reptiles, mammifères

Le principe de la classification actuelle est que tous les groupes considérés comme valides sont **monophylétique**

→ Les espèce qui appartiennent à un même groupe sont forcément plus proches entre elles qu'elles ne le sont d'espèces n'appartenant pas à ce groupe



Ainsi, toute espèce, genre, famille, ordre, classe, embranchement, règne doit constituer un groupe monophylétique

Exemple de l'ordre des Artiodactyles :



Quelques espèces d'artiodactyles

- Groupe de ongulés avec un nombre de doigts pair

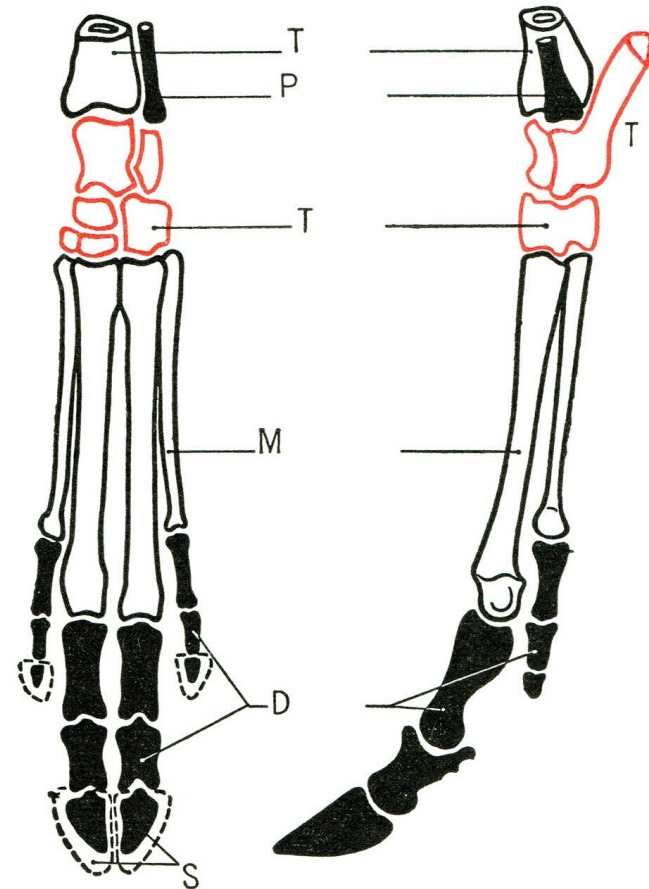
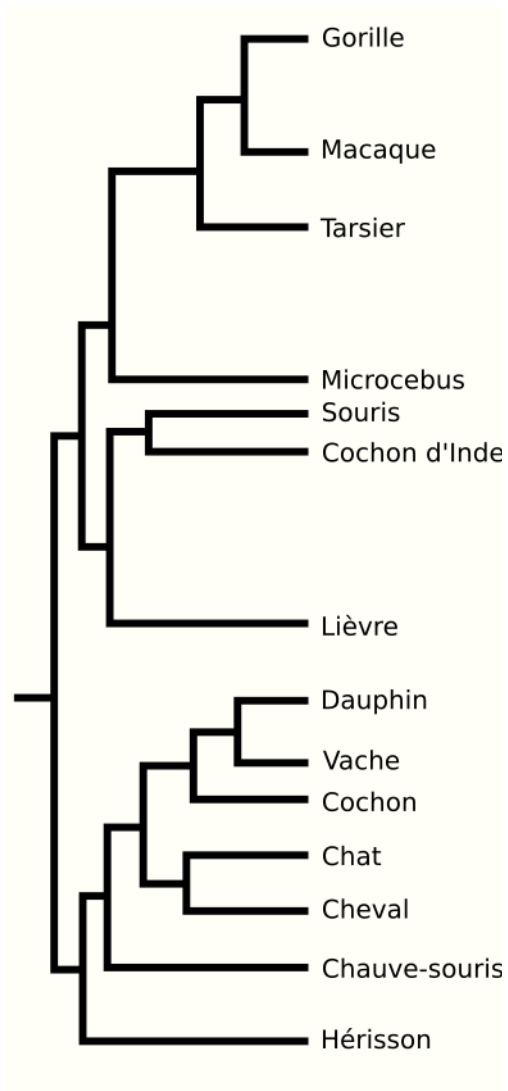


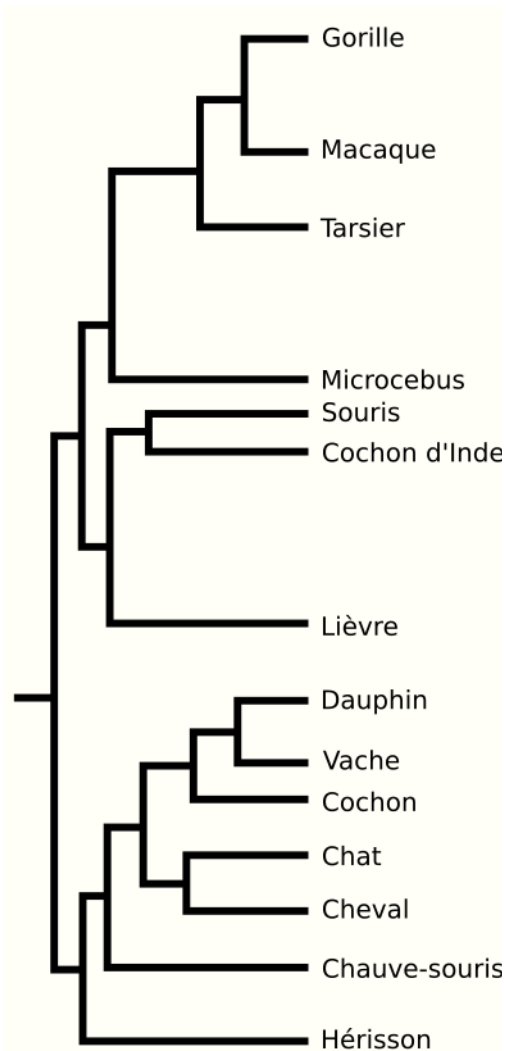
Schéma de patte de cochon

Antilopes, chameaux, vaches, cochons, hippopotames, lama, girafes, ...

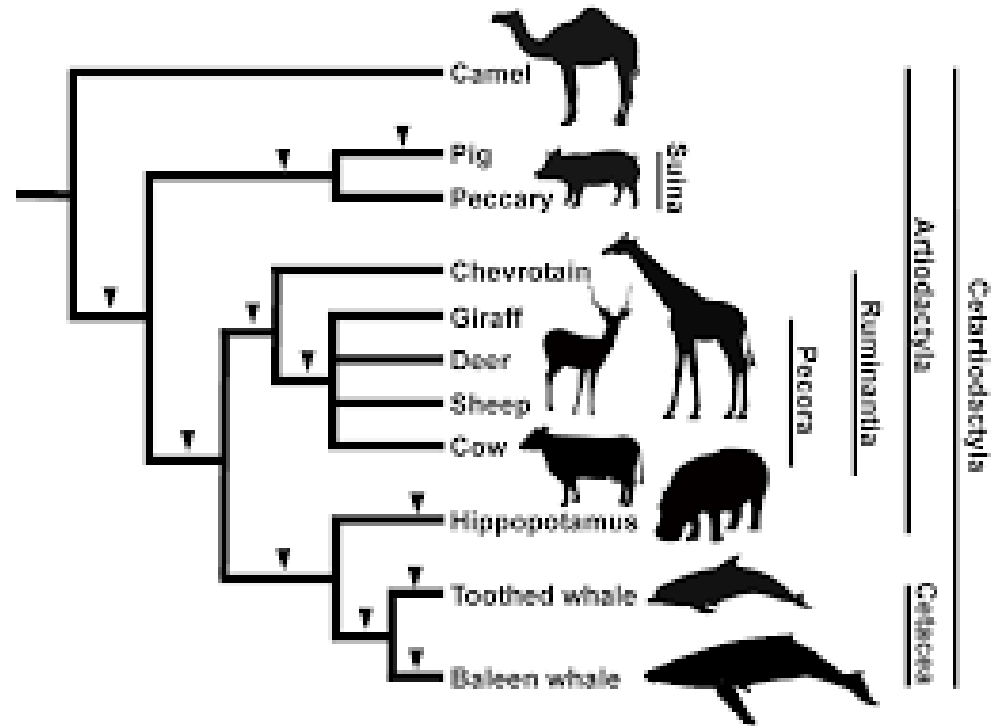


Phylogénie des mammifères simplifiée

→ Que pensez vous du groupe des artiodactyles ?

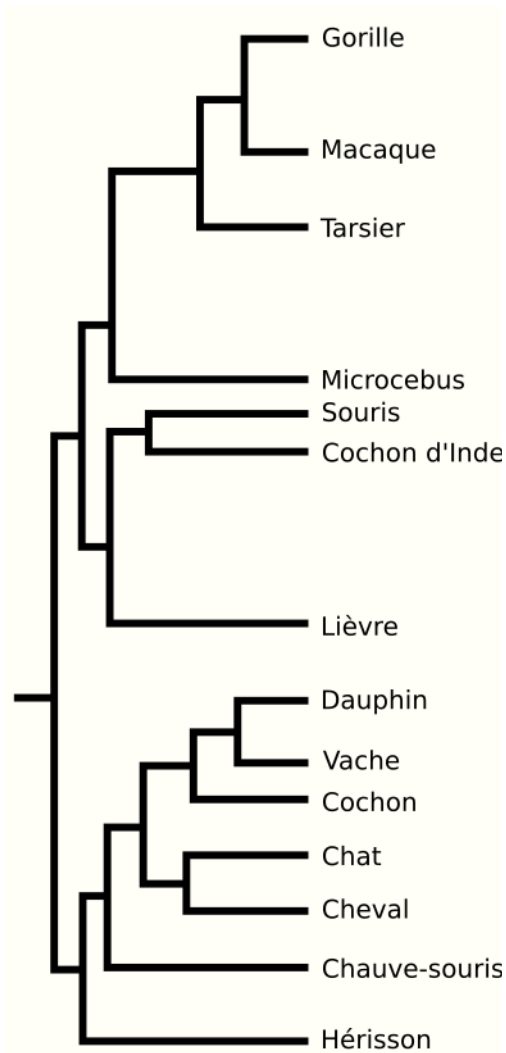


Phylogénie des mammifères simplifiée

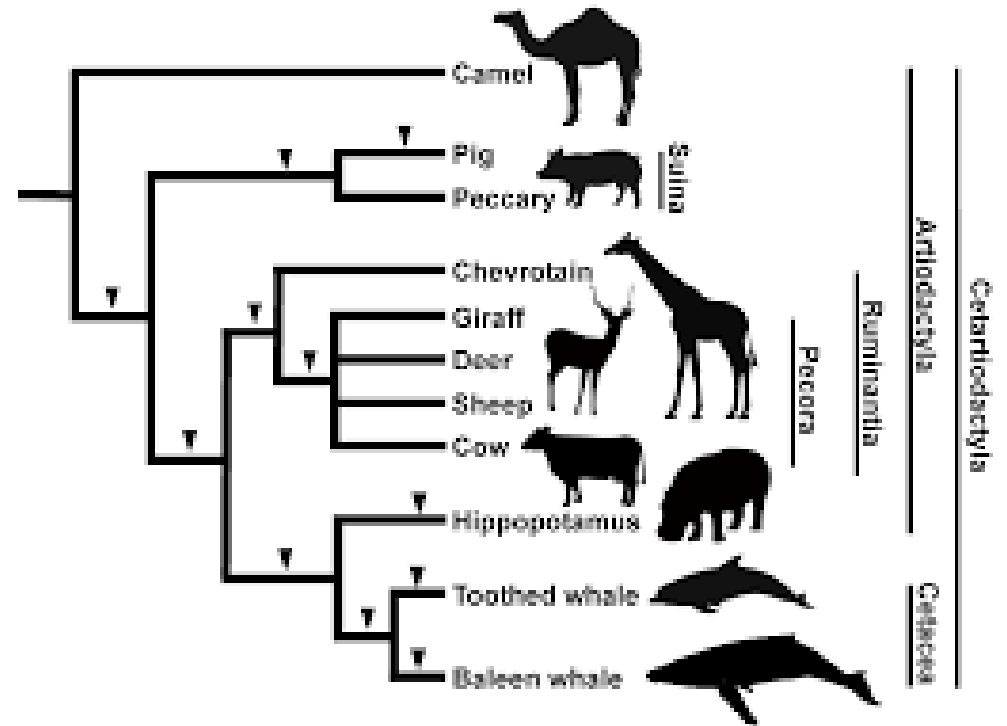


Phylogénie centrée sur les artiodactyles

→ Que pensez vous du groupe des artiodactyles ?

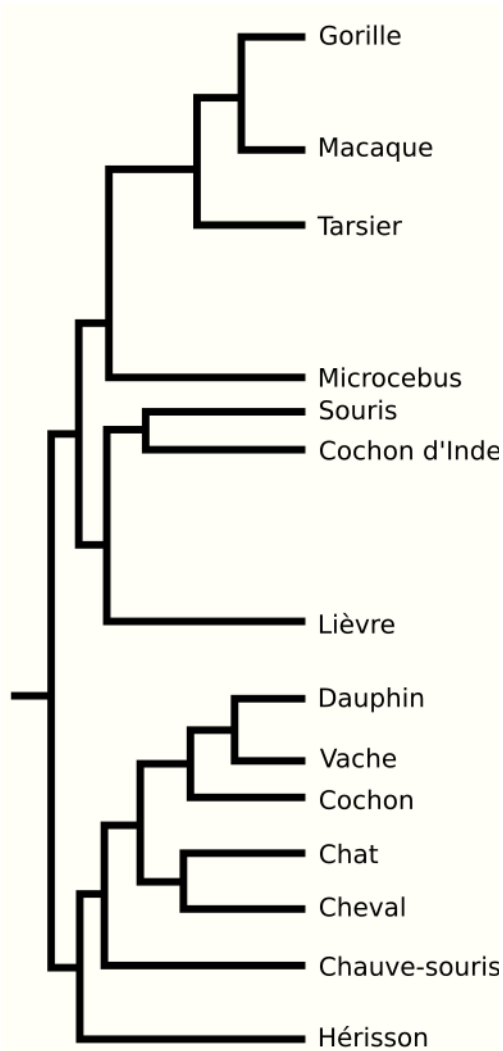


Phylogénie des mammifères simplifiée

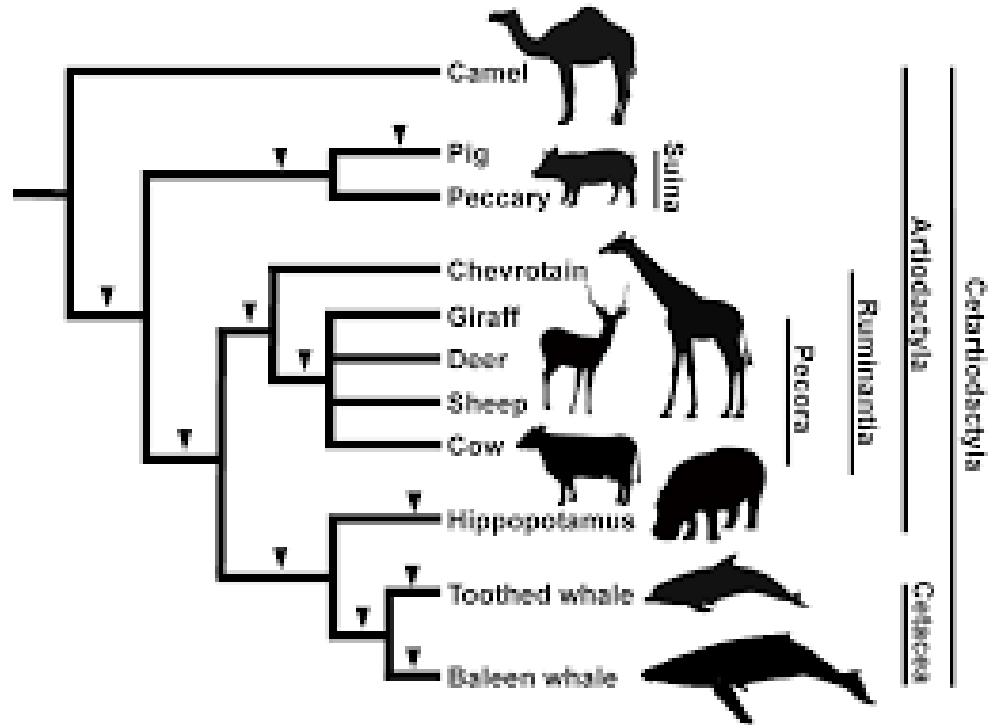


Phylogénie centrée sur les artiodactyles

→ Que pensez vous du groupe des artiodactyles ?
Groupe paraphylétique



Phylogénie des mammifères simplifiée



Phylogénie centrée sur les artiodactyles

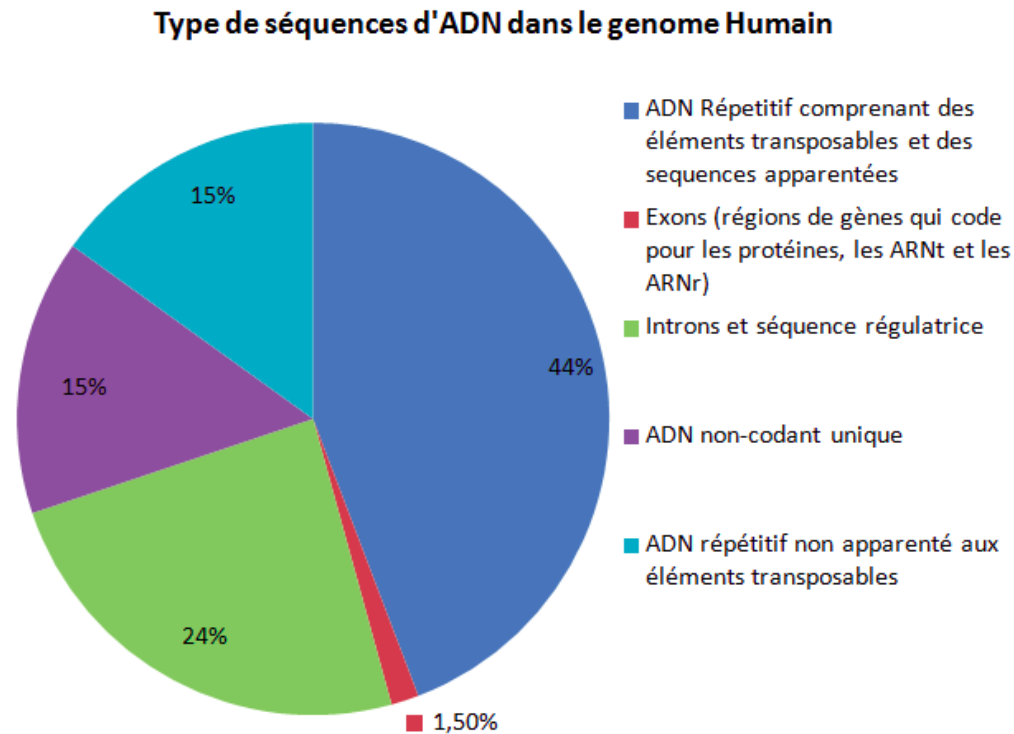
→ Que pensez vous du groupe des artiodactyles ?

Groupe paraphylétique

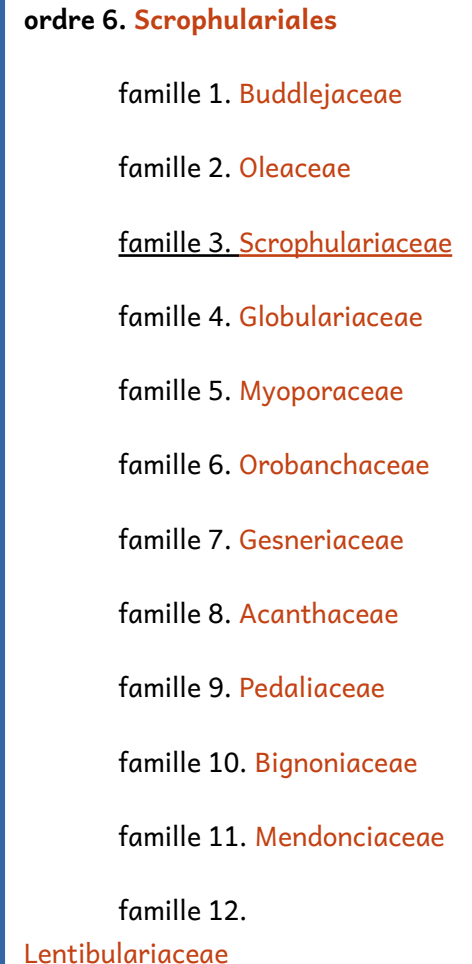
Création du groupe **Cetartiodactyla**

La classification a largement bénéficié des apports de la phylogénie moléculaire

→ L'évolution de certains morceaux de séquence du génome ne sont pas soumises à la sélection naturelle : **pas de risque d'homoplasie entre les séquences**



→ Famille d'angiosperme retrouvée dans la classification de Cronquist (1981)



Cronquist's evolutionary representation applied to this schema.

Exemple des scrophulariacées

→ Famille d'angiosperme retrouvée dans la classification de Cronquist (1981)



*Scrofularia
nodosa*



*Cymbalaria
muralis*



*Melampyrum
pratense*



*Digitalis
purpurea*



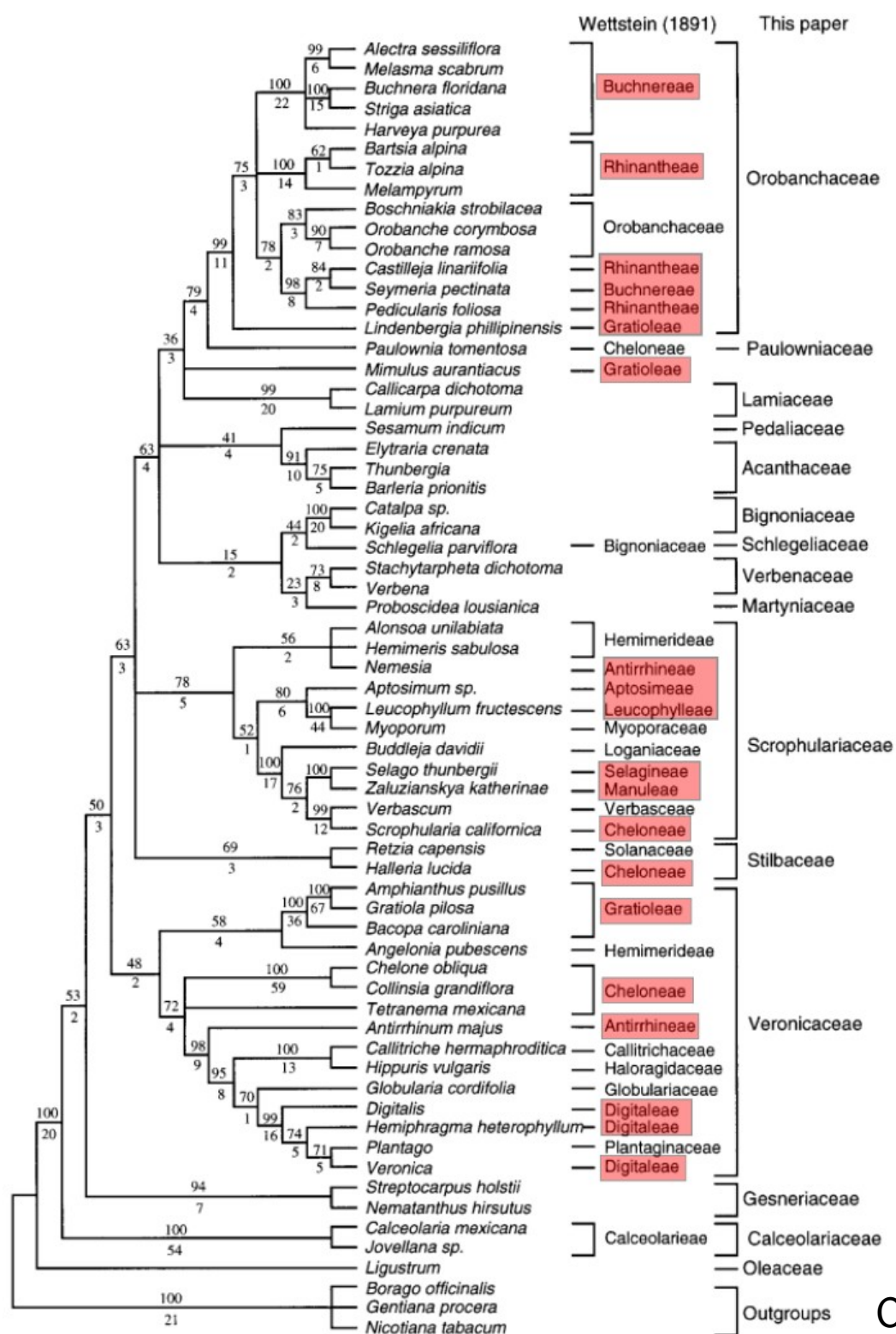
*Rhinanthus
alectrolophus*



*Veronica
persica*

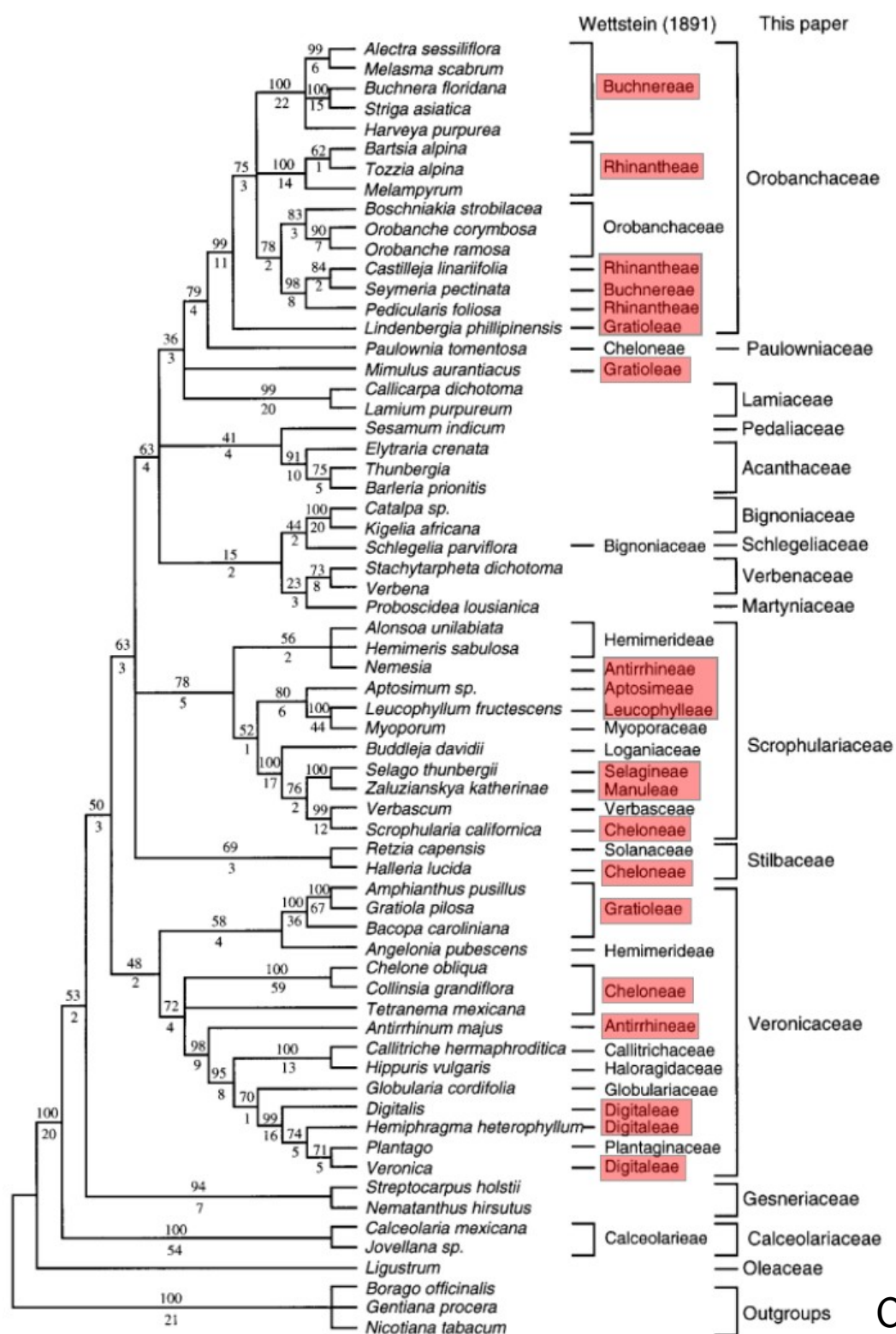
- Hermaphrodites
- Gamopétales
- Zygomorphe
- Pentamère
- Sauf l'ovaire, à deux carpelles

→ Études par phylogénie moléculaire de diverses espèces, notamment des membres de la famille des Scrophulariaceae



En rouges, les groupes rangés dans les
scrophulariacées selon le Cronquist

Olmstead et al. 2001



En rouges, les groupes rangés dans les scrophulariacées selon le Cronquist



Groupe polyphylétique

Besoin de redéfinir ce groupe et d'autres

Olmstead *et al.* 2001



Scrofularia nodosa



Verbascum thapsus

Scrophulariaceae



Digitalis purpurea



Cymbalaria muralis



Veronica persica



Plantago lanceolata

Plantaginaceae



Orobanche caryophylla



Rhinanthus alectrolophus



Melampyrum pratense

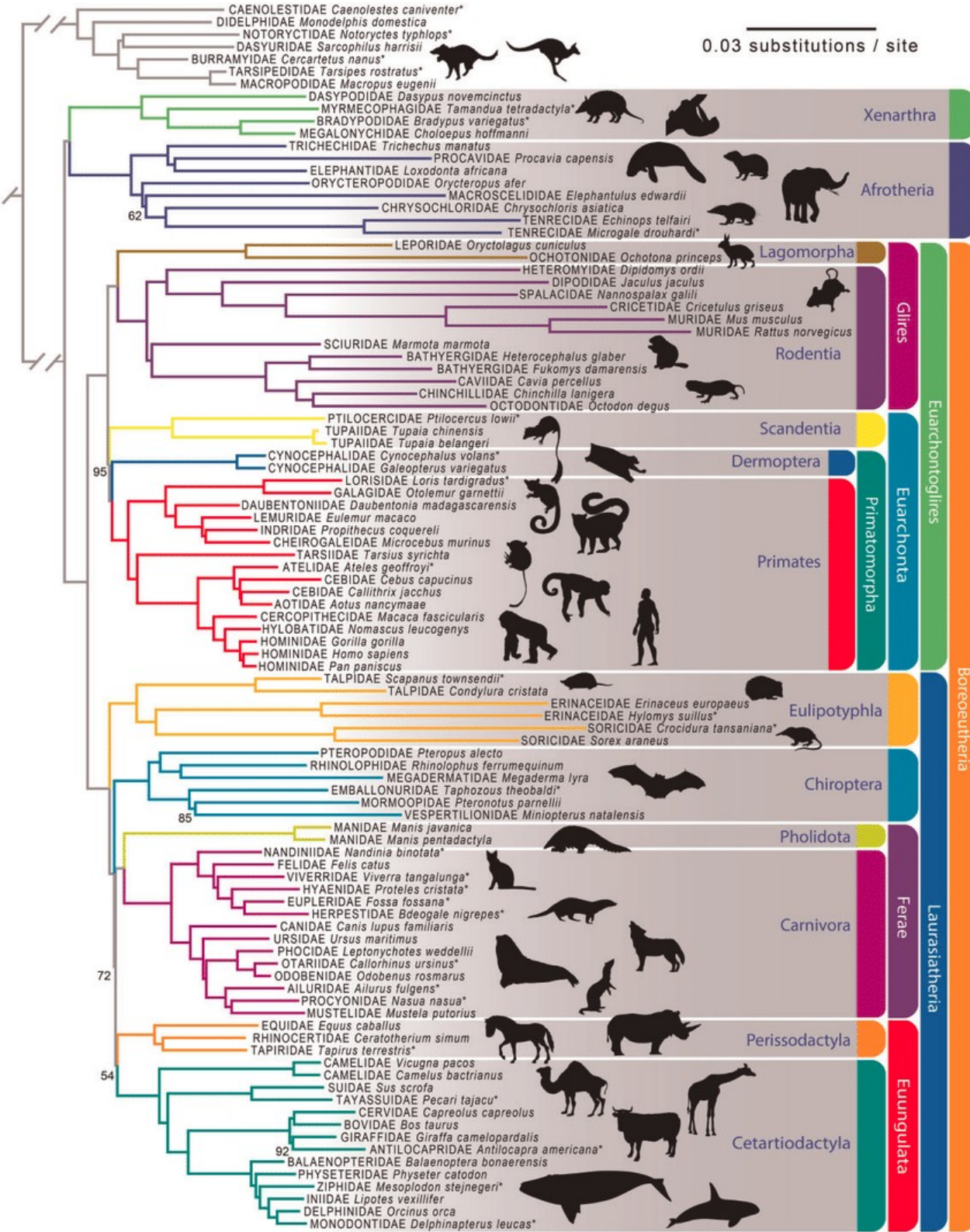
Orobanchaceae

Le principe de la classification actuelle est que tous les groupes considérés comme valides sont **monophylétique**

→ Les espèce qui appartiennent à un même groupe sont forcément plus proches entre elles qu'elles ne le sont d'espèces n'appartenant pas à ce groupe



Ainsi, toute espèce, genre, famille, ordre, classe, embranchement, règne doit constituer un groupe monophylétique



Exemple des différents ordres de mammifères

Le principe de la classification actuelle est que tous les groupes considérés comme valides sont **monophylétique**

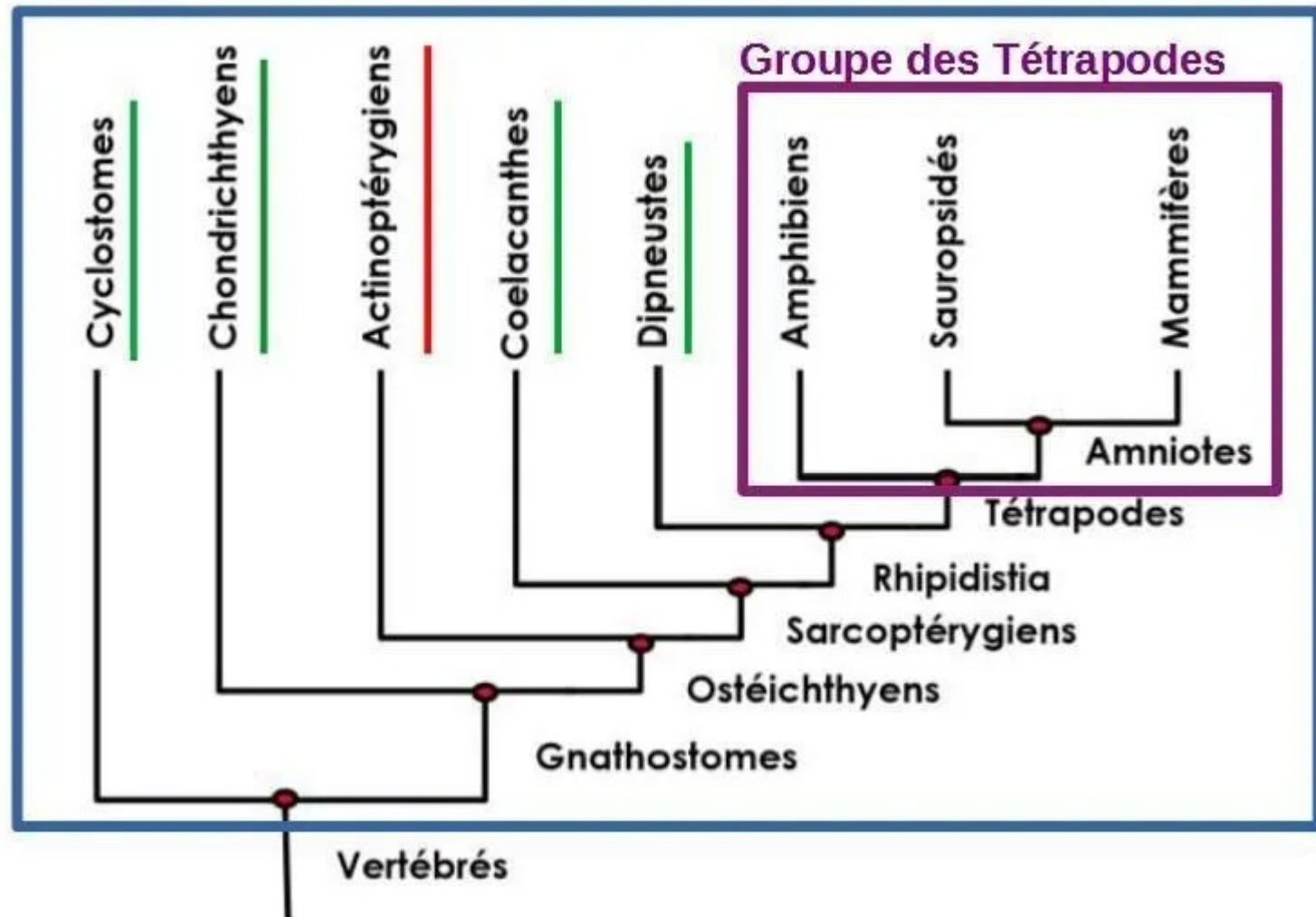
→ Les espèce qui appartiennent à un même groupe sont forcément plus proches entre elles qu'elles ne le sont d'espèces n'appartenant pas à ce groupe



Ainsi, toute espèce, genre, famille, ordre, classe, embranchement, règne doit constituer un groupe monophylétique

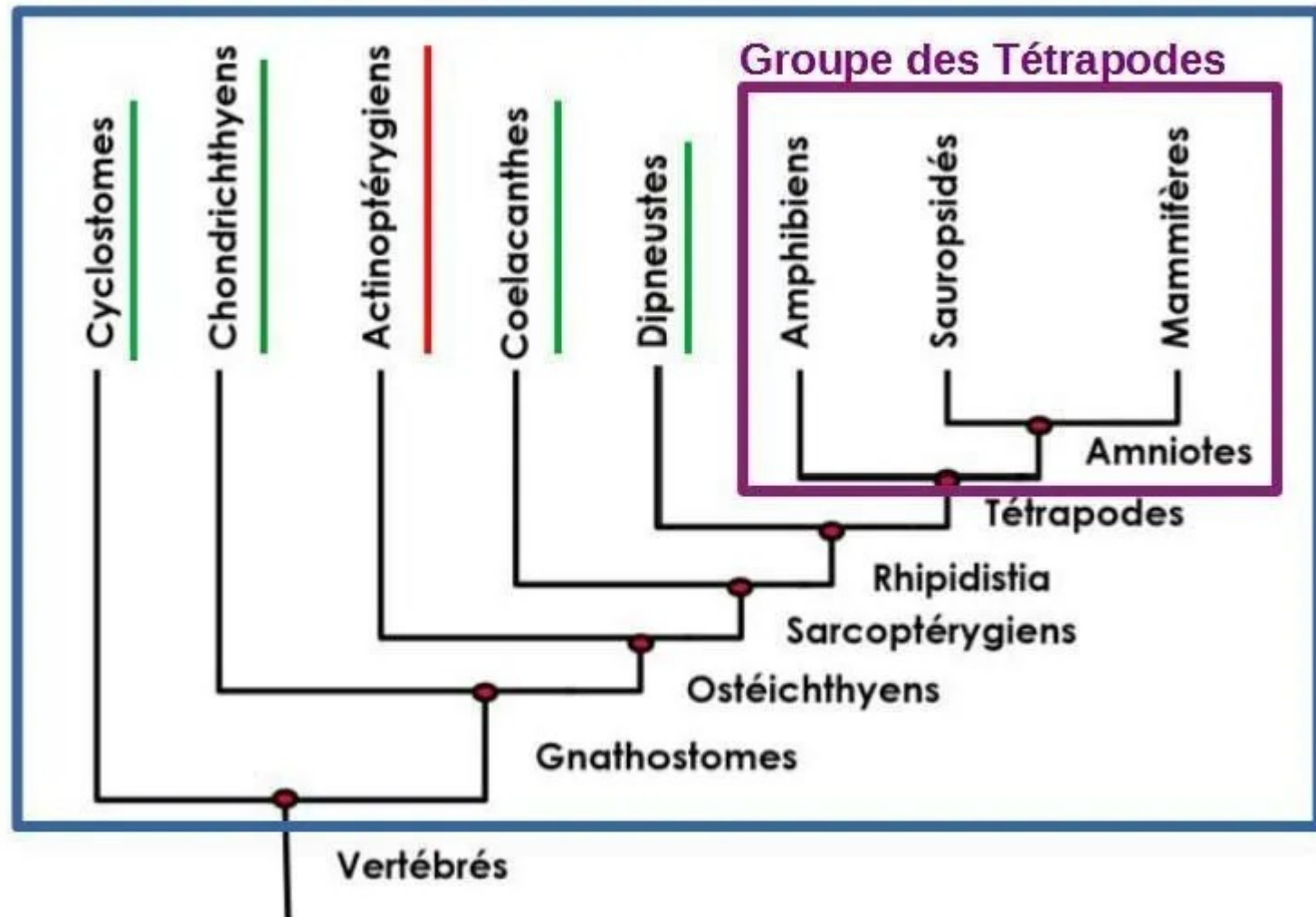
Attention, cela ne signifie pas que des groupe non-monophylétique n'ont pas de sens biologique

Groupe des Vertébrés



Exemple des poissons : groupe ?

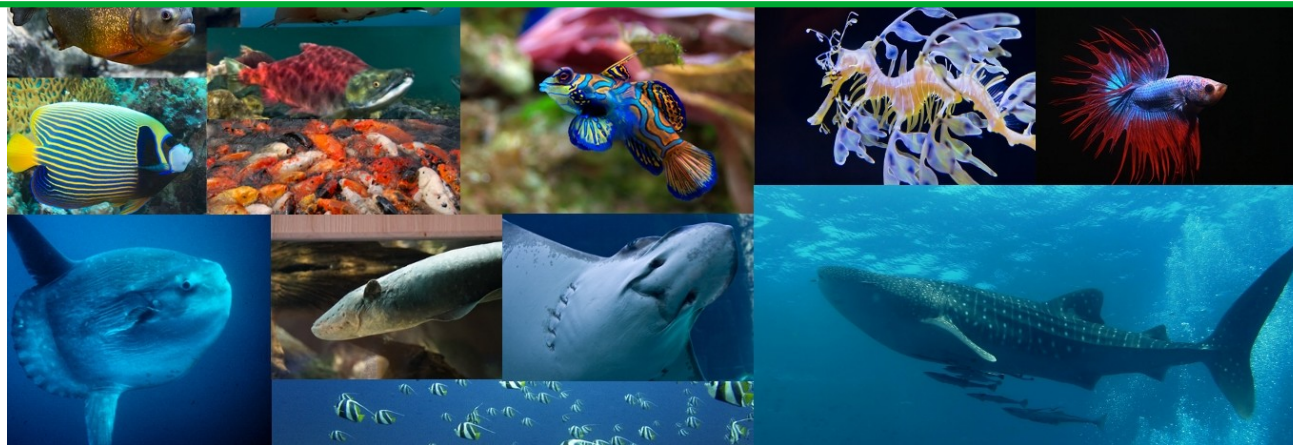
Groupe des Vertébrés



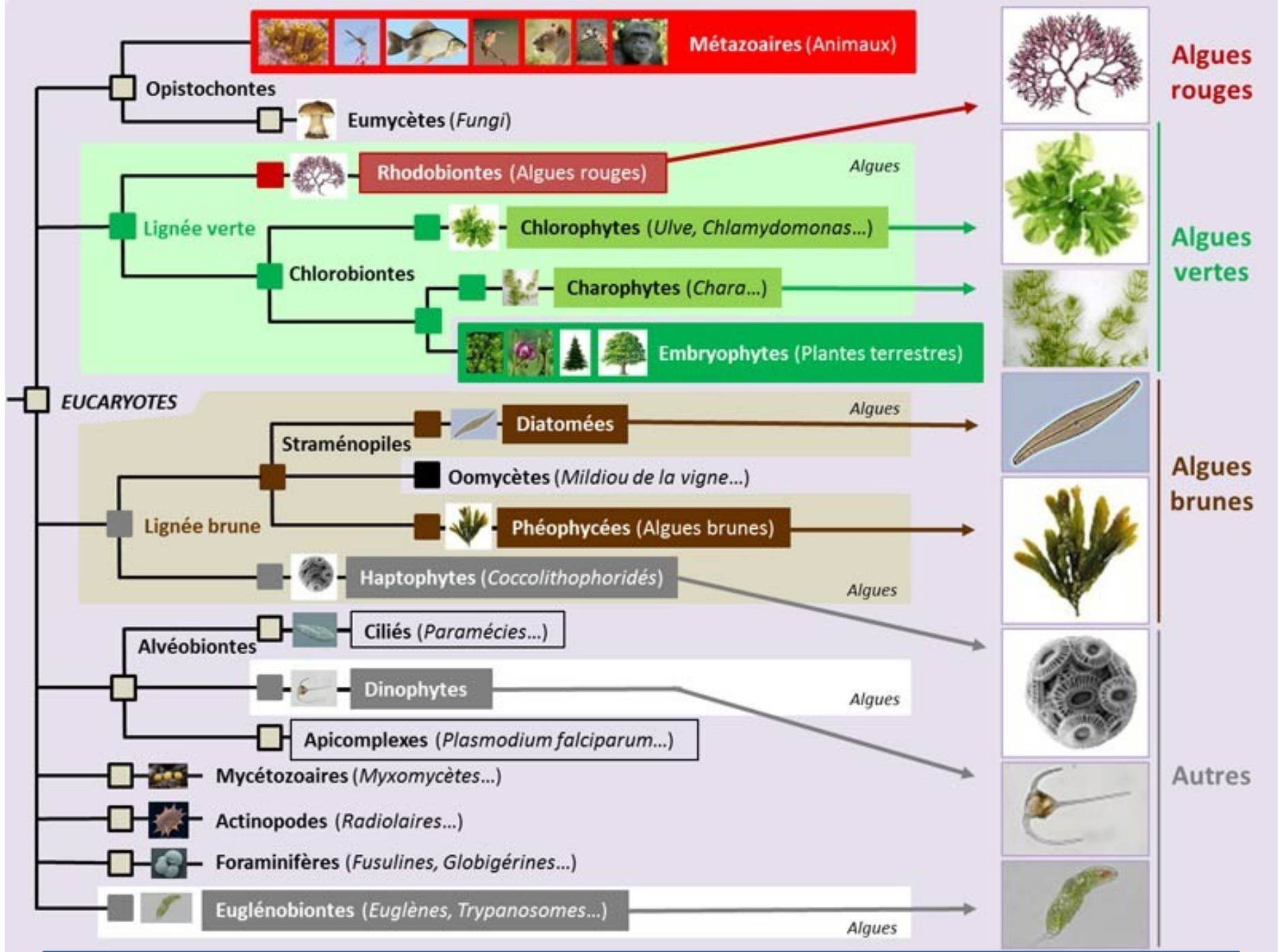
Exemple des poissons : groupe paraphylétique



Poisson est donc un groupe qui est invalide dans le cadre de la classification, mais qui peut-être tout à fait justifié en écologie par exemple



Or, toutes ces espèces présentent de nombreux points communs, notamment physiologiques, morphologiques, écologiques, ...



Même principe pour le groupe des algues, rôle écologique semblable pour des organismes phylogénétiquement distincts

Bilan

- La diversification du vivant par des phénomènes successifs de spéciation
- La classification la plus pertinente est de classer les organismes en fonction de leur degré de parenté
- La reconstruction des degré de parenté passe par la reconstruction d'arbres phylogénétique (notamment sur bases de données moléculaires)
- Les différents groupes considérés comme valables pour classer les organismes sont forcément des groupes monophylétiques
- La classification actuelle consiste à placer des rangs taxonomiques sur des groupes monophylétiques, de manière plus ou moins arbitraire quant à la définition des groupes

Introduction

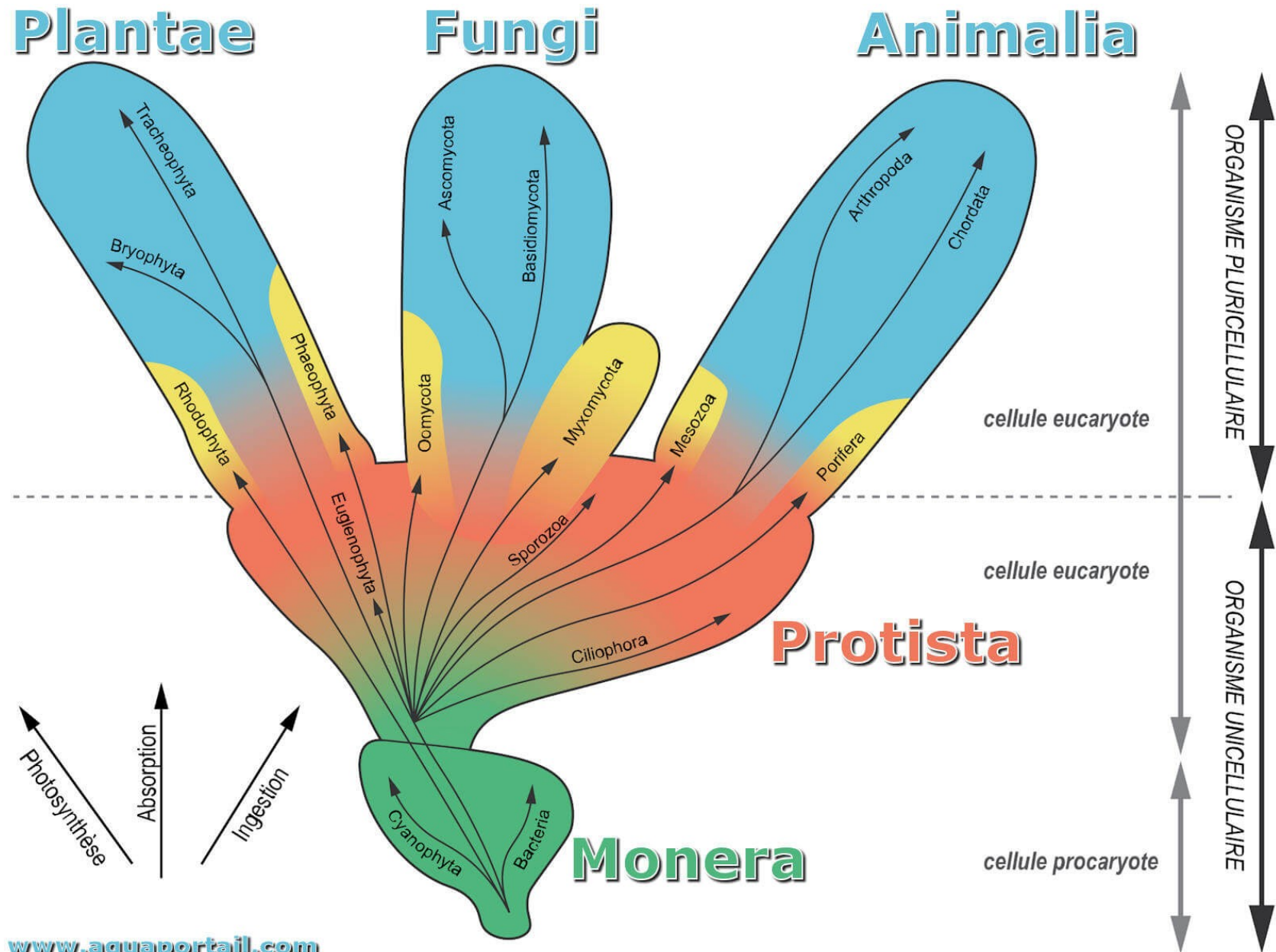
I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

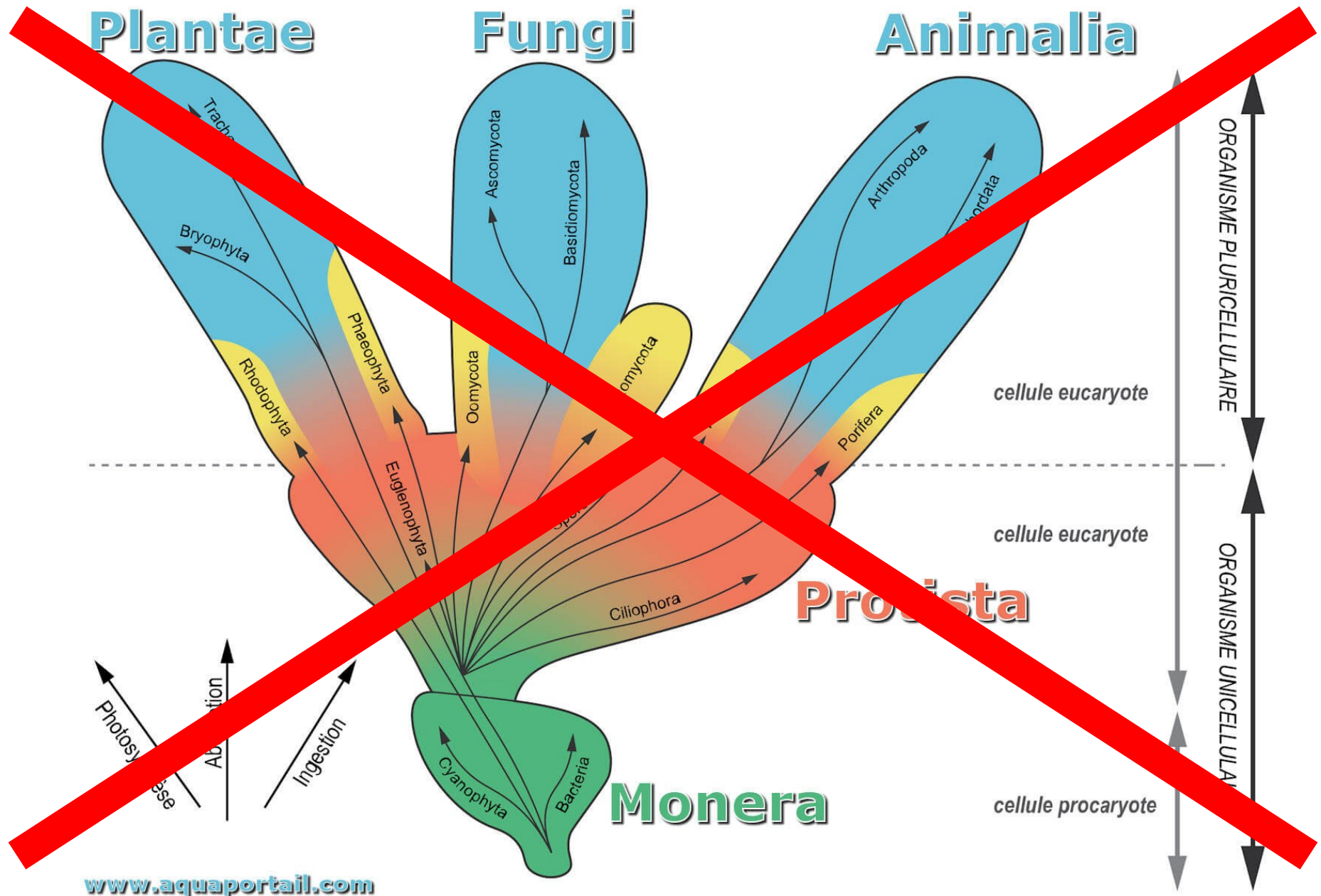
III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

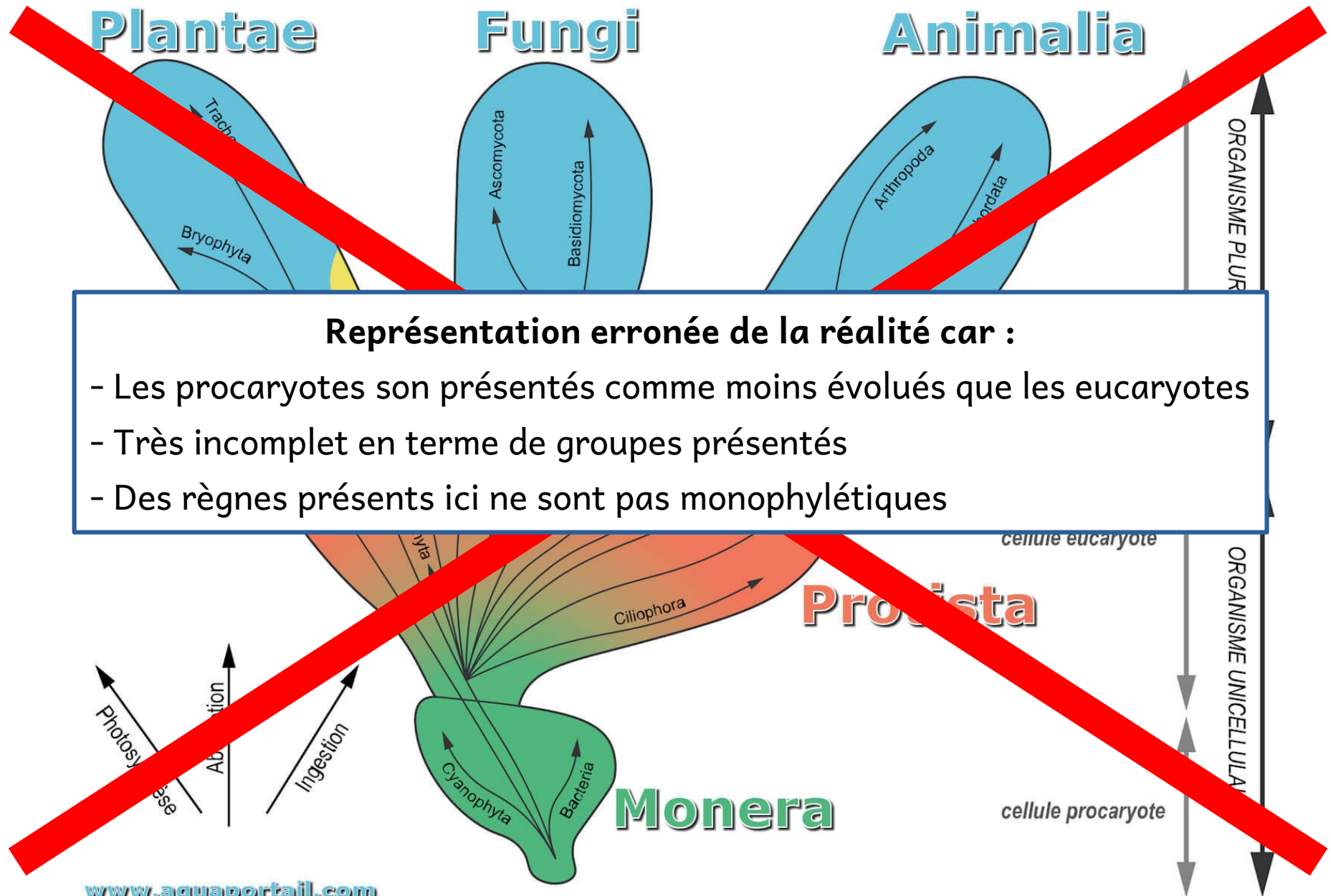
Grands groupes d'êtres vivants sur Terre ?



Grands groupes d'êtres vivants sur Terre ?



Grands groupes d'êtres vivants sur Terre ?



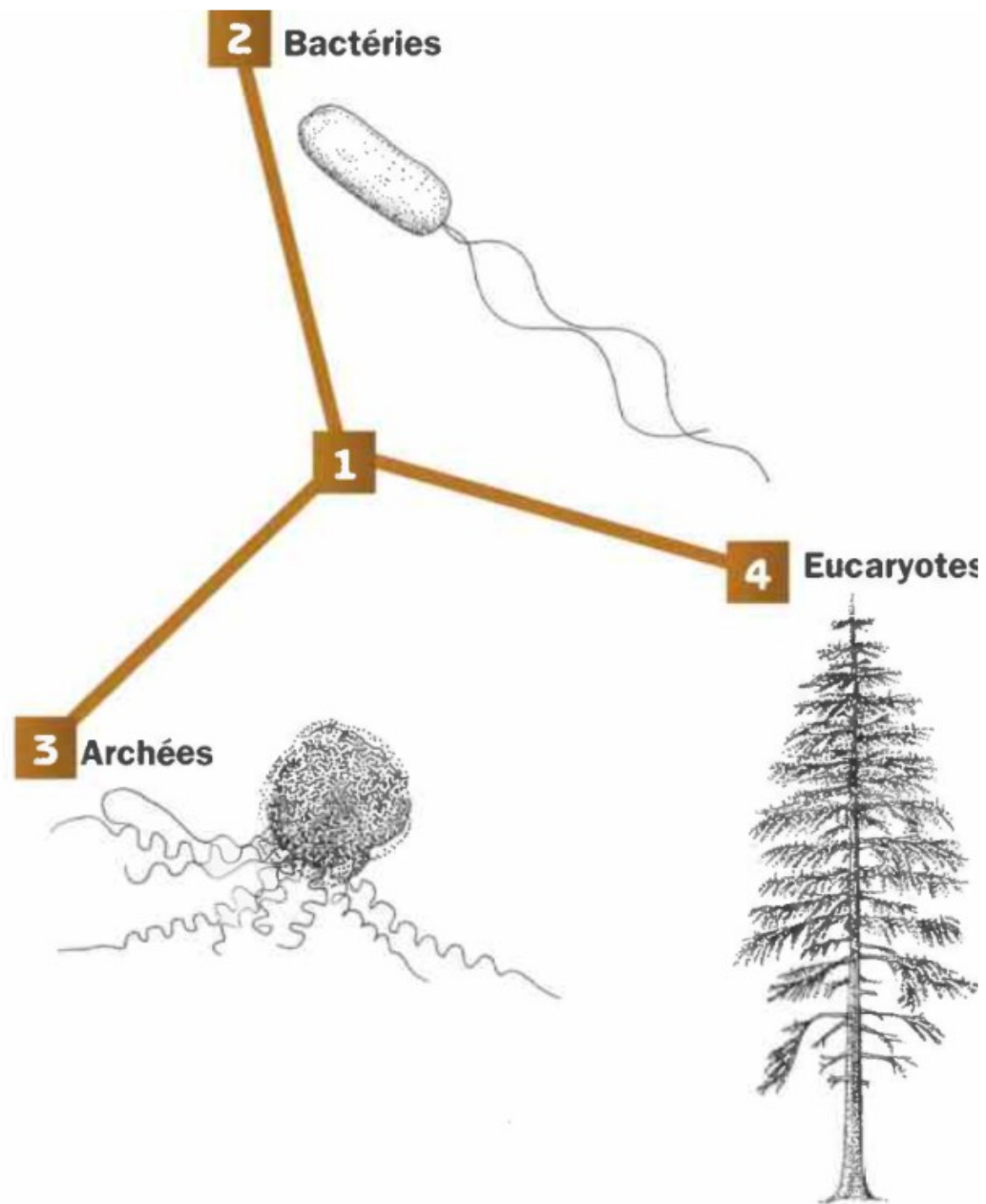


Figure 5. Les trois domaines du vivant tels que nous les avons représentés dans la première édition de la *Classification phylogénétique du vivant* (2001).

De quoi cet arbre manque-t-il ?

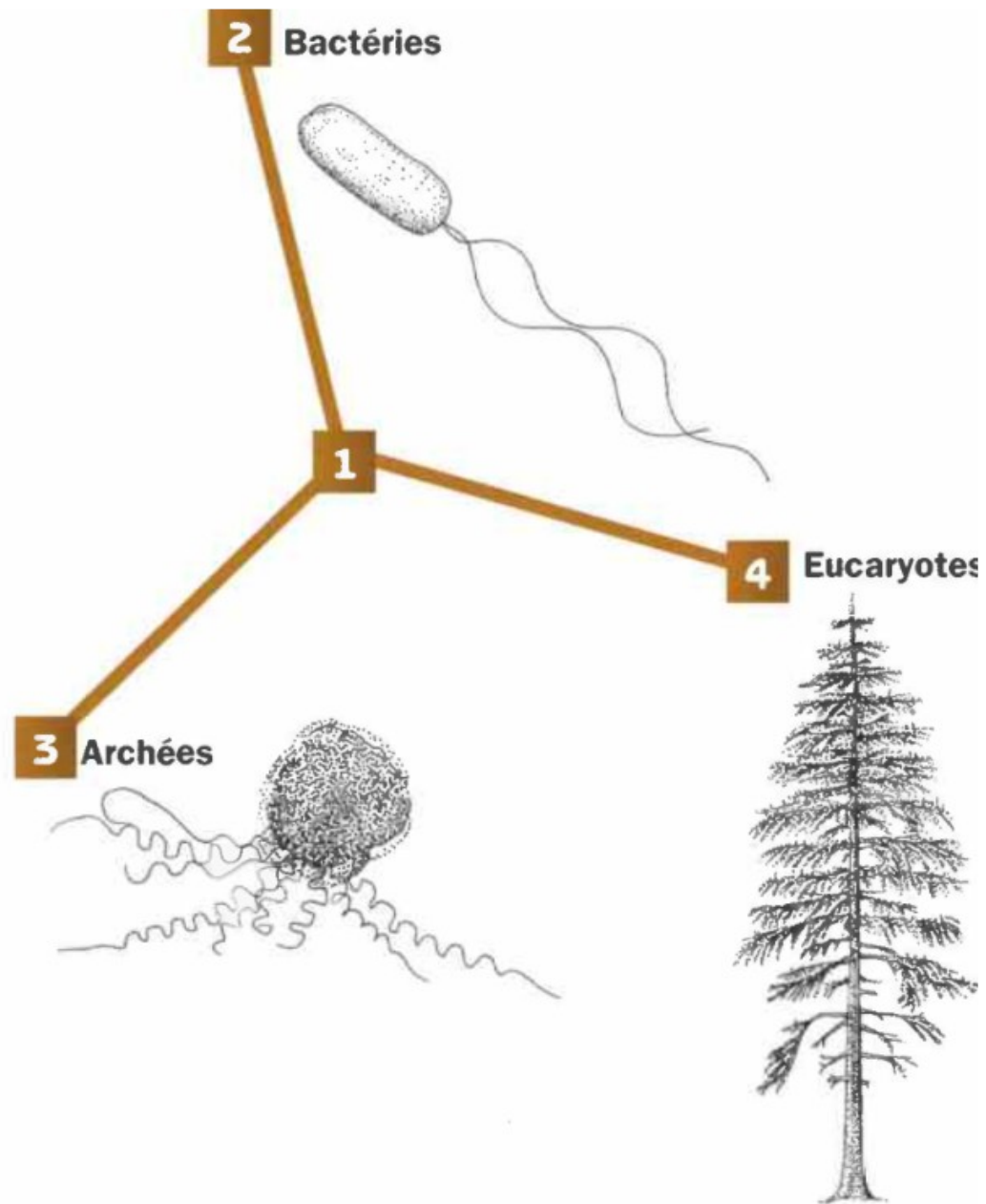


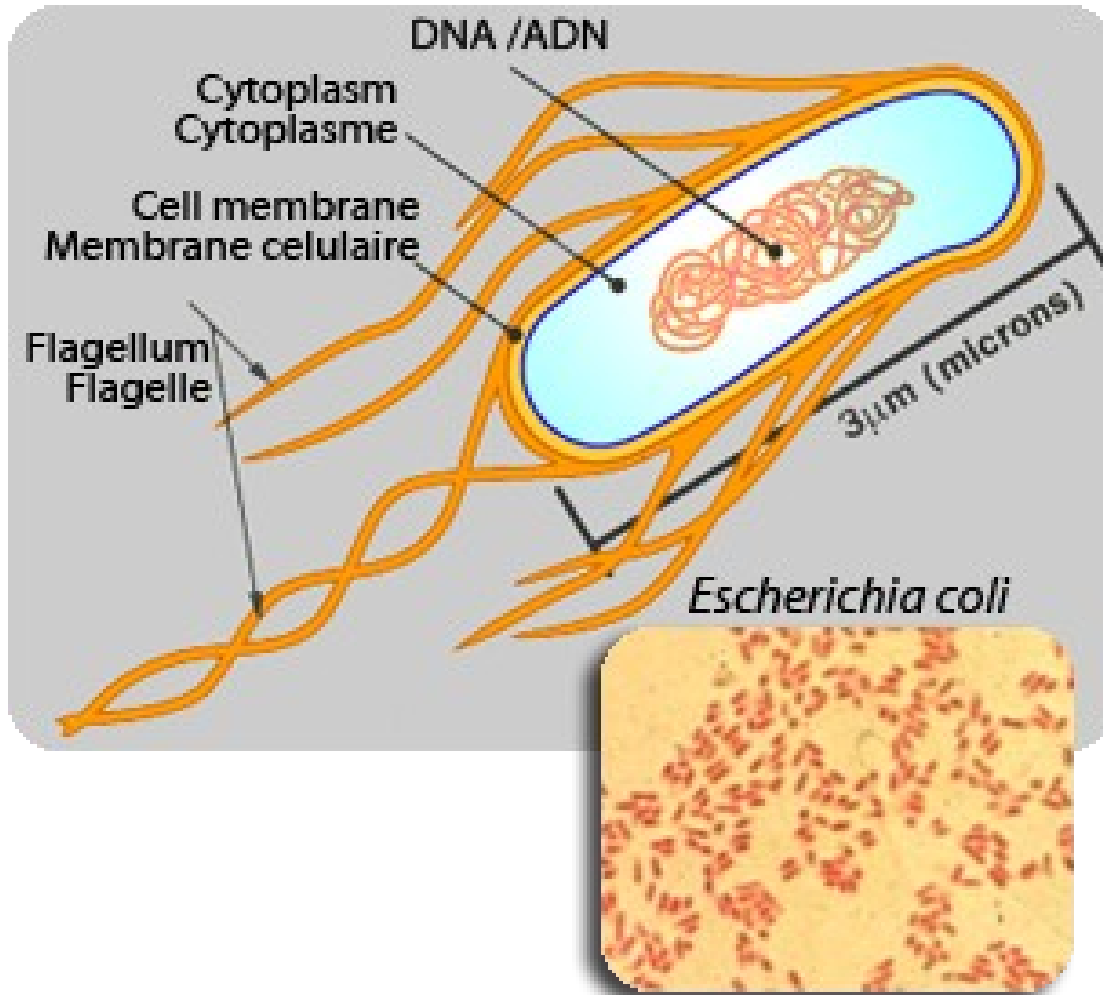
Figure 5. Les trois domaines du vivant tels que nous les avons représentés dans la première édition de la *Classification phylogénétique du vivant* (2001).

De quoi cet arbre manque-t-il ? → Arbre non raciné

Cellules procaryotes : Archées + Bactéries

Organisation interne : pas de compartiments

Organismes unicellulaires

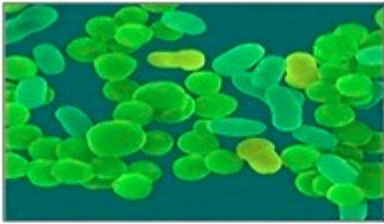
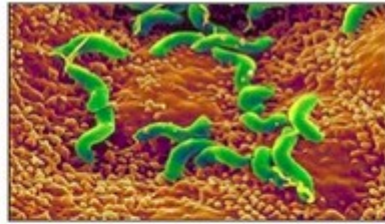
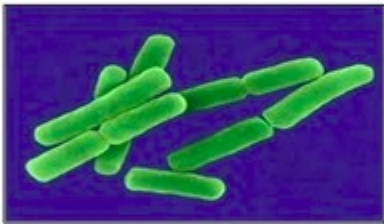
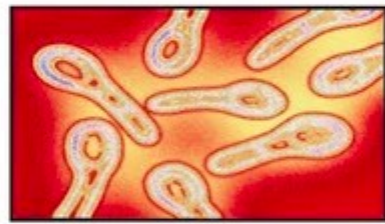
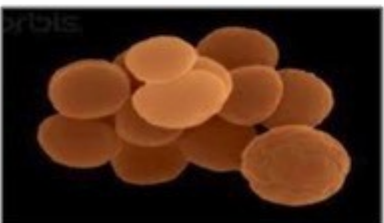
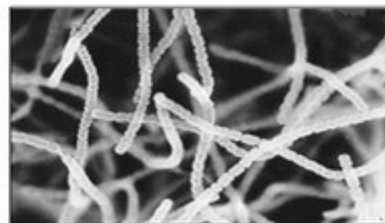


Tout le contenu cellulaire est présent dans le cytoplasme

ADN en une molécule
(=chromosome) circulaire
+ de plus petites molécules,
circulaires aussi (=plasmides)

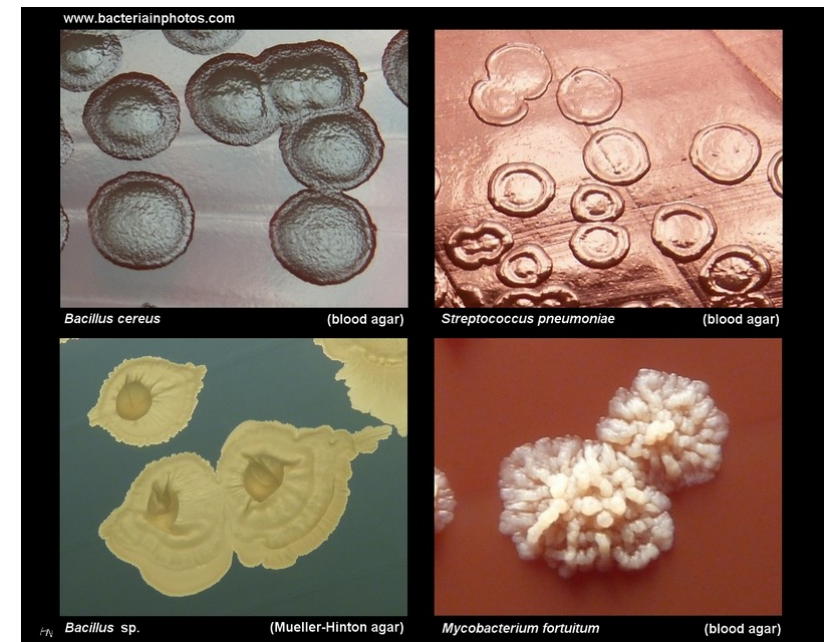
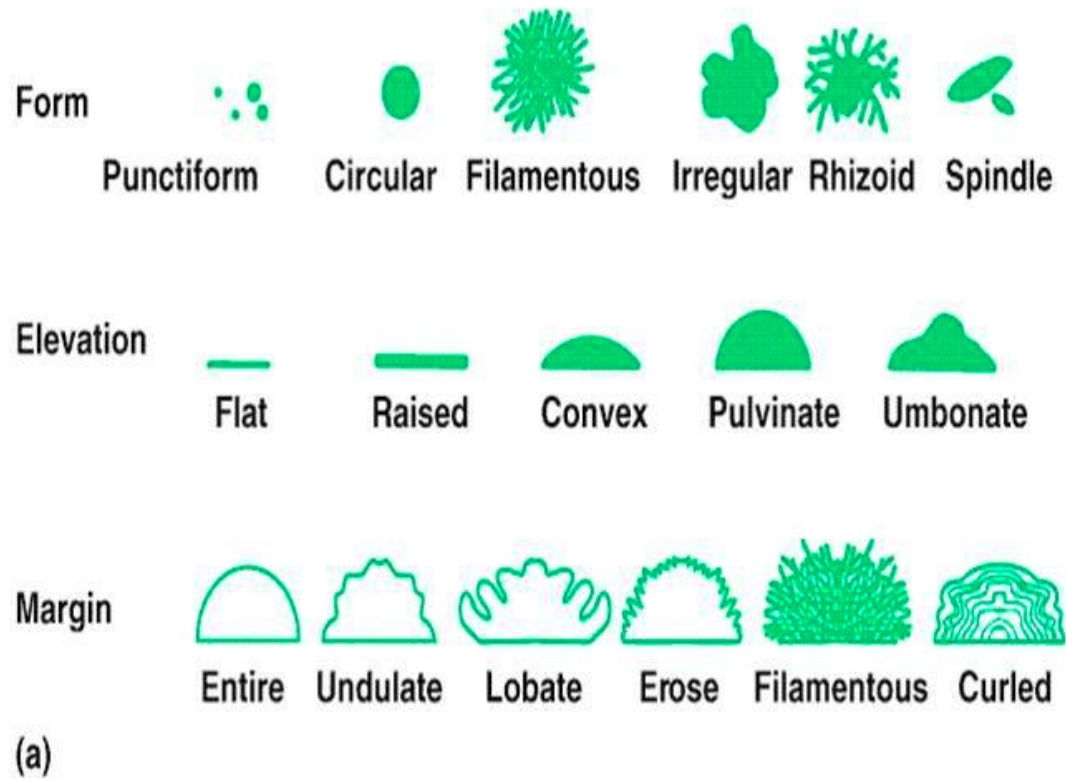
Il existe une immense diversité de bactéries

→ Basée sur leur morphologie

Circulaires (Coccus)	Bâtonnets (Bacilles)	Courbés	Autres formes
 Diplo- (par paire)	 Coccobacilles (ovales)	 Vibrio (bâtonnets courbés)	 Helicobacter (en hélice)
 Strepto- (en chaîne)	 Streptobacilles	 Spirilles (spirale)	 Corynebacterium (renflée)
 Staphylo- (en amas)	 Mycobactéries	 Spirochète (spirale)	 Streptomyces (filaments)

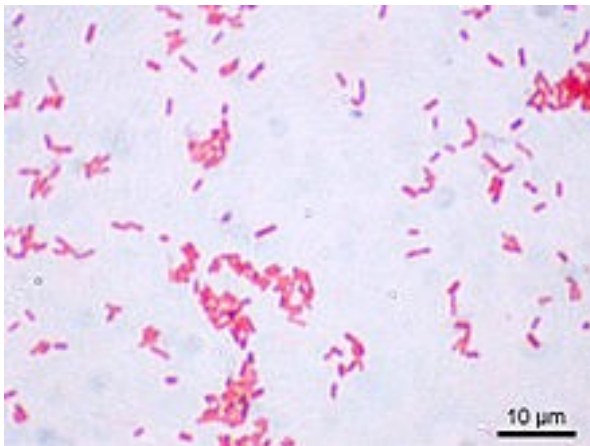
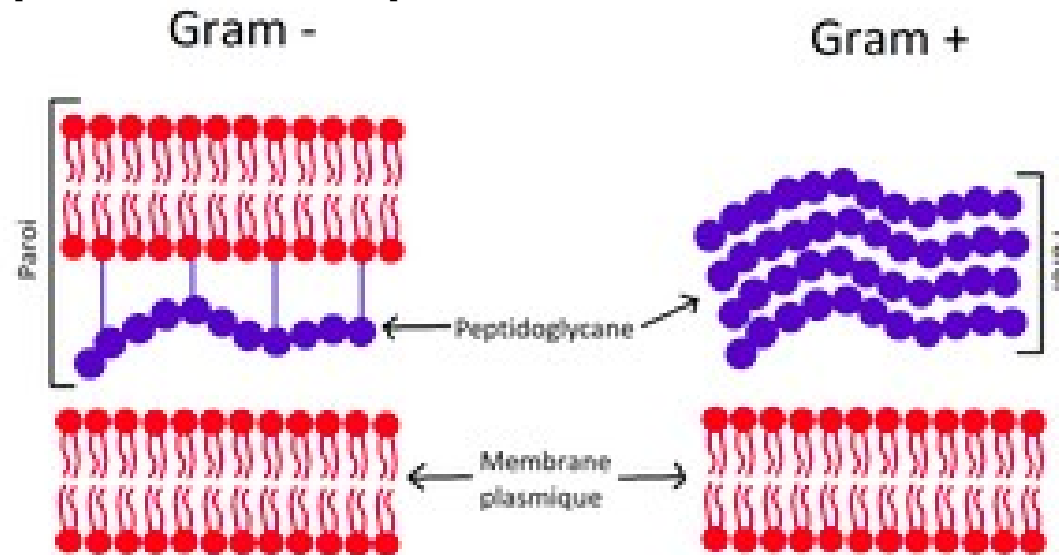
Il existe une immense diversité de bactéries

→ Basée sur la morphologie des colonies

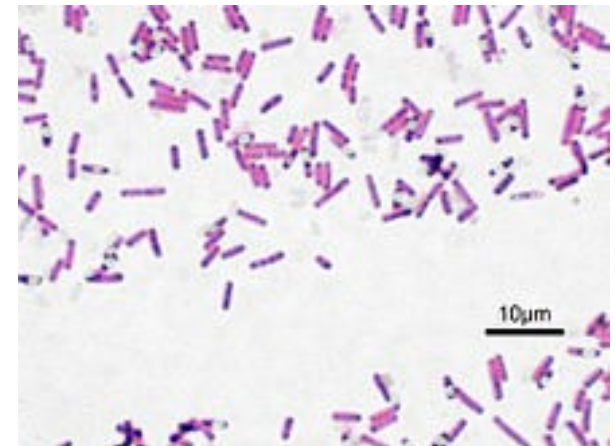


Il existe une immense diversité de bactéries

→ Basée sur la composition de leur paroi



Escherichia coli



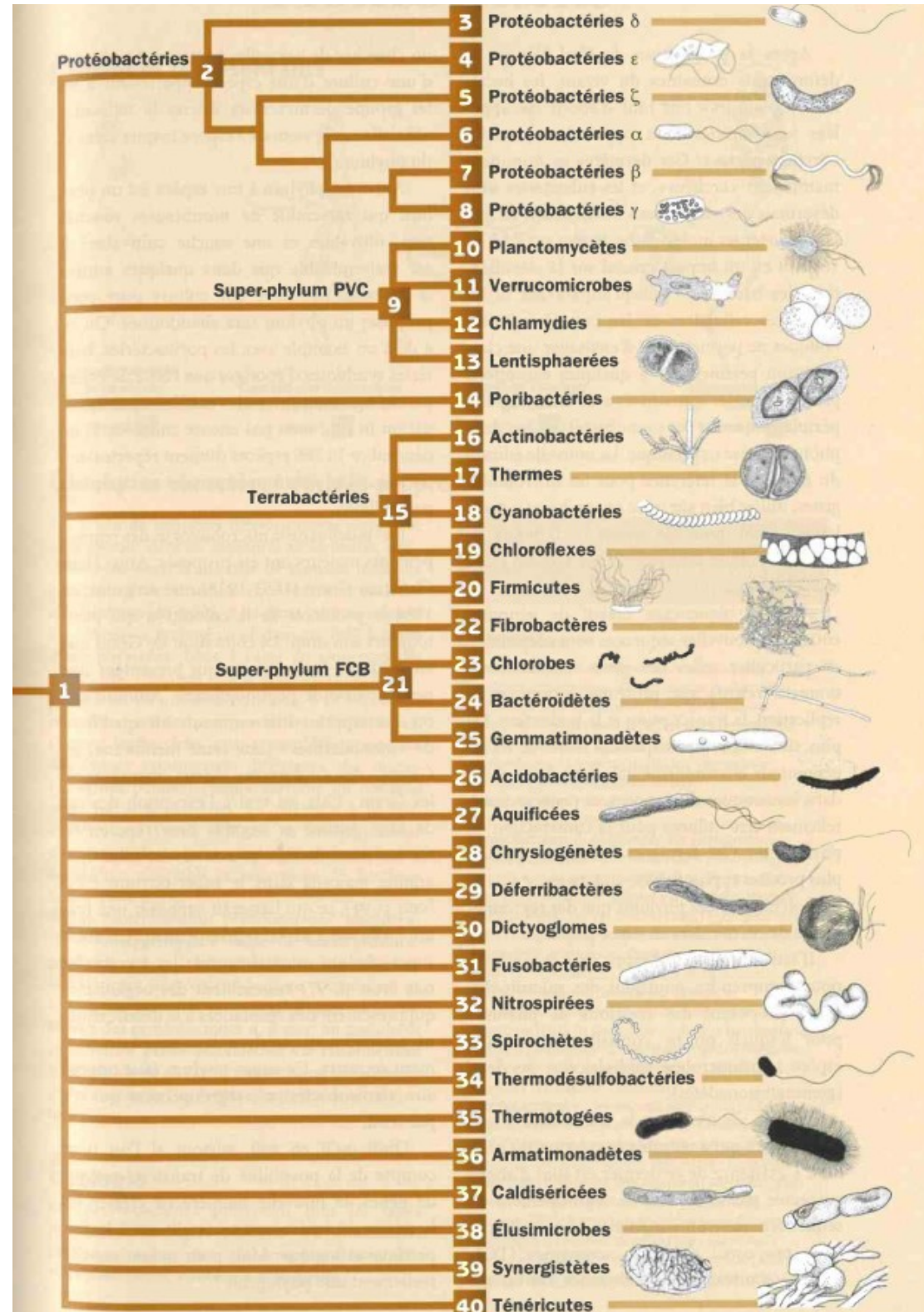
Bacillus subtilis

→ Phylogénies (essentiellement moléculaires) sur cette diversité

Phylogénie des Bactéries

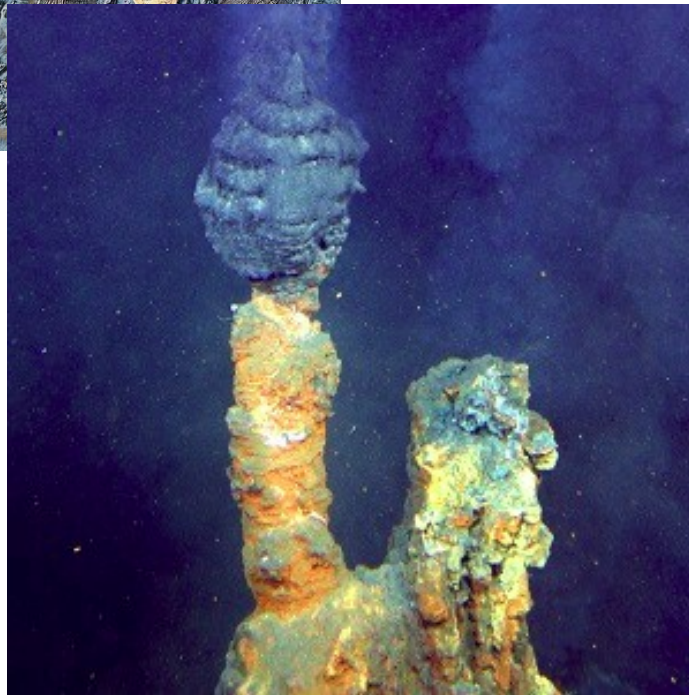
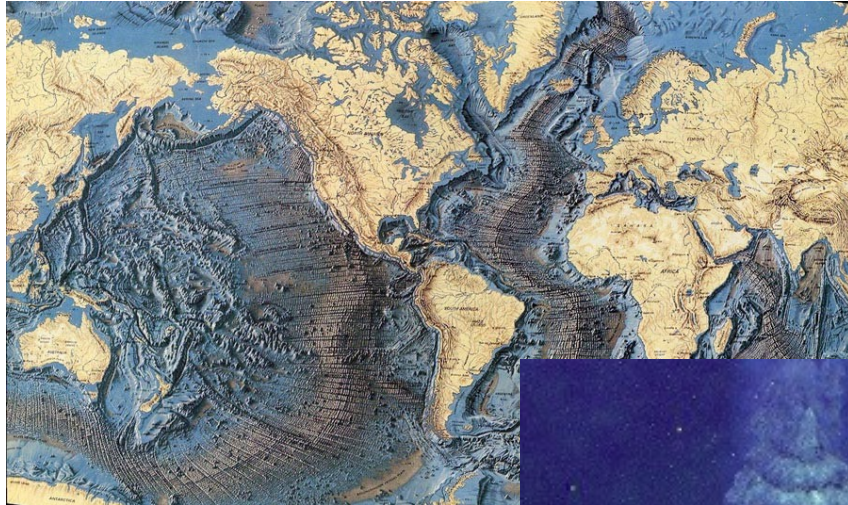
→ Phylogénie non
résolue sur certains
nœuds

→ « **Rateaux** »



Les Archées montrent également une forte diversité

→ Mais elles sont surtout connues comme extrémophiles :
beaucoup d'archées vivent dans des environnements extrêmes

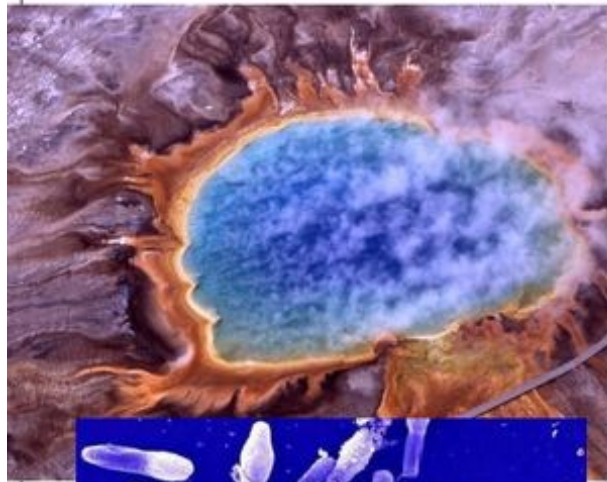


Cheminée hydrothermale : fumeur noir

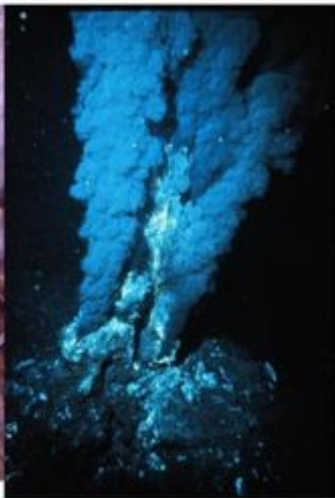
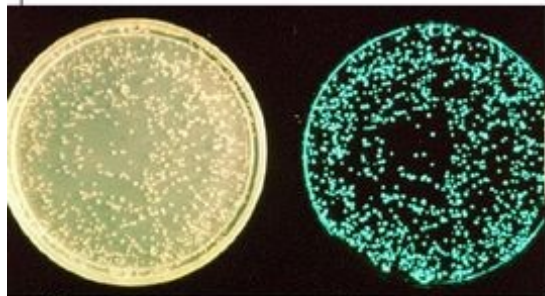
Pyrococcus furiosus



Vit à plus de 100°C, à une
pression de 200 bar environ



Thermophiles (heat lovers)



Psychrophiles (cold lovers)



Acidophiles (Acid lovers)



Halophiles (Salt lovers)



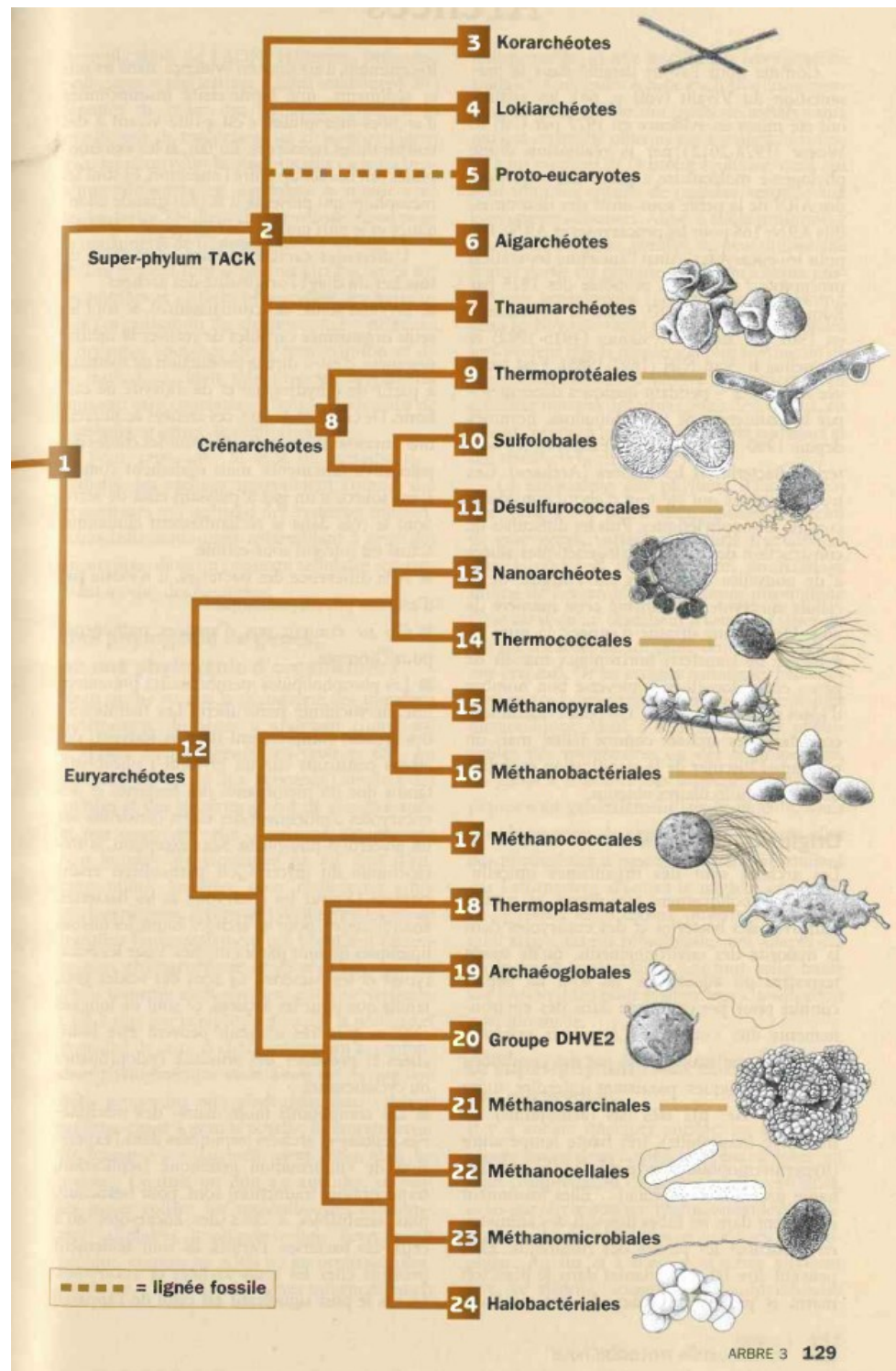
Methanogens (methane making)

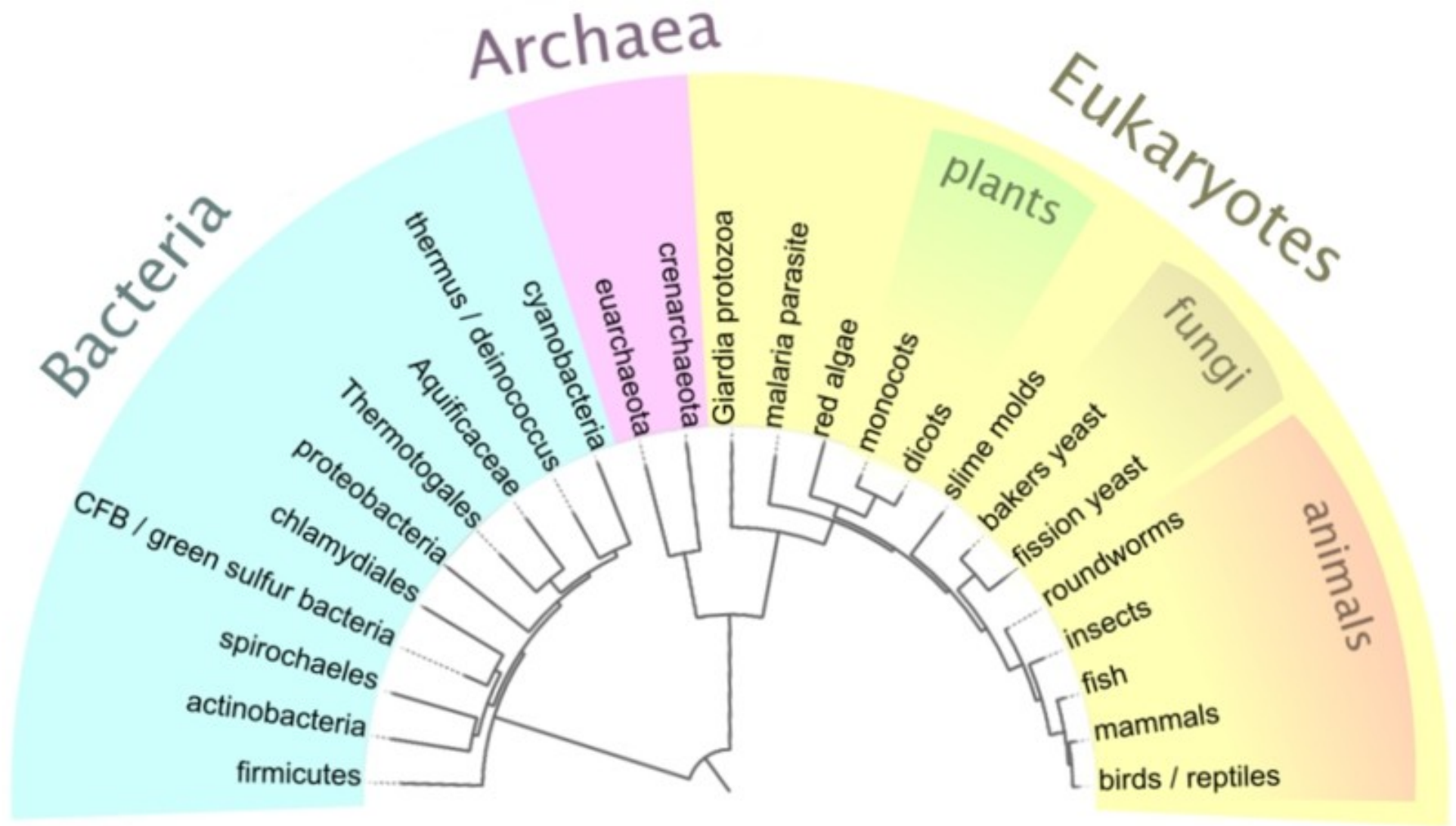
Retrouvées dans des environnements très divers

Phylogénie des Archées

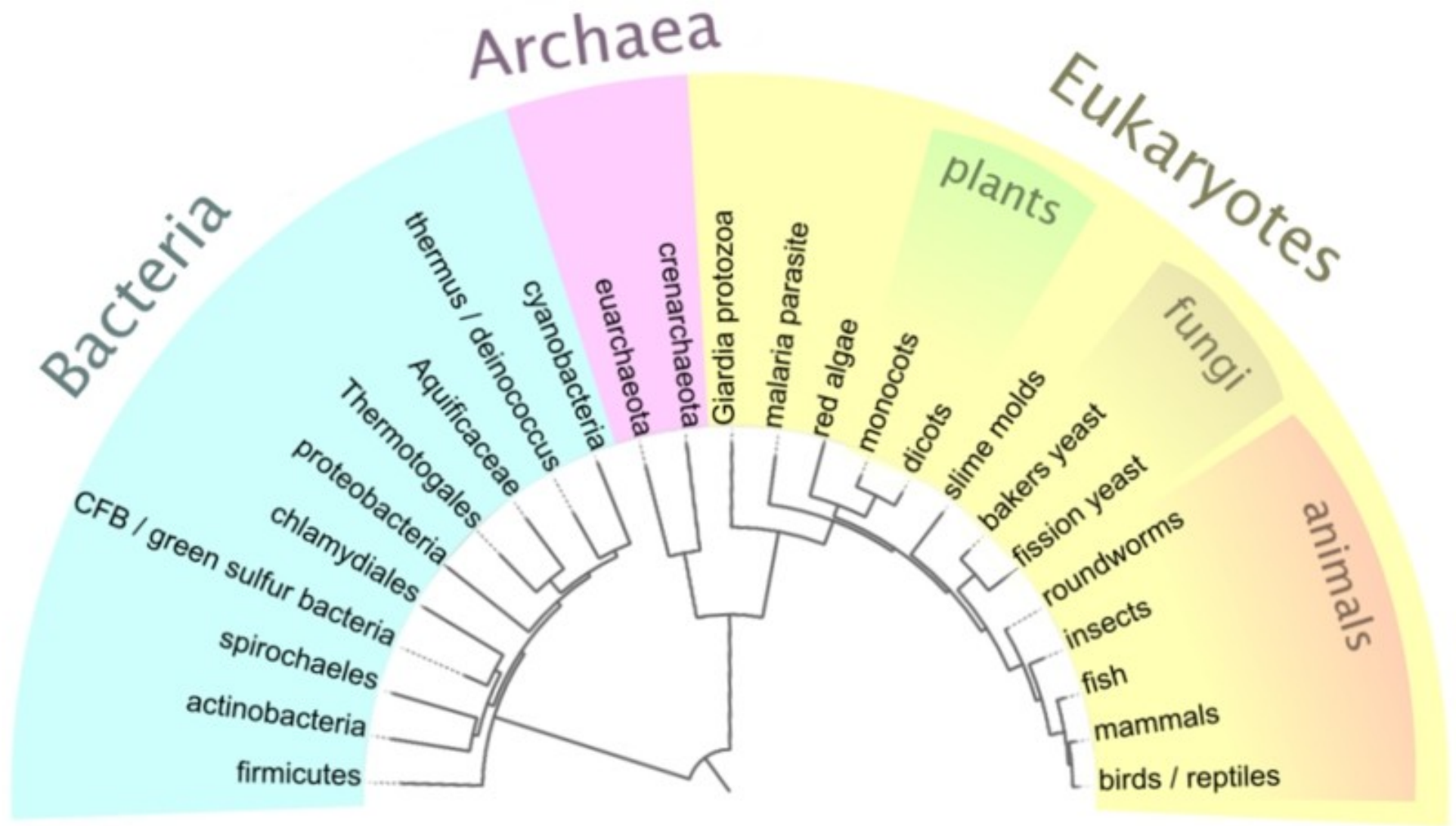
→ Phylogénie non résolue sur certains nœuds

→ « Rateaux »

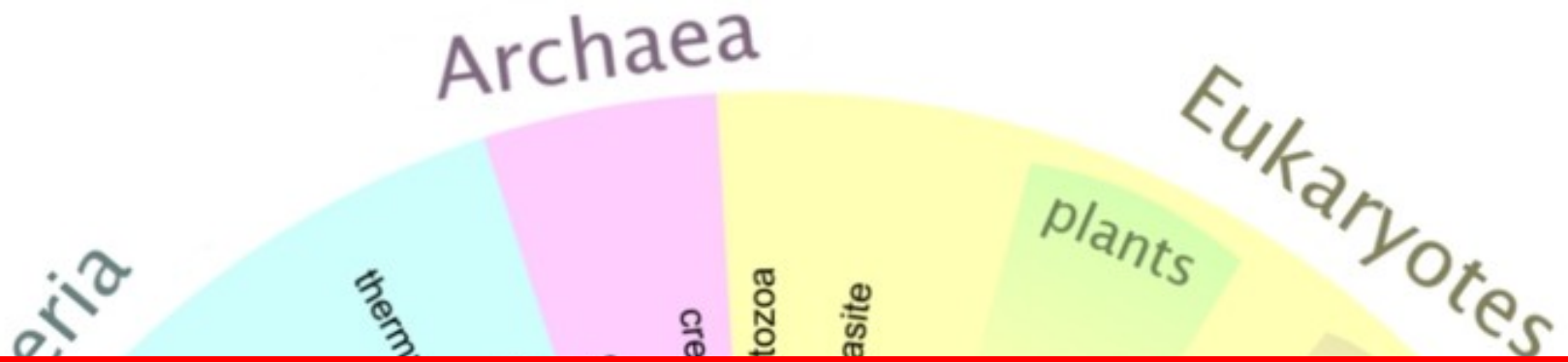




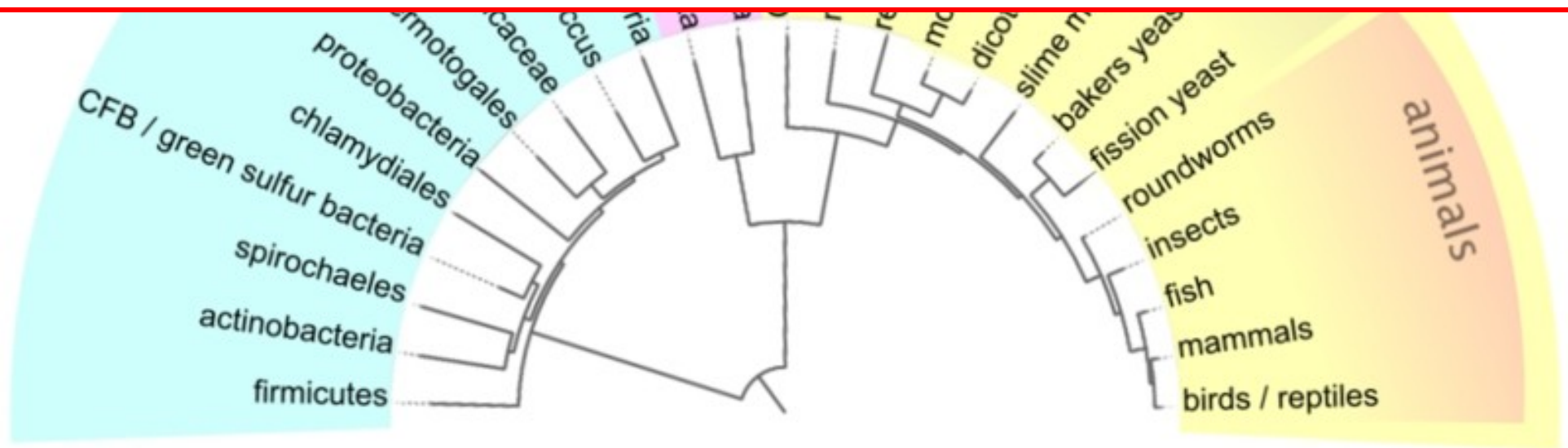
Arbre avec racine cette fois : Que pensez vous du groupe des procaryotes ?



Arbre avec racine cette fois : Que pensez vous du groupe des procaryotes ?
 → Groupe **paraphylétique**, donc non valable dans la classification actuelle



Attention : Autre problème, ce modèle d'arbre suppose une séparation stricte entre les branches

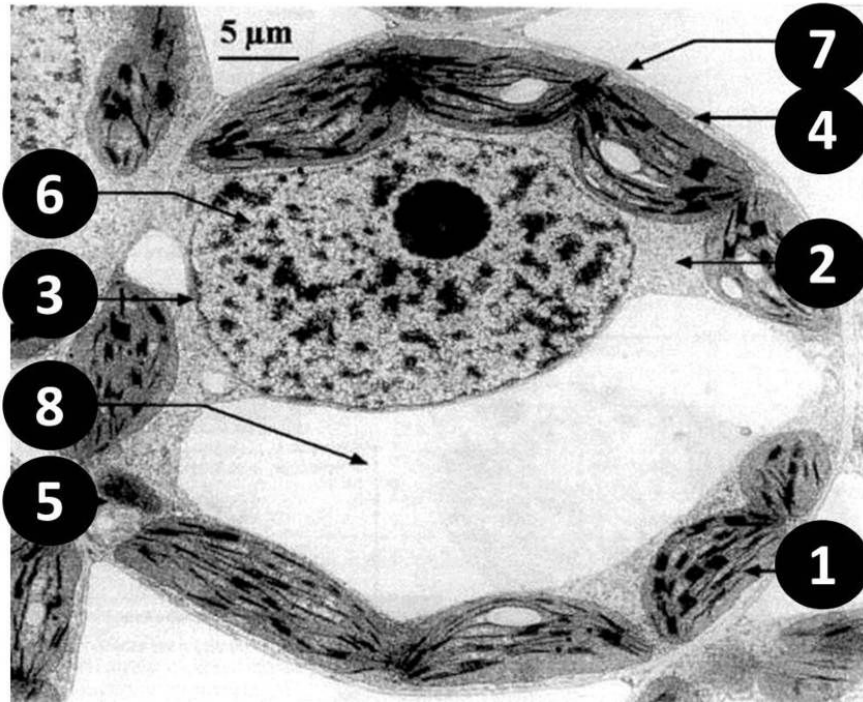


Arbre avec racine cette fois : Que pensez vous du groupe des procaryotes ?
→ Groupe **paraphylétique**, donc non valable dans la classification actuelle

Cellules eucaryotes

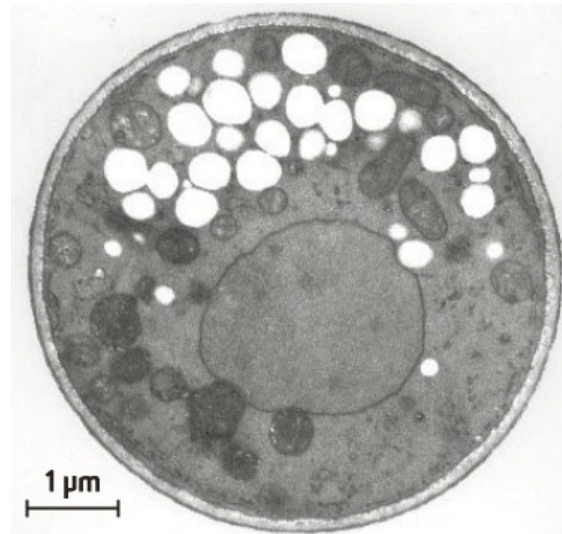
Cellules compartimentées

Organismes unicellulaires ou pluricellulaires



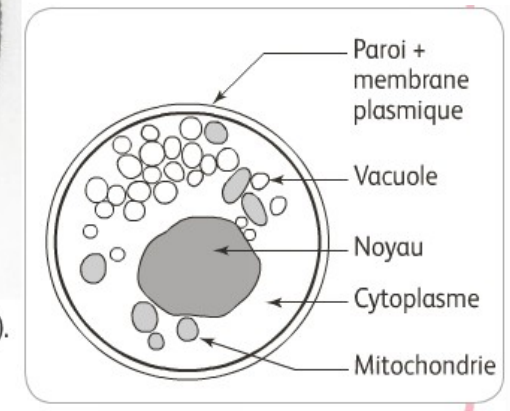
Cellule végétale

- Légendes
1. Chloroplaste
 2. Cytoplasme
 3. Enveloppe nucléaire
 4. Membrane cellulaire
 5. Mitochondrie
 6. Noyau
 7. Paroi cellulaire
 8. Vacuole

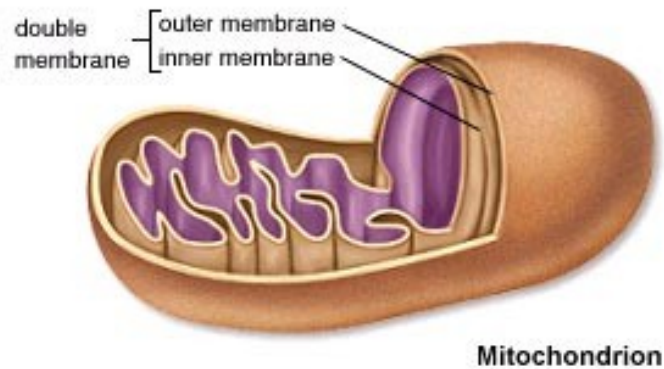
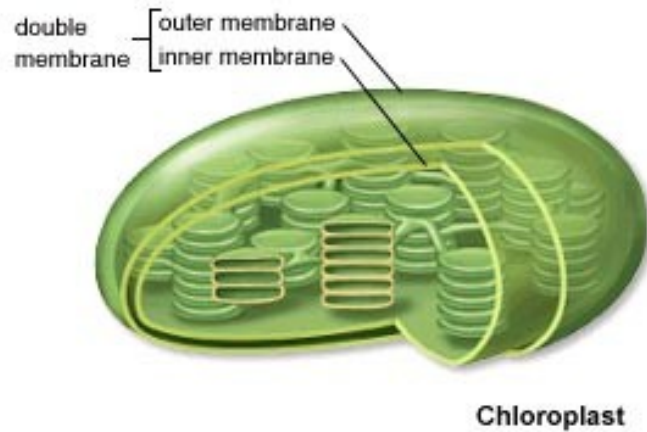


 **Levure *Saccharomyces cerevisiae* (MET).**
Sa paroi cellulaire possède une composition différente de la paroi des cellules végétales.

Levure du boulanger

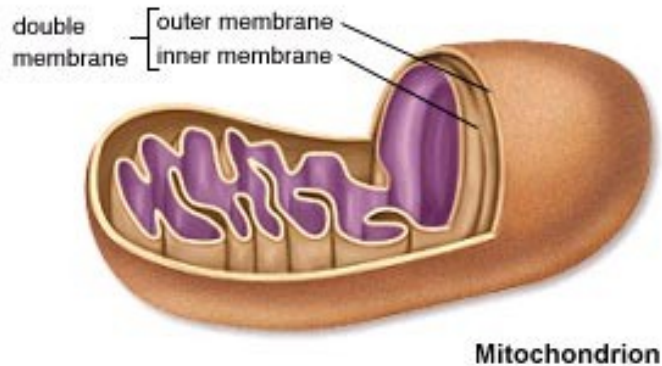
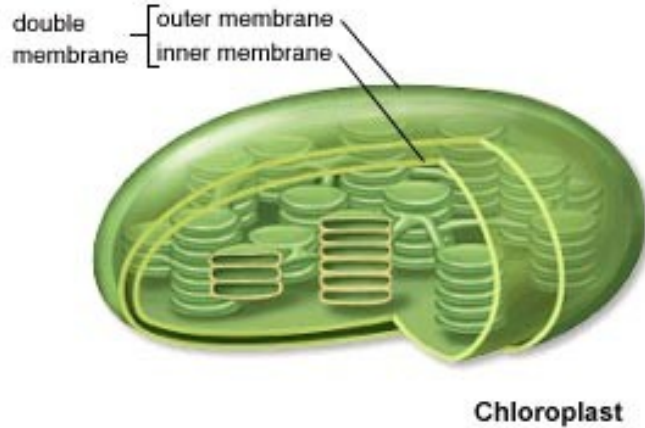


Parmi ces compartiments, la mitochondrie et le chloroplaste



Organites :

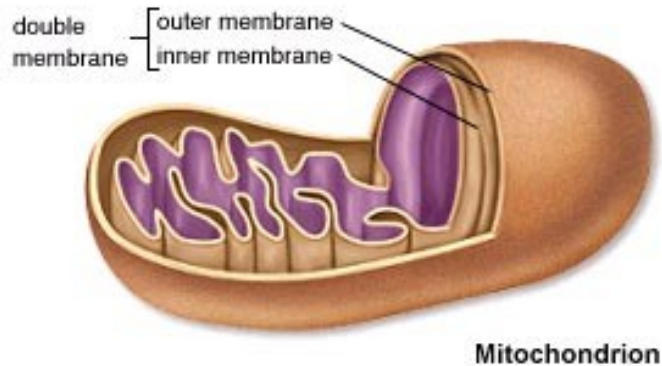
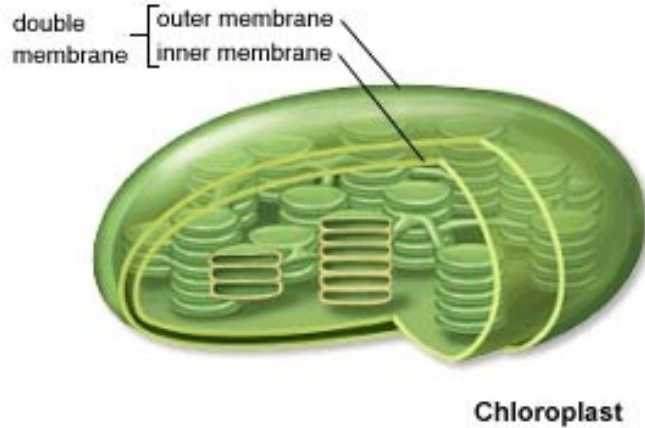
Parmi ces compartiments, la mitochondrie et le chloroplaste



Organites :

- À deux membranes de composition lipidique très différente
 - Membrane interne de composition plus proche d'une membrane bactérienne

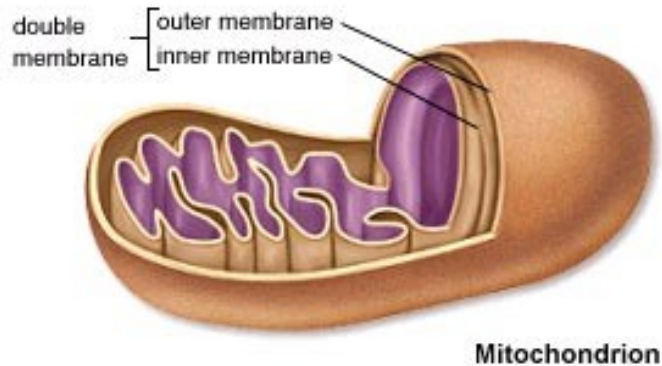
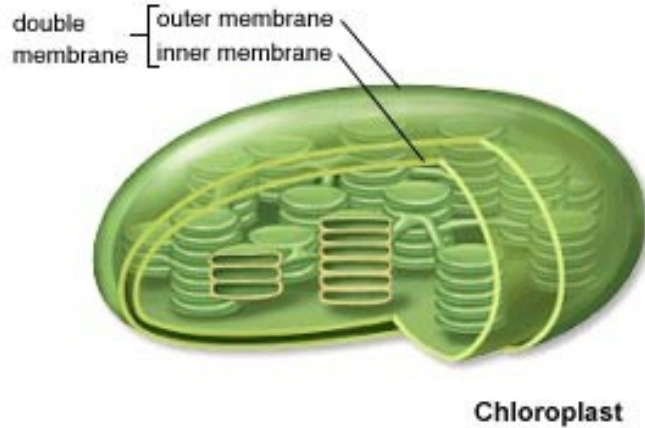
Parmi ces compartiments, la mitochondrie et le chloroplaste



Organites :

- À deux membranes de composition lipidique très différente
 - Membrane interne de composition plus proche d'une membrane bactérienne
- Possédant un ADN circulaire

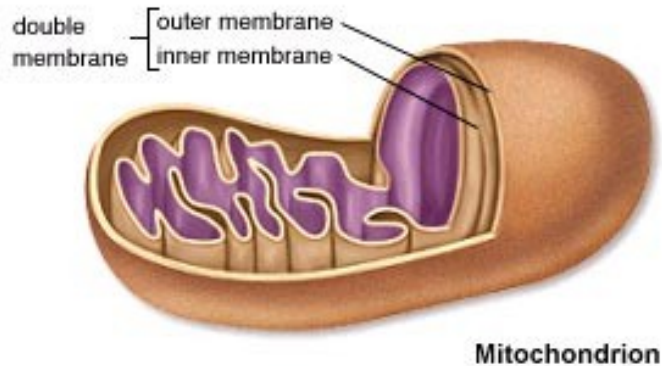
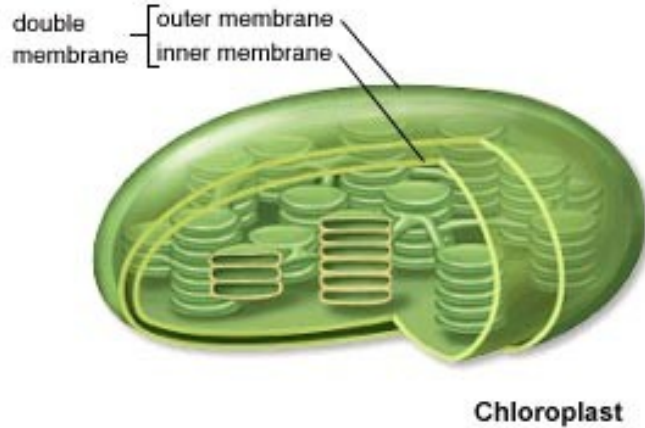
Parmi ces compartiments, la mitochondrie et le chloroplaste



Organites :

- À deux membranes de composition lipidique très différente
 - Membrane interne de composition plus proche d'une membrane bactérienne
- Possédant un ADN circulaire
- Formation par division, si une cellule perd ses chloroplastes, ils ne peuvent se reformer
- ...

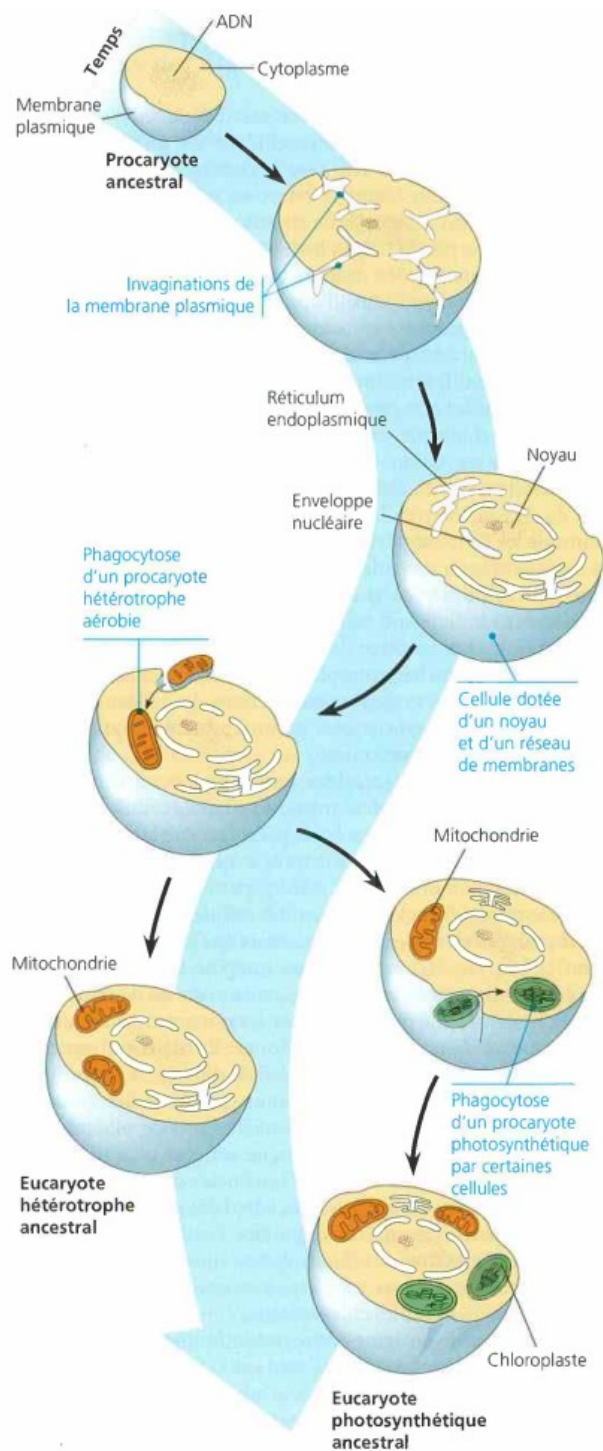
Parmi ces compartiments, la mitochondrie et le chloroplaste



Organites :

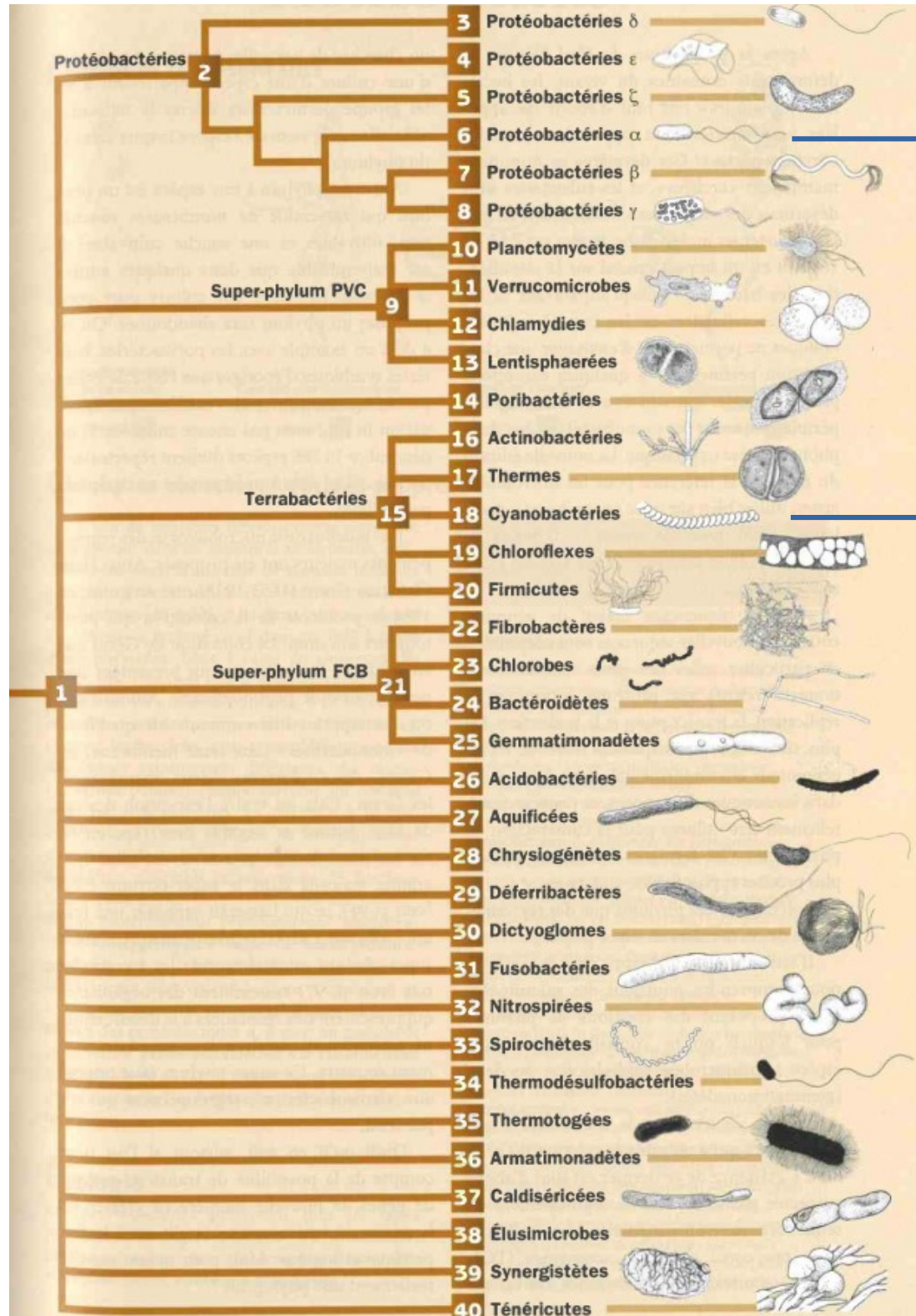
- À deux membranes de composition lipidique très différente
 - Membrane interne de composition plus proche d'une membrane bactérienne
- Possédant un ADN circulaire
- Formation par division, si une cellule perd ses chloroplastes, ils ne peuvent se reformer
- ...

Théorie endosymbiotique



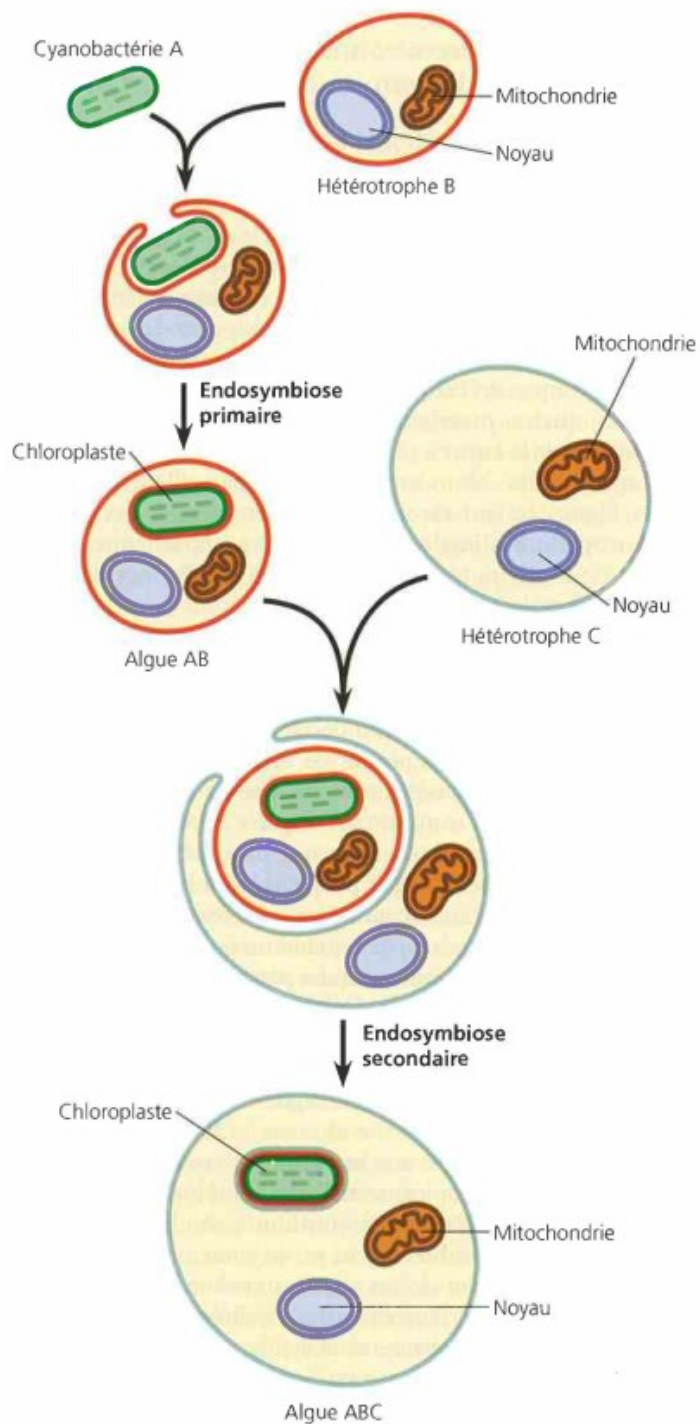
Apparition des mitochondries puis des chloroplastes par phagocytose interrompue de bactéries

FIGURE 28.4 Un modèle de l'origine des Eucaryotes.



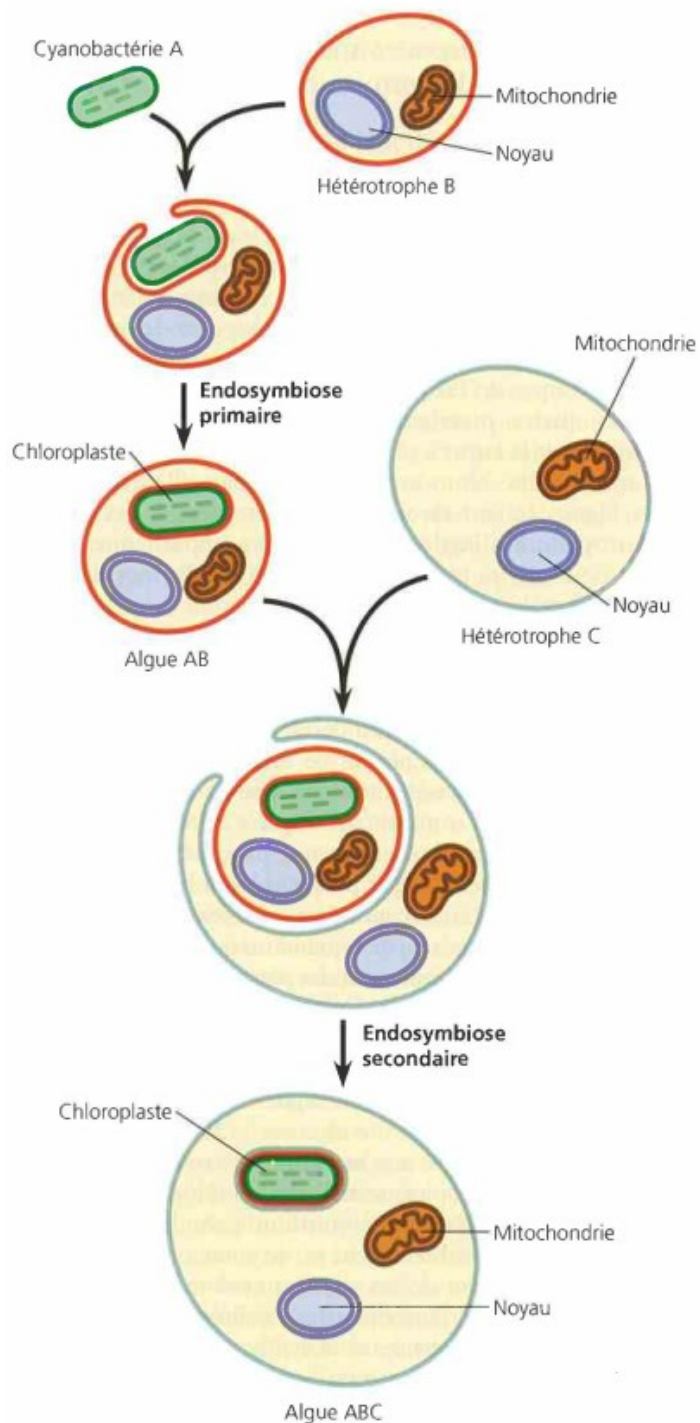
Plus proches parents
actuels des
mitochondries

Plus proches parents
actuels des
chloroplastes



Phénomènes qui ont eu lieu plusieurs fois dans l'histoire de l'évolution

FIGURE 28.5 Endosymbiose secondaire et origine de la diversité des Algues. L'algue hypothétique ABC contient un chloroplaste apporté par un endosymbionte eucaryote qui contenait lui-même un chloroplaste issu d'un endosymbionte cyanobactérien.



Phénomènes qui ont eu lieu plusieurs fois dans l'histoire de l'évolution

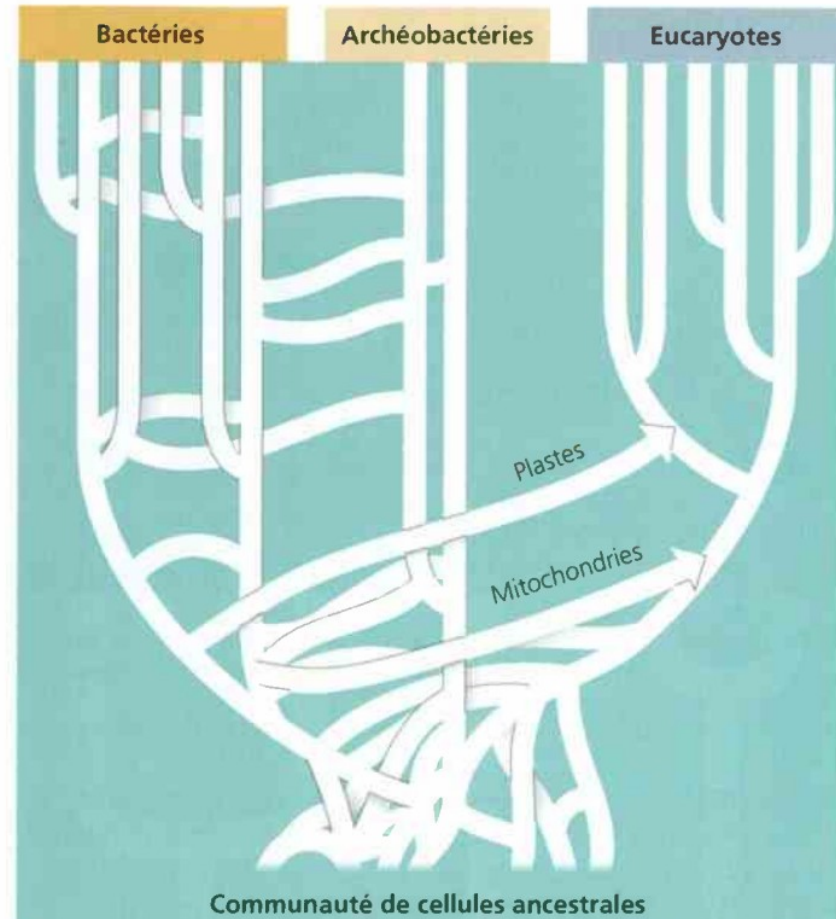
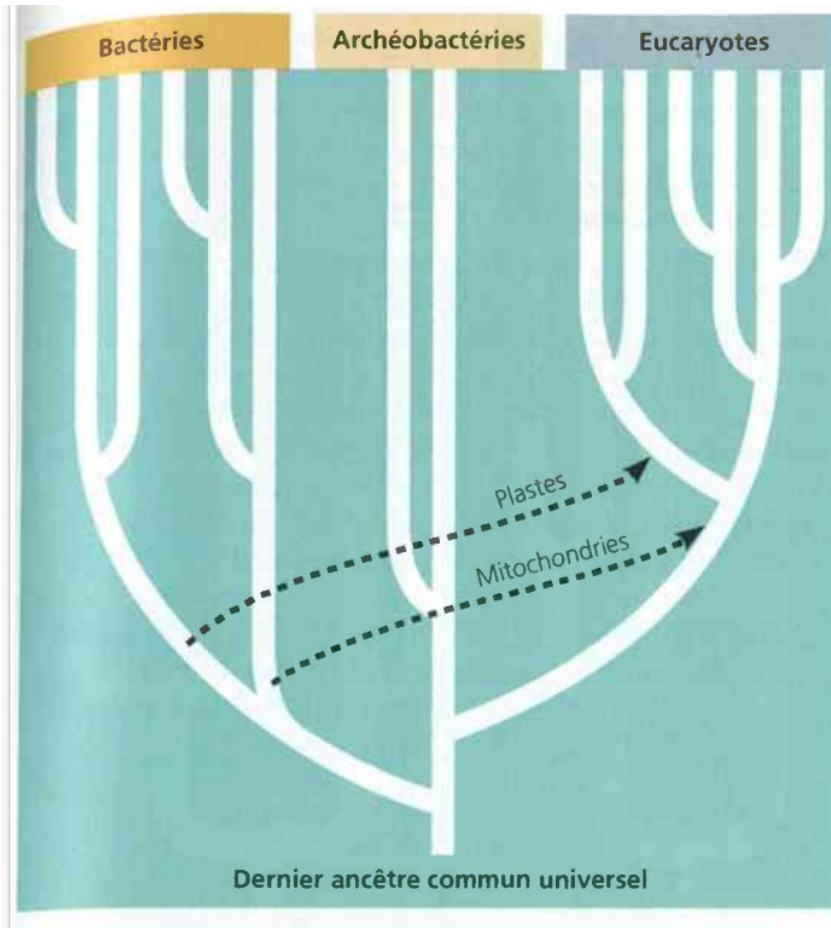
Plaste à 4 membranes
 → Exemple : Phaeophyceae (algues brunes)



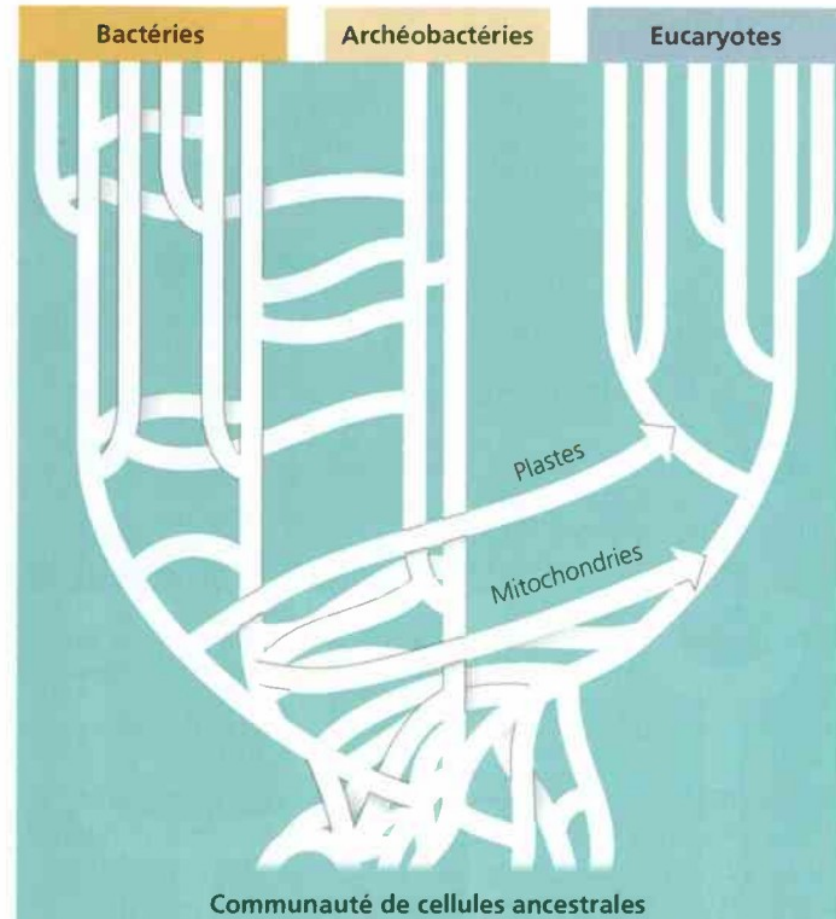
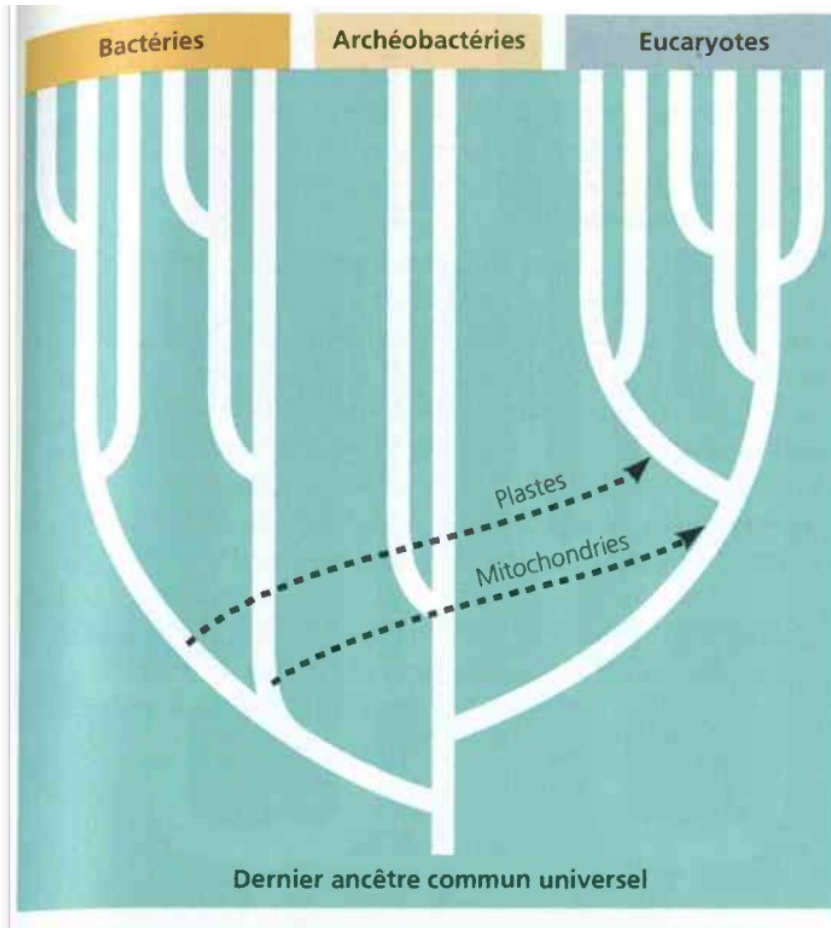
Pelvetia canaliculata

FIGURE 28.5 Endosymbiose secondaire et origine de la diversité des Algues. L'algue hypothétique ABC contient un chloroplaste apporté par un endosymbionte eucaryote qui contenait lui-même un chloroplaste issu d'un endosymbionte cyanobactérien.

Les eucaryotes sont des chimères → Issues de l'association de plusieurs organismes
→ **Transferts horizontaux de gènes**



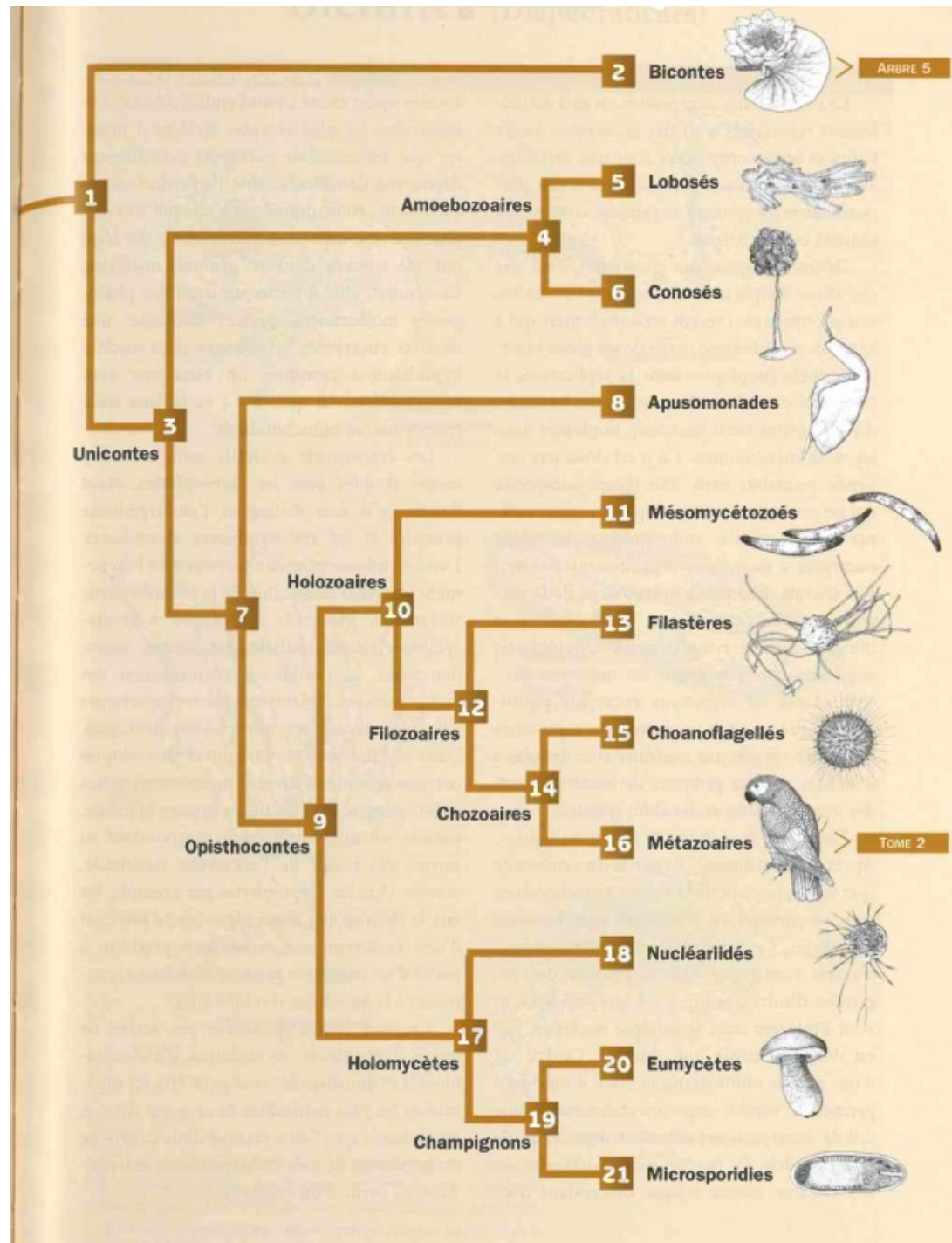
Les eucaryotes sont des chimères → Issues de l'association de plusieurs organismes
→ **Transferts horizontaux de gènes**



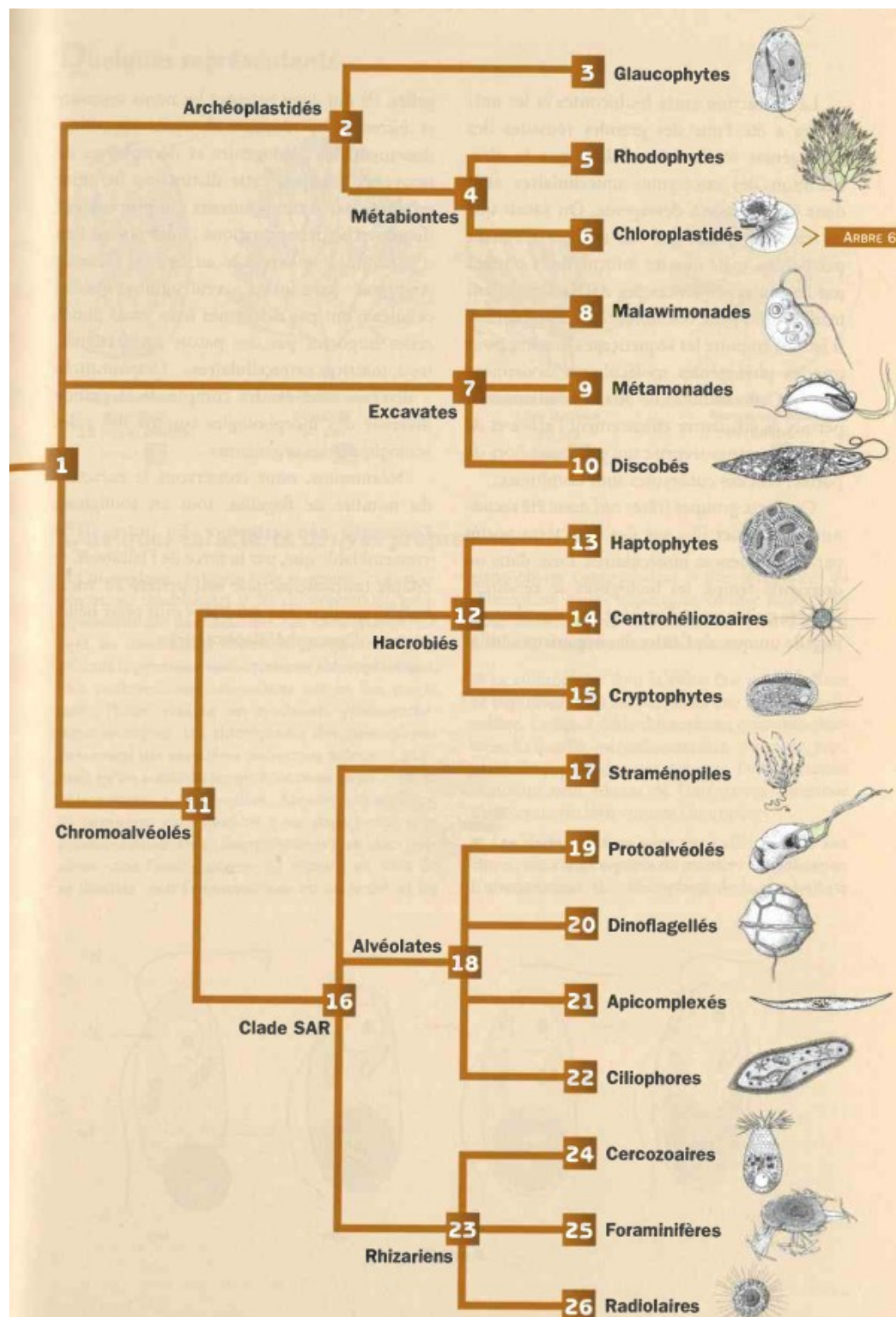
De manière plus générale, les transferts horizontaux peuvent rendre compliquées la reconstruction de phylogénies

(bien mieux résolue que celles des bactéries et archées)

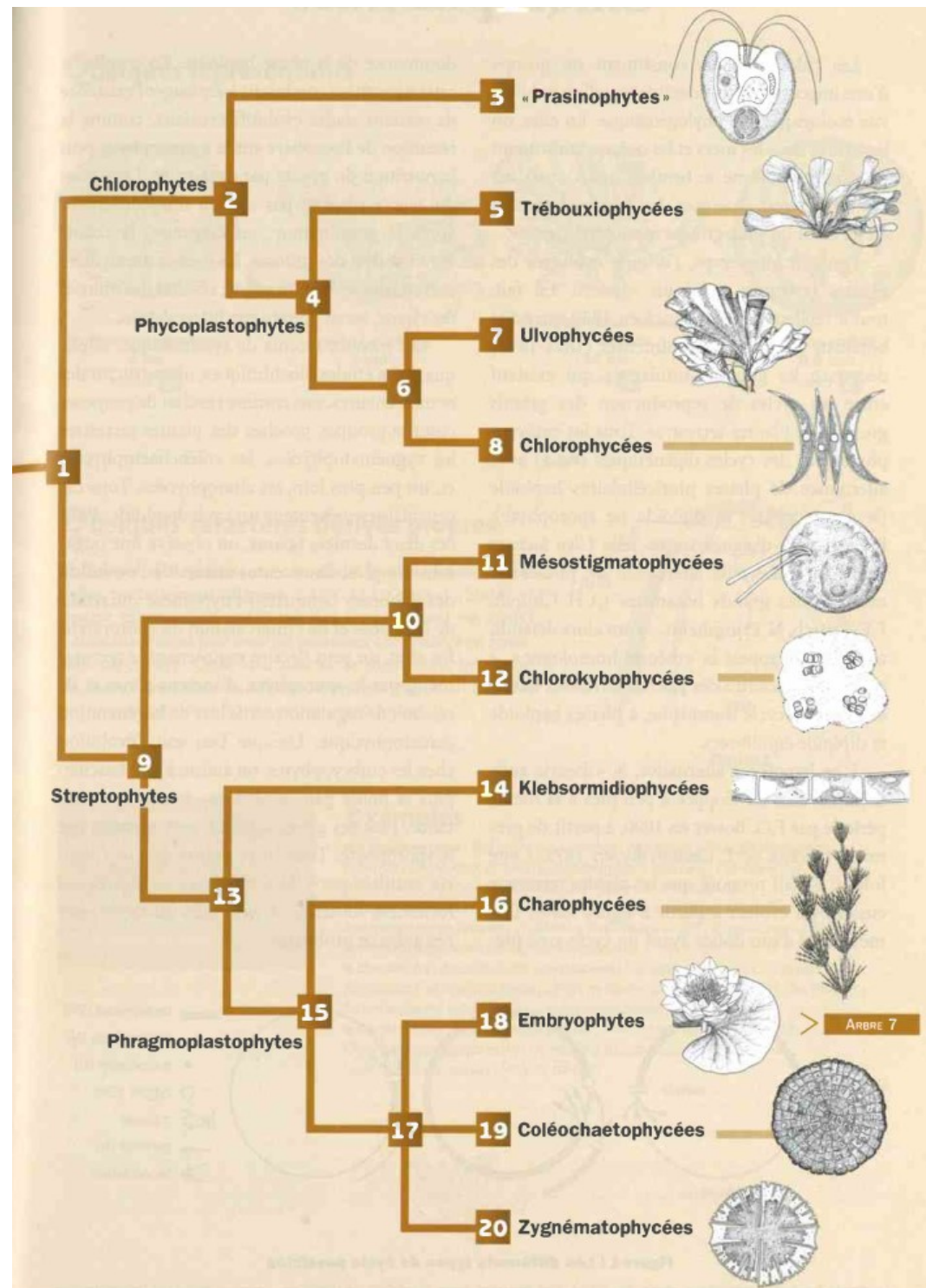
Deux grands groupes
→ Bicontes et **Unicontes**



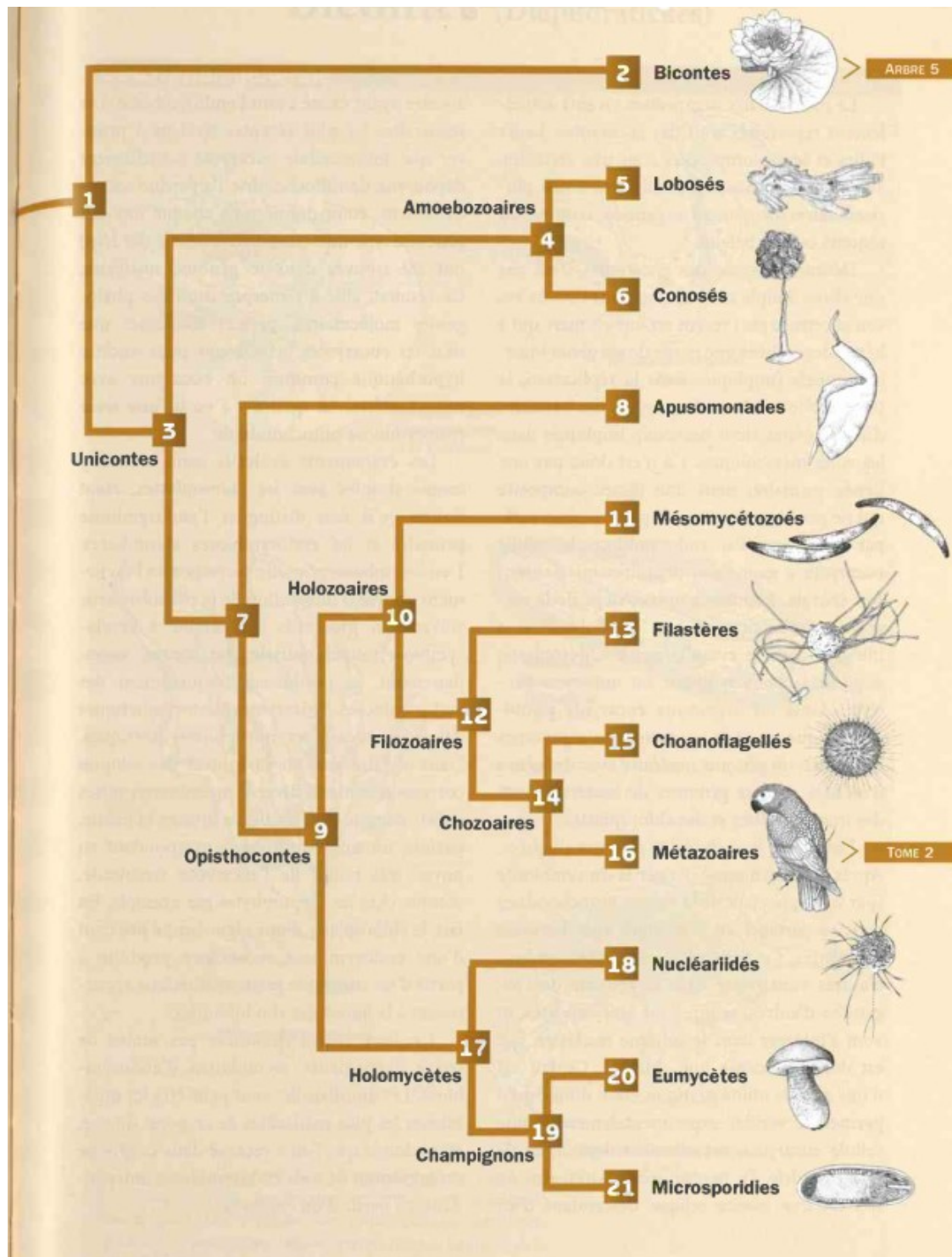
Bicontes



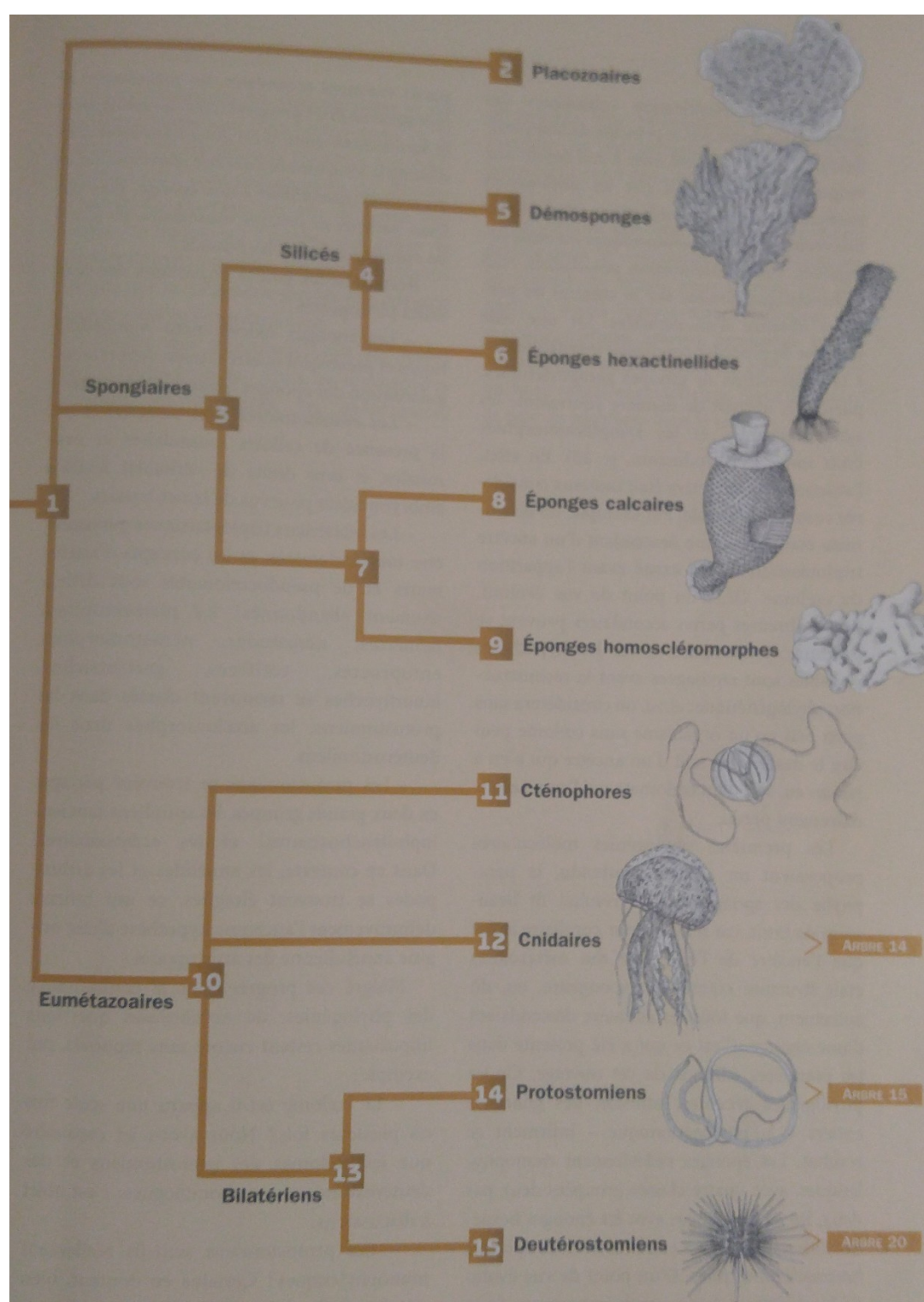
Chloroplastidae



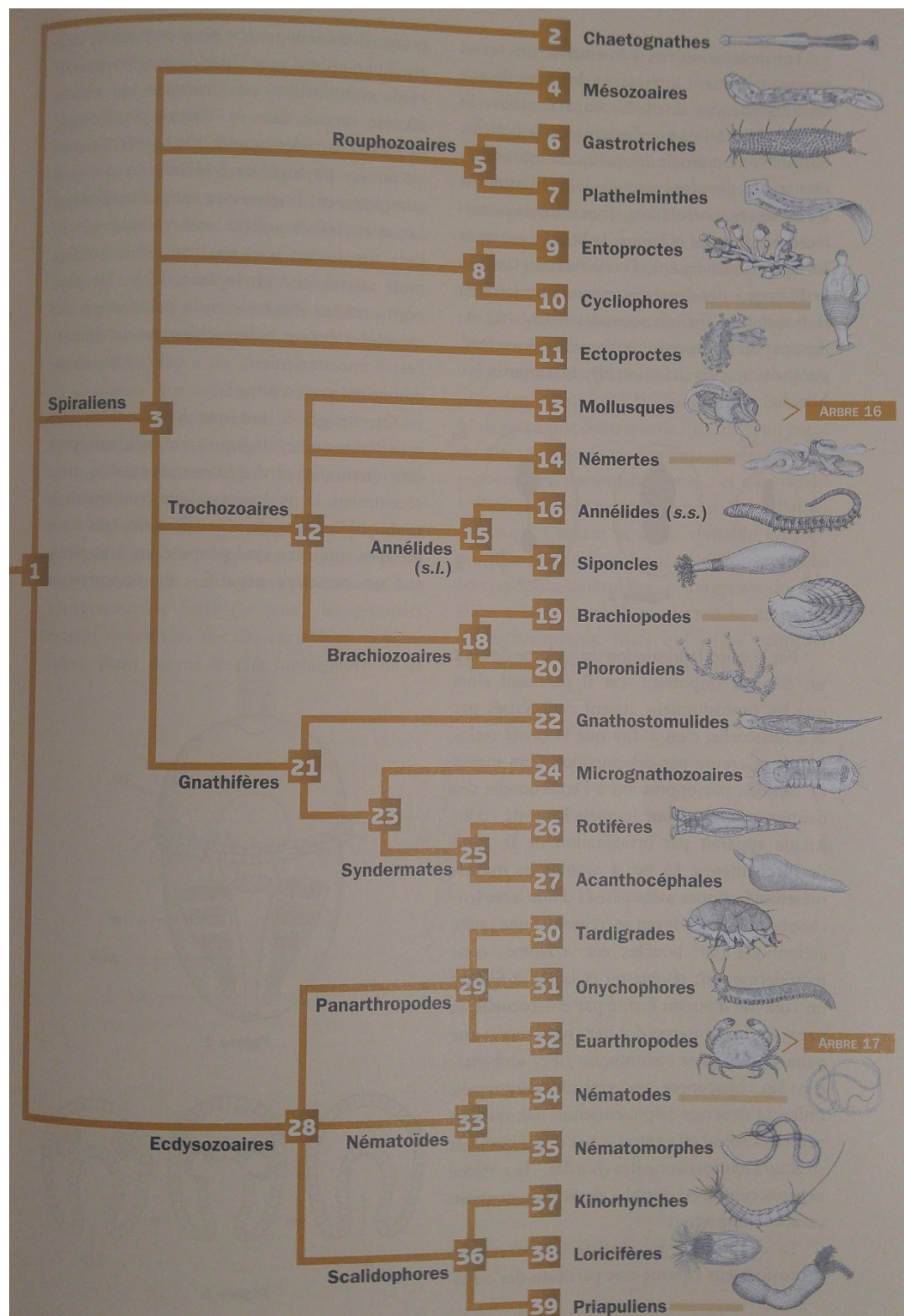
Unicontes



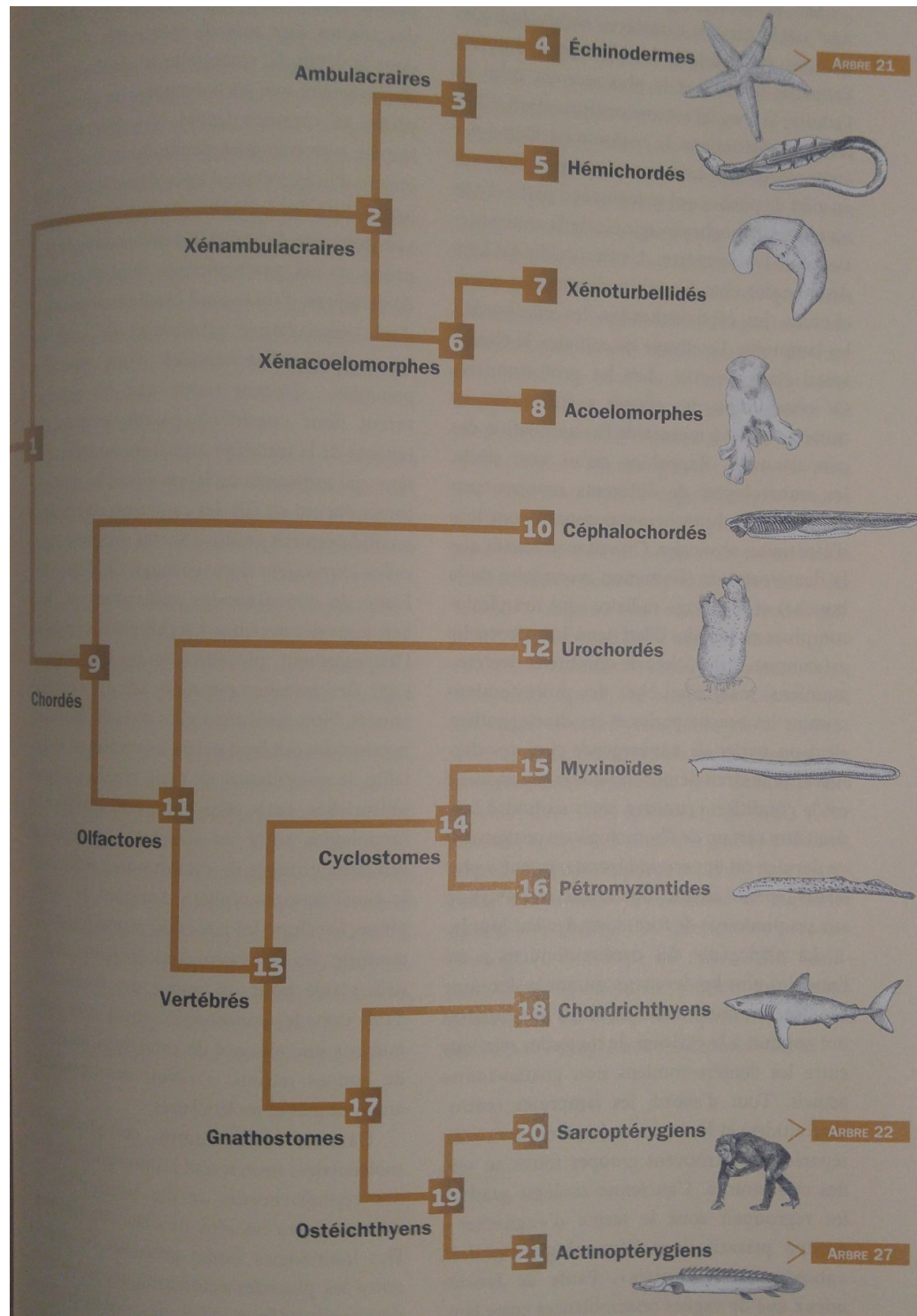
Métazoaires (Animaux)



Protostomiens



Deuterostomien



Que pensez vous du terme « invertébré » ?

Introduction

I) Les classifications historiques du vivant : étapes et grands concepts

II) La classification moderne du vivant : principe et méthode

III) La classification moderne du vivant : les grands groupes du vivant

Conclusion

Qu'avez vous retenu ?