

## Chapitre 34, Les vertébrés

### Classification traditionnelle

Embranchement des Cordés

Sous-embranchement des Urocordés

Sous-embranchement des Céphalocordés

Sous-embranchement des vertébrés

- Classe des Agnathes (Poissons sans mâchoires)
- Classes des Placodermes (poissons à plaques, tous disparus)
- Classe des Chondrichthyens (Poissons cartilagineux)
- Classe des Ostéichthyens (Poissons pulmonés)
- Classe des Amphibiens (grenouilles, crapauds, salamandres)
- Classe des Reptiles (tortues, lézards, serpents, crocodiles)
- Classe des Oiseaux
- Classe des Mammifères (les euthériens, les marsupiaux, et les monotrèmes)

- passage à la vie terrestre – 360 M d'années suite à l'apparition des membres (pattes et pieds). C'est la diversification des amphibiens et des reptiles
- Avant ça ils ont dominé dans les océans pendant 200 m d'années (les poissons)
  
- 52 000 espèces de vertébrés dont la plus grande diversité est chez les poissons.
  
- sont tous des Deutérostomiens
- Les premiers Cordés n'ont pas de vertébrés – les Urocordés et Céphalocordés
- 

**Classification moderne, Figure 34.2 – Explique l'organisation de cet embranchement selon les caractères dérivés des clades**

### Les caractères dérivés

Corde dorsale

Cerveau

Tête

Colonne vertébrale

Mâchoires

Squelette ossifié

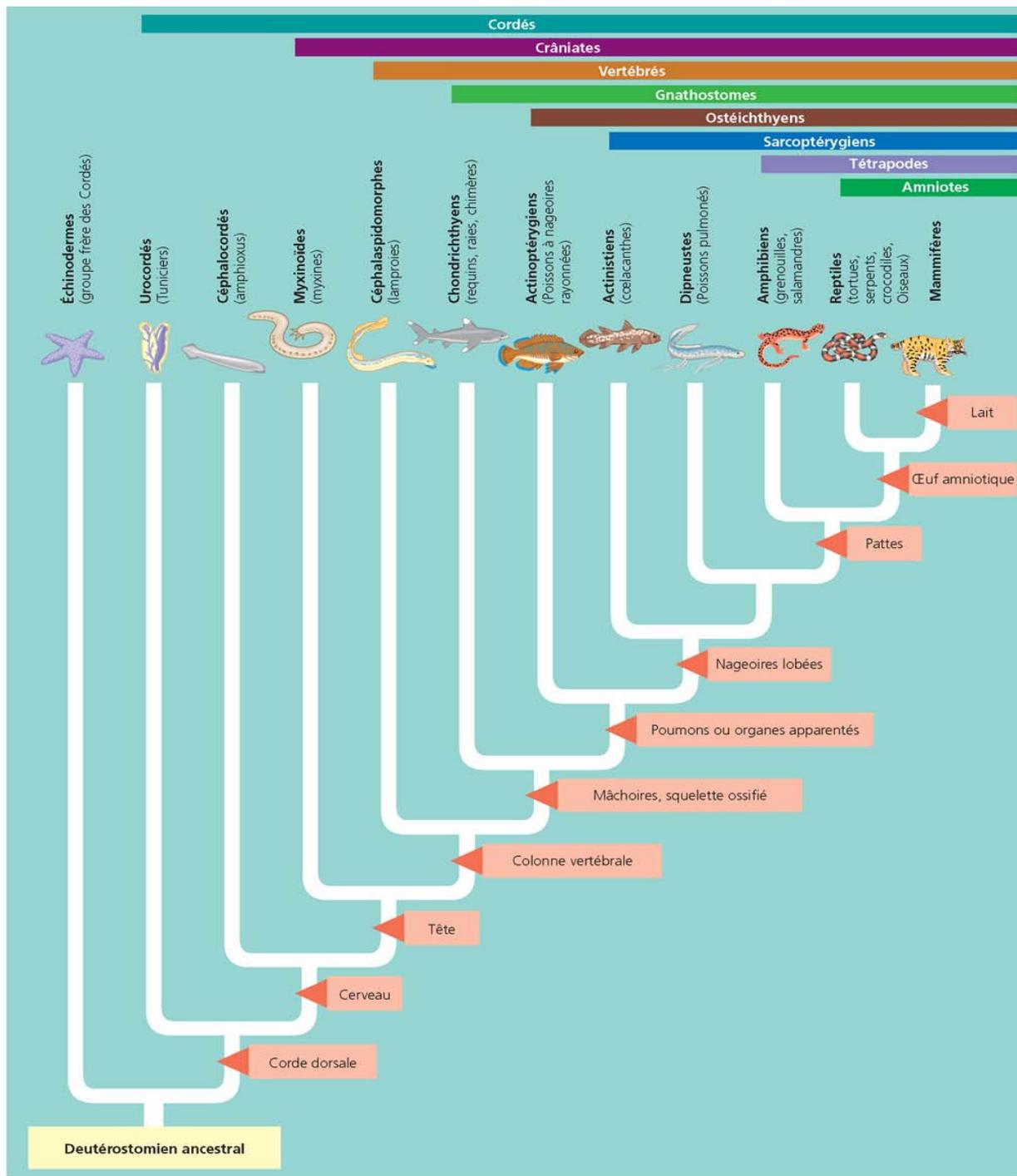
Nageoires lobées

Poumons ou organes apparentés

Pattes

Œuf amniotique

Lait



▲ Figure 34.2 Phylogénèse hypothétique des Cordés.

## Caractéristiques de tous les cordés à un certain stage de leur vie.

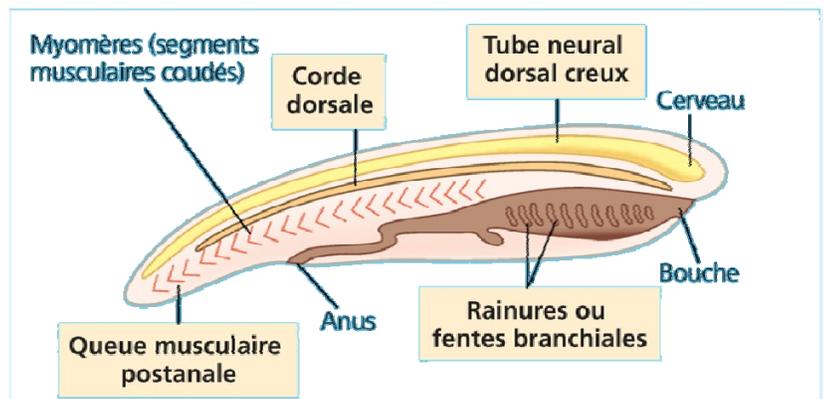
- **Corde dorsale** - chez les embryons
  - Tige flexible longitudinale
  - Entre l'intestin et le tube neural
  - Chez les embryons de tous et l'adulte de certains

Chez les larves et adultes qui l'ont - cette corde est la structure de support principale, les muscles s'appuient dessus pour faire leur mouvement de natation.

Chez les vertébrés, un squelette articulé la remplace, gardant seulement des résidus de la corde embryonnaire (les disques gélatineux entre les vertèbres).

- **Tube neural dorsal creux**
  - Chez l'embryon il se développe de l'ectoderme
  - Les cordons nerveux des invertébrés sont pleins et généralement ventraux
  - Le tube neural devient le système nerveux central (SNC) qui comprend le cerveau et la moelle épinière.
- **Rainures ou fentes branchiales**
  - Chez tous les embryons – petits sacs séparés par des sillons (rainures) se développent sur les côtés du pharynx.
    - Chez la plupart des espèces les sillons deviennent des fentes qui s'ouvrent à l'extérieur du corps.
    - Les fentes branchiales permettent la sortie de l'eau qui entre par la bouche. La nourriture est captée par un filet muqueux sur les fentes et sera dirigée vers le système digestif.
    - Chez les vertébrés aquatiques – les fentes et les structures qui les soutiennent se sont modifiées pour l'échange gazeux (branchies)
    - Chez les tétrapodes (vertébrés terrestres) - les rainures ne se différencient pas en fentes mais en structures des oreilles, du cou et de la tête.
- **Queue post anale**
  - Comprend des éléments squelettiques et musculaires
    - Pour la propulsion des animaux aquatiques
    - Peut disparaître au cours du développement embryonnaire.

Figure 34.2- les 4 caractéristiques de base des cordés.



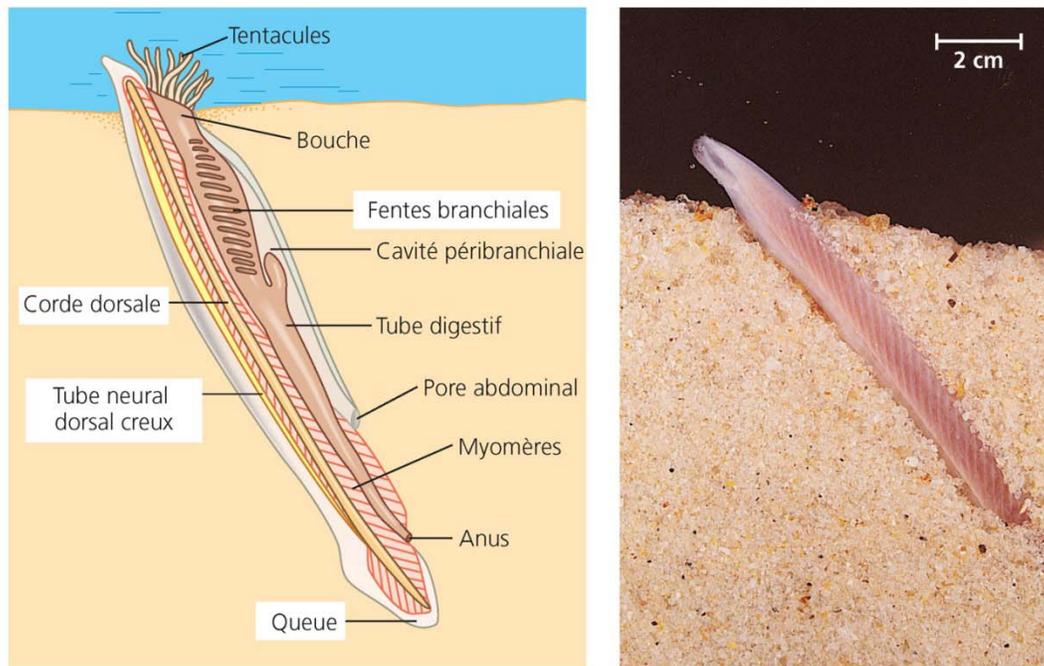
▲ Figure 34.3 Caractéristiques des Cordés.

## CLADE DES CORDÉS

### Sous-embanchement Céphalocordés (ex. Amphioxus)

Les 4 caractéristiques de base des cordés sont retrouvées chez l'adulte.

- Quelques cm de long.
- Corps transparent
- Marins
- Vivent dans le sable - juste la bouche sort du sable
- L'eau entre par la bouche, passe par les fentes branchiales où les particules de nourriture sont filtrées par un filet de mucus et dirigées au tube digestif par des cils.
- L'eau passe des fentes vers la cavité péribranchiale et sort par le pore abdominal.
- Contraction des myomères pour nager. Les myomères sont des muscles chevauchés et représentent la segmentation chez les procordés.
- Figure 34.5 - Anatomie de Amphioxus
- Pas un véritable cerveau mais une région renflée du tube neural dorsal antérieur. Le cerveau des vertébrés a son origine à partir d'une structure semblable.



▲ Figure 34.5 *Amphioxus Branchiostoma lanceolatum* (sous-embanchement des Céphalocordés).

## **CLADE DES CRÂNIATES :**

Clade qui inclut tous les cordés sauf les Céphalocordés.

La tête est constituée d'un crâne (osseux ou cartilagineux), un cerveau, des yeux et des organes sensoriels.

Possèdent 2 groupes de gènes Hox (Les céphalocordés en ont qu'un seul). Ceci leur donne une plus grande complexité génétique, des nouvelles formes plus complexes.

## **CLADE DES VERTÉBRÉS :**

-Crâniates avec une colonne vertébrale.

-Ont une famille de gènes nommée Dlx, des facteurs de transcription qui augmentent encore plus la complexité génétique ce qui donne un meilleur système nerveux, un crâne plus volumineux, une colonne vertébrale faite de vertèbres.

- Chez certains vertébrés les vertèbres ne sont que des points de cartilage qui recouvre la corde dorsale.

- Chez la plupart les vertèbres entourent la moelle épinière et ont une fonction mécanique.

- les vertébrés aquatiques ont des nageoires dorsales, ventrales et anales pour le mouvement.

- leurs branchies sont aussi plus efficaces pour un meilleur échange gazeux.

Les lamproies sont les premiers vertébrés. Elles n'ont pas de mâchoires et donc sont des Agnathes.

### **1) LA CLASSE DES AGNATHES** ex. Les Lamproies

- Plus anciens fossiles de vertébrés - les poissons sans mâchoires.
- Squelettes cartilagineux
- 60 espèces ont survécu
- Se nourrissent de sang ou par filtration d'eau. Les larves sont surtout suspensivores et vivent dans l'eau douce. Elles migrent vers l'eau marin où elles deviennent adultes.
- La lamproie marine a envahie les Grand Lacs et elle a dévasté l'industrie de pêche.

Figure 34.10 photos de lamproies marines

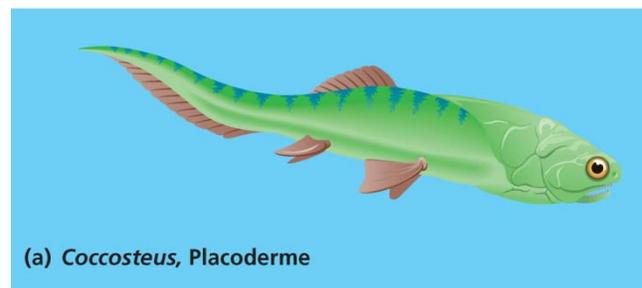
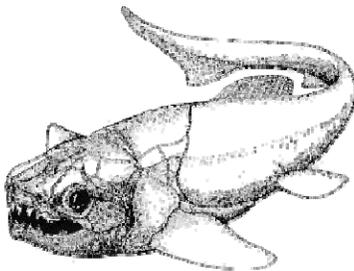
Le déclin des Agnathes coïncide avec la radiation de 3 classes de poissons  
GNATHOSTOMES – poissons avec mâchoires :

## CLADE DES GNATHOSTOMES (inclus les classes Placodermes et Chondrichthyens)

- Vertébrés pourvus de mâchoires. Les premiers ont un squelette cartilagineux, voir la Classe des Chondrichthyens ci-dessous.
  - Figure 34.14 – l'origine des mâchoires à partir de modifications des arcs branchiaux supportant les fentes branchiales antérieures.
  - Une duplication des gènes Hox et d'autres gènes qui donnent une plus grande complexité de développement embryonnaire.
  - Cerveau plus gros, surtout avec un meilleur sens d'odorat et vision.
  - Organe sensoriel de la ligne latérale – une rangée d'organes microscopiques sur les deux flancs, sensibles aux vibrations,
- 430 M d'années
  - Origine des mâchoires – figure 34.13
    - À partir des arcs branchiaux qui soutiennent les fentes branchiales antérieures. Les autres fentes branchiales sont devenues organes spécialisés dans les échanges gazeux.
    - Avantage des mâchoires – nouveaux modes pour ce nourrir, ouvrir et fermer une bouche avec dents

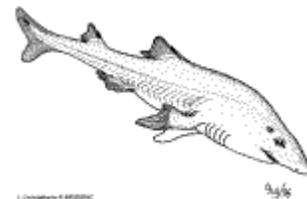
### 2) LA CLASSE DES PLACODERMES - poissons porteurs d'armure, les plus anciens Gnathostomes

- *Tous disparus* - fossiles seulement
- Fig 34.14a



### 3) LA CLASSE DES CHONDRICHTYENS

- Poissons cartilagineux
  - Requins et raies
  - Squelette cartilagineux
  - Pas de vessie natatoire pour flotter
- Requins et raies- prédateurs ou filtreurs (plancton)
- Fig 34.15 photos



Ils sont des prédateurs féroces pcq

Excellente vision

Organe sensoriel de la ligne latéral et

Ampoules de Lorenzini

- Dans la tête du requin - Récepteurs = Ampoules de Lorenzini
  - Détectent les champs magnétiques terrestres et potentiels électriques créés par les contractions musculaires des poissons etc. qui les entourent.



#### Reproduction chez les Gnathostomes

##### 1- Ovipares

Les femelles pondent des oeufs qui éclosent à l'extérieur du corps

##### 2- Ovovivipares

La femelle garde les œufs fécondés dans l'oviducte. L'embryon se nourrit de vitellus de l'œuf et éclot dans l'utérus.

##### 3- Vivipares

Embryon se développe dans l'utérus jusqu'à la naissance et se nourrit du placenta muni d'un sac vitellin le reliant au dans de la mère, ou absorbe les nutriments produits par l'utérus ou dévore autres oeufs.

## CLADE DES OSTÉICHTYENS

Tous les vertébrés avec un squelette ossifié. Dans la classification traditionnelle les Ostéichtyens sont les poissons osseux mais selon la classification moderne ce clade inclut tous les vertébrés ayant un squelette osseux. Voir la Classe des Ostéichtyens dans la classification traditionnelle ci-dessous.

### 4) LA CLASSE DES OSTÉICHTYENS

- Poissons osseux
- Dominant depuis Dévonienne = l'âge des poissons
- 30 000 espèces
- Squelette de Ca et P
- Peau couverte d'écaillés osseuses plates.
- Ont aussi l'organe sensoriel de la ligne latérale comme les requins
- Vessie natatoire = poche d'air qui permet de modifier sa flottabilité.
- Respiration par branchies
  - Un groupe d'ostéichtyens avait des branchies et des poumons pour l'échange gazeux.

### 3 groupes de poissons osseux

**Les Actinoptérygiens** – Poissons à nageoires rayonnées

Ce sont les poissons qu'on connaît généralement, les truites, les perches, le saumon, le thon etc. Fig 34.17 Sont une source de protéines pour les humains qui les mange

Leurs nageoires, soutenues par de longs rayons flexibles, sont modifiées pour accroître la souplesse de leur corps et assurer la défense.

~~**CLADE DES SARCOPTÉRYGIENS** - inclus les poissons osseux à nageoires lobées (Actinistiens) et les poissons pulmonés (Dipneustes).~~

**Les Dipneustes** – Poissons pulmonés (3 genres slmt)

Vivent dans l'hémisphère Sud., eaux stagnantes et dans les marais.

Remontent à la surface pour remplir leurs poumons d'air. Ils possèdent aussi des branchies. Caractères dérivés – poumons ou organes apparentés

**Les Actinistiens** – par ex. le Cœlacanthe (34.18), poisson à nageoires fortes, aident à marcher dans le fond de l'eau. En 1938 on attrape un Cœlacanthe dans l'Océan Indien, on les croyait disparus. En 1999 on découvre une deuxième population près de l'Indonésie dans ce même océan. Caractères dérivés – nageoires lobées

## CLADE DES TÉTRAPODES

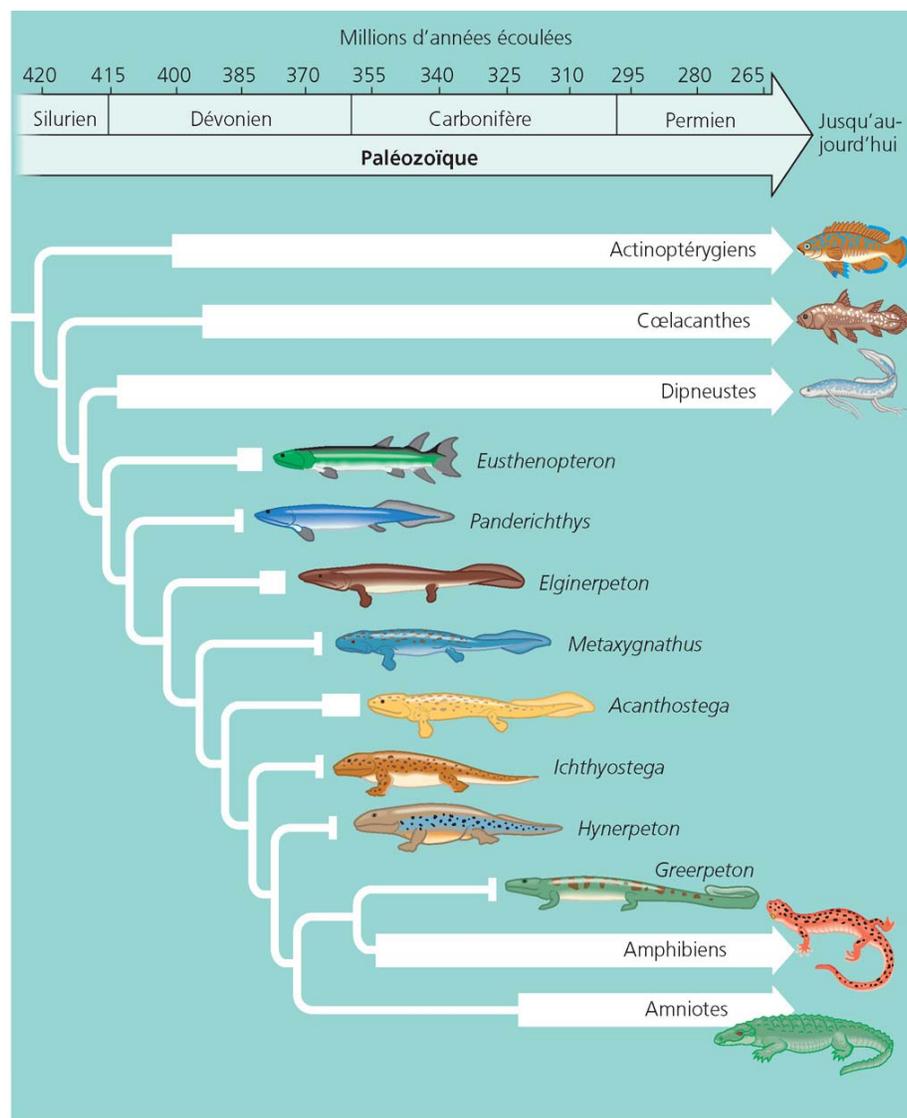
### APPARAÎT IL Y A 360 MILLIONS D'ANNÉES

Les nageoires pectorales et pelviennes remplacées par des membres les supportant sur terre ferme et dont les pieds munis de doigts leur permettent de transférer au sol les forces créées par les muscles pendant la marche.

Autres modifications requises pour vie terrestre

- os de ceinture pelvienne se sont soudés à la colonne vertébrale
- rainure branchiales deviennent l'oreille, des glandes etc. Oreilles sont adaptées à capter les sons aériens

Figure 34.20 phylogénèse des tétrapodes



▲ Figure 34.20 Phylogénèse des Tétrapodes.

## 5) CLASSE DES AMPHIBIENS - (Grenouilles, salamandres)

Amphi = les 2

Bios = vie

### 2 vies - aquatique et terrestre

- Appendices bien développés = pattes pentadactyles
- Peau mince et humide (pas d'écailles), permet un échange gazeux par diffusion pour aider au système respiratoire.
- Communication vocale - défendre leur territoire et pour attirer les femelles lors de la période de reproduction.
- Métamorphose chez les grenouilles (fig 34.22)
  - Stade larvaire = aquatique et herbivore (branchies)
  - Stade adulte - prédateur terrestre (poumons)
- Pas toutes les grenouilles ont un stade larvaire différent du stade adulte
- Fécondation se fait à l'extérieur du corps
- Œufs sans coquilles - couvert de substance gélatineuse pour prévenir la dessiccation, donc requièrent un lieu humide pour la ponte des œufs.
- Cœur à 3 chambres - 2 oreillettes, 1 ventricule

### Les 3 ordres d'amphibiens 34.21

**Urodèles**, = salamandres

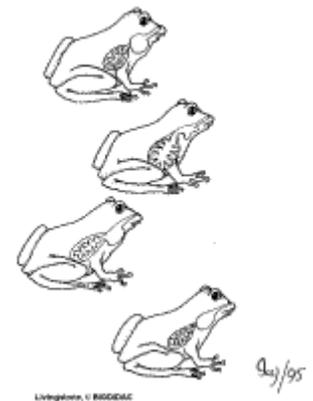
- aquatiques ou terrestres
- queue

**Anoures**, = Grenouilles, rainettes, crapauds

- pas de queue
- langue gluante pour capter la proie
- qq'unes ont une glande sous-cutanée qui produit une toxine
  - ex. la batracitoxine produite par *Dendrobatus terribilis*

**Apodes**,

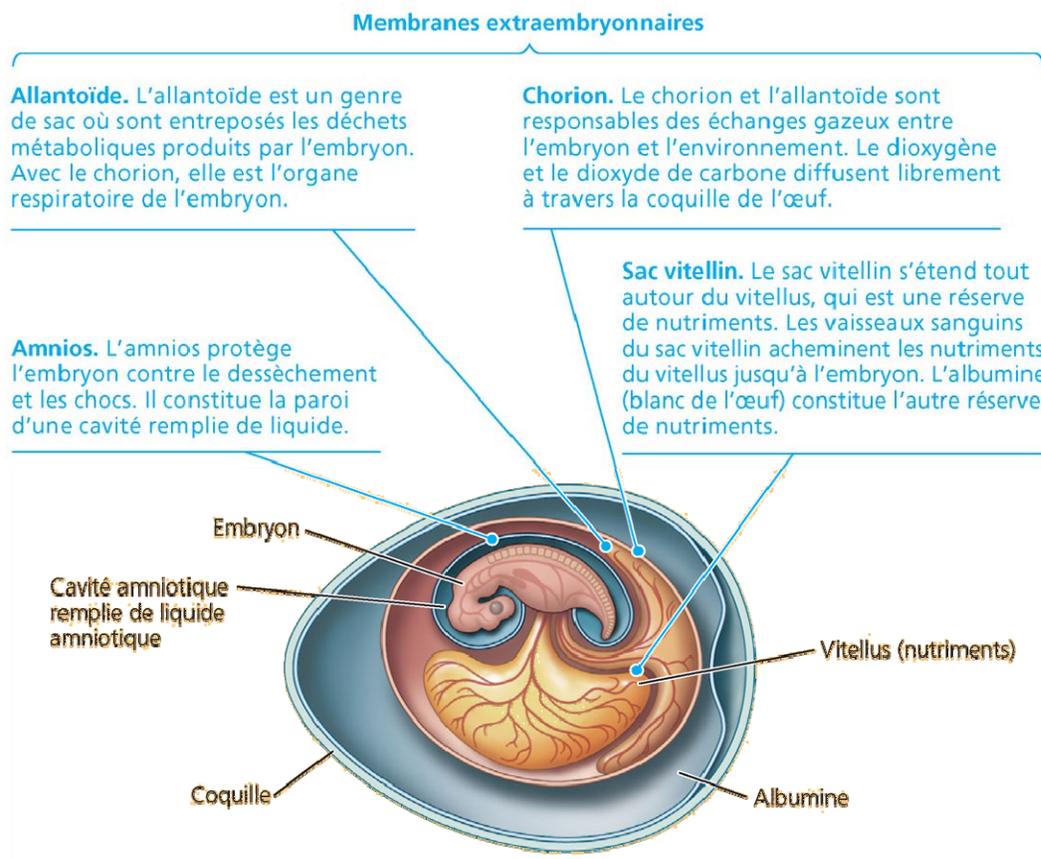
- pas de pattes
- forêts tropicales, ruisseaux de l'Amérique du Sud, l'Asie



## CLADES DES AMNIOTES

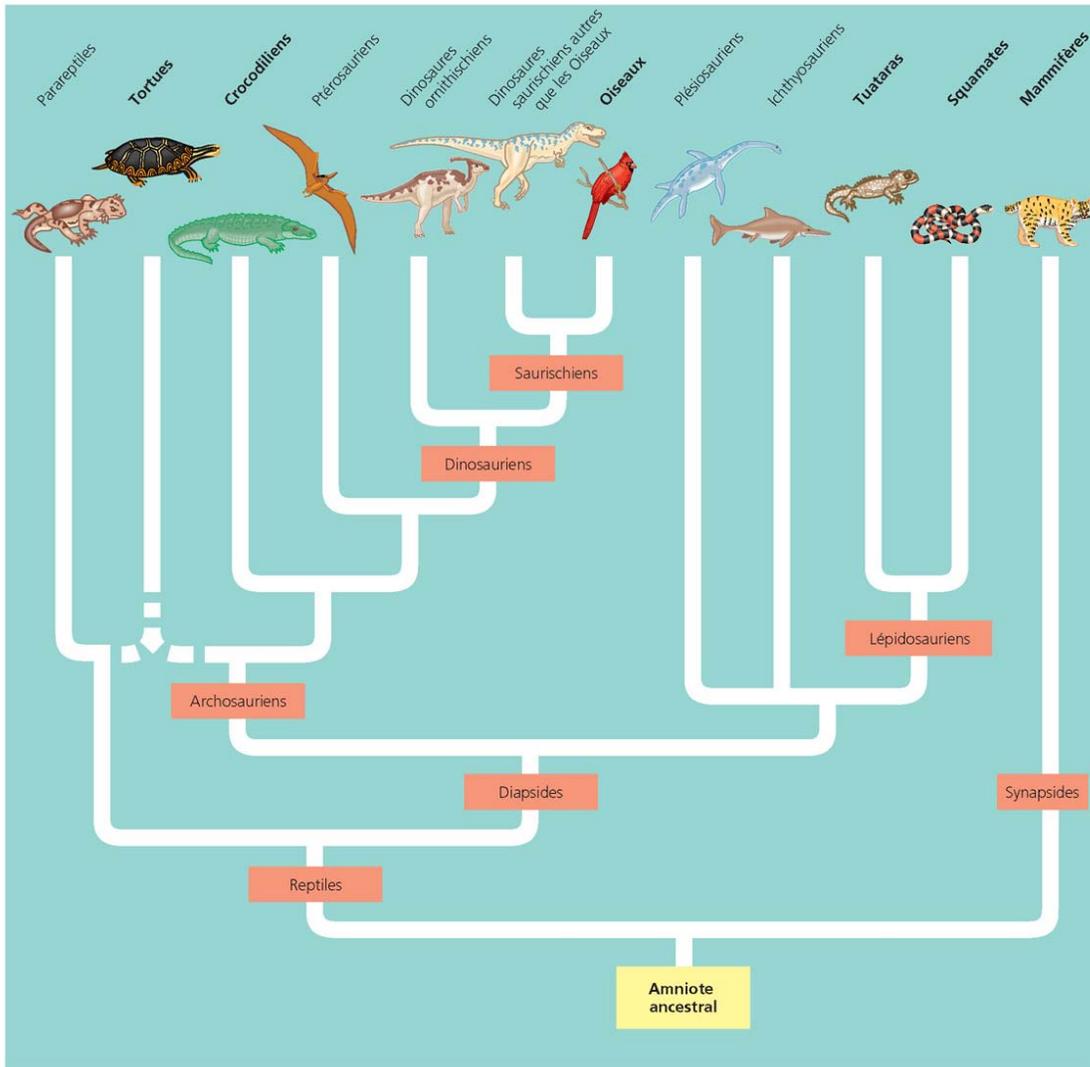
L'œuf amniotique est l'adaptation qui a favorisé la colonisation de la terre ferme au complet par les vertébrés.

Fig 34.24 = œuf amniotique – a des membranes extra-embryonnaires spécialisées aux échanges gazeux, entreposage de déchets, transfert de matières nutritives à l'embryon à partir des réserves. – à savoir les parties de l'œuf amniotique



▲ Figure 34.24 Œuf amniotique.

Tous les amniotes sont issus d'un ancêtre reptilien



▲ Figure 34.23 Phylogénèse des Amniotes.

## 5) CLASSE DES REPTILES FIG 34-20 HYPOTHÈSE DE LA PHYLOGÉNÈSE DES AMNIOTES

### DEUX RADIATION ADAPTATIVES DES AMNIOTES

- L'ère mésozoïque - période Triasique, Jurassique, Crétacée) = ère des Reptiles
- Fossiles les plus anciens - datent de la fin de la période Carbonifère (300 M)

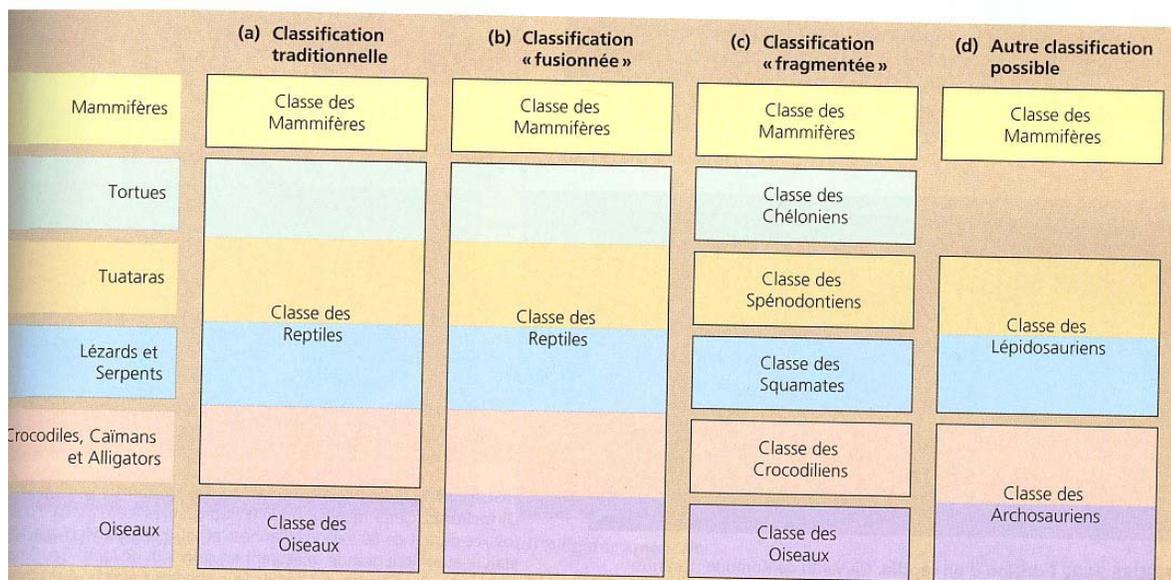
## 1- DÉBUT DE L'ÈRE MÉZOZOÏQUE -

Engendre les trois gros groupes – les **SYNAPSIDES (QUI DONNERONT LES MAMMIFÈRES PLUS TARDS)**, les **ANAPSIDES (tous disparus)** et les **DIAPSIDES**.  
Tous les reptiles qu'on connaît sont des **DIAPSIDES**

## 2- La diversification des DIAPSIDES – 2 groupes LEPIDOSAURIENS (LÉZARDS, SERPENTS) ET ARCHOSAURIENS (CORCODILIENS ET LES DINOSAURIENS).

- Deuxième mouvement de radiation adaptative des reptiles - Fin Triasique, 200 M d'années
  - Domination des dinosaures et ptérosaures
  - Groupe très diverse et adaptés à toutes sortes d'habitats
  - Plus gros animaux à avoir vécus sur terre ferme
    - Mexique - dinosaure 100 tonnes
    - Probablement des Endothermes
- Crise du Crétacé
  - Climat refroidit, devient fluctuant
  - Extinctions massives
  - ¼ des invertébrés marins disparaissent
  - Fin des dinosaures à la fin de crétacé (65 M)

**CLASSIFICATION DES REPTILES – FIG 34-21 NOUS UTILISERONS LA CLASSIFICATION TRADITIONNELLE QUI VOIT LES OISEAUX COMME ÉTANT UNE CLASSE DISTINCTE.**



## CARACTÉRISTIQUES DES REPTILES

- Écailles de kératine (protéine) protège contre la déshydratation comme la cuticule des plantes et la chitine des insectes
- Jambes plus fortes et grosses, permettent un mouvement rapide
- Respiration - poumons seulement, pas de diffusion
- La plupart pondent des œufs sur le sol.
  - Œufs amniotiques = dernière étape pour une vie complètement terrestre.
  - Œufs amniotique = œuf avec liquide amniotique et une coquille pour protéger.
- Animaux "à sang froid"
  - Utilisent peu de leur chaleur métabolique pour produire la chaleur corporelle.
  - Se chauffent au soleil lorsqu'il fait froid et cherchent l'ombre s'il fait chaud.
  - = Ectothermes - absorbent la chaleur externe plutôt que de la générer eux-mêmes.
  - En utilisant l'énergie solaire comme source de chaleur ils requièrent moins d'alimentation pcq dépende pas sa propre énergie pour se chauffer.
    - Donc leurs besoins énergétiques sont plus modestes, et ils sont adaptés aux conditions arides, désertiques.
- Cœur - à 3 chambres, garde le sang oxygéné séparé du sang non-oxygéné.

### Reptiles contemporains - Quelques exemples

#### 1- Tortues

- Retournent à l'eau mais pondent sur terre
- Carapace rigide les protège

#### 2- Lézards

- Le groupe les plus important et le plus diversifié

#### 3- Serpents

- Descendants des lézards
- N'ont pas de membres - vestiges d'os de bassin et de membres chez certains serpents, ce qui appuie l'hypothèse de leur descendance des lézards.
- Carnivores
- Chimiorécepteurs et thermorécepteurs très sensibles
- Sentent vibrations du sol, détectent leur proie
- Serpents venimeux injectent neurotoxines à l'aide de dents ou crochets creux et glandes à venin.
- Langue achemine les odeurs vers organes olfactifs dans la cavité buccale.

#### 4- Crocodiles et Caimans et Alligators

- Reptiles modernes qui descendent des Thécodontes
  - Ressemblent le plus aux dinosaures

## 6) CLASSES DES OISEAUX

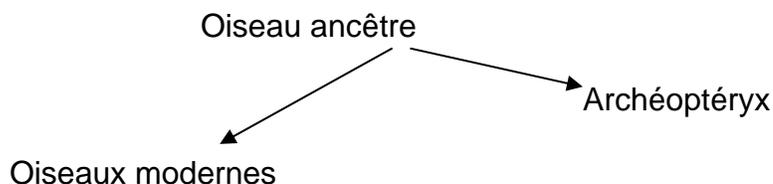
La classification des oiseaux devient assez controversée. Mais en général on s'entend pour dire que les ancêtres des oiseaux étaient des THROPODES – (Des dinosaures bipèdes comme le vélociraptor). Ces théropodes portaient des plumes et pouvaient planer dans l'air (pas nécessairement voler comme les oiseaux)

Plus anciens fossiles avec plumes = Archéoptéryx - 150 M.

- 3 caractéristiques des reptiles
- 1- Membres supérieurs avec griffes
- 2- Dents
- 3- Queue avec vertèbres

- **MAIS A DES PLUMES!**

Ce n'est peut-être pas l'ancêtre des oiseaux mais il a peut-être le même ancêtre que les oiseaux modernes



Des fossiles récemment découverts en Chine serait le chaînon manquant entre les dinosaures et les oiseaux comme Archéoptéryx.

### Anatomie adaptée au vol

- Os légers
- Pas de dents (réduit masse de la tête)
- Endothermes - produisent leur propre chaleur corporelle élevée et constante
- Cœur- 4 chambres - permet de garder vitesse métabolique élevée
  - Les 4 chambres gardent le sang oxygéné du séparé du sang non-oxygéné.
- Poumons efficaces
- Vision excellente
- Ailes - principe aérodynamique

## 7) CLASSE DES MAMMIFÈRES

- Poils de kératine - aident à isoler le corps
- Glandes mammaires - produisent le lait pour nourrir les petits
- Endothermes
- Respiration facilitée par un muscle aplatie - **le diaphragme** - qui facilite la ventilation des poumons

- Cœur 4 chambres
- La plupart accouchent des petits
- Fécondation interne - œufs---embryon dans l'utérus de la femelle
  - Chez les placentaires - une partie de la muqueuse utérine maternelle et des membranes embryonnaires forment ensemble le PLACENTA, à travers lequel les nutriments diffusent vers le sang de l'embryon.
- Cerveau plus gros que les autres vertébrés de même taille
- Différenciation des dents
  - Adaptés à la mastication de différents types d'aliments (Reptiles ont des dents coniques de taille uniforme)
    - par ex. les incisives - pour trancher
    - par ex. les molaires - pour broyer

Les mammifères dominent après l'extinction des dinosaures

Origine des mammifères

Thérapsidés - reptiles qui se ressemblaient aux mammifères

Radiation des mammifères après que les dinosaures sont disparus mais il y avait quand même des mammifères à même temps que les dinosaures

Amniote ancestral ----- Synapsides ----- Therapsides ----- Mammifères

### 3 groupes de mammifères

#### 1- Les monotrèmes

Ex. l'ornithorynque et les Échidnés

- Pondent des œufs
- Ont des poils
- Lait pour petits sort par des pores, pas de mamelons, les petits sucent le lait qui coule sur la fourrure.
- Viennent probablement d'une lignée très ancienne dans la généalogie des mammifères - ont des caractéristiques propres aux mammifères et aux reptiles.

#### 2- Les marsupiaux

Ex. Kangourou, koala, opossum

- Développement embryonnaire se termine dans une poche ventrale - le marsupium.
  - Les bébés d'une longueur de 2-3 cm, se rendent au marsupium où ils se fixent au mamelon pour finir le développement.

#### 3- Placentaires (EUTHÉRIENS)

Embryon se développe dans l'utérus où un placenta le relie à sa mère

Tableau 34-1 - les ordres principaux des placentaires - Grande diversité.

#### 4 LIGNÉES ÉVOLUTIVES DES PLACENTAIRES FIGURE 34-33 CLADOGRAMME DE LA PHYLOGÉNÈSE DES MAMMIFÈRES

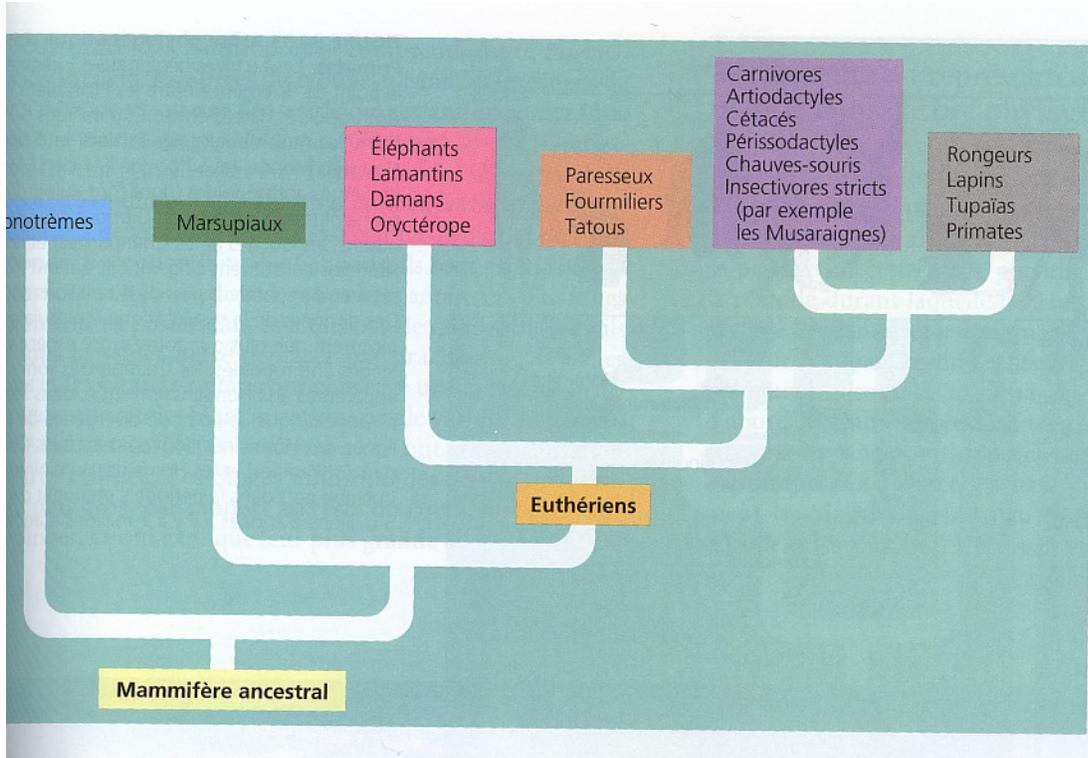
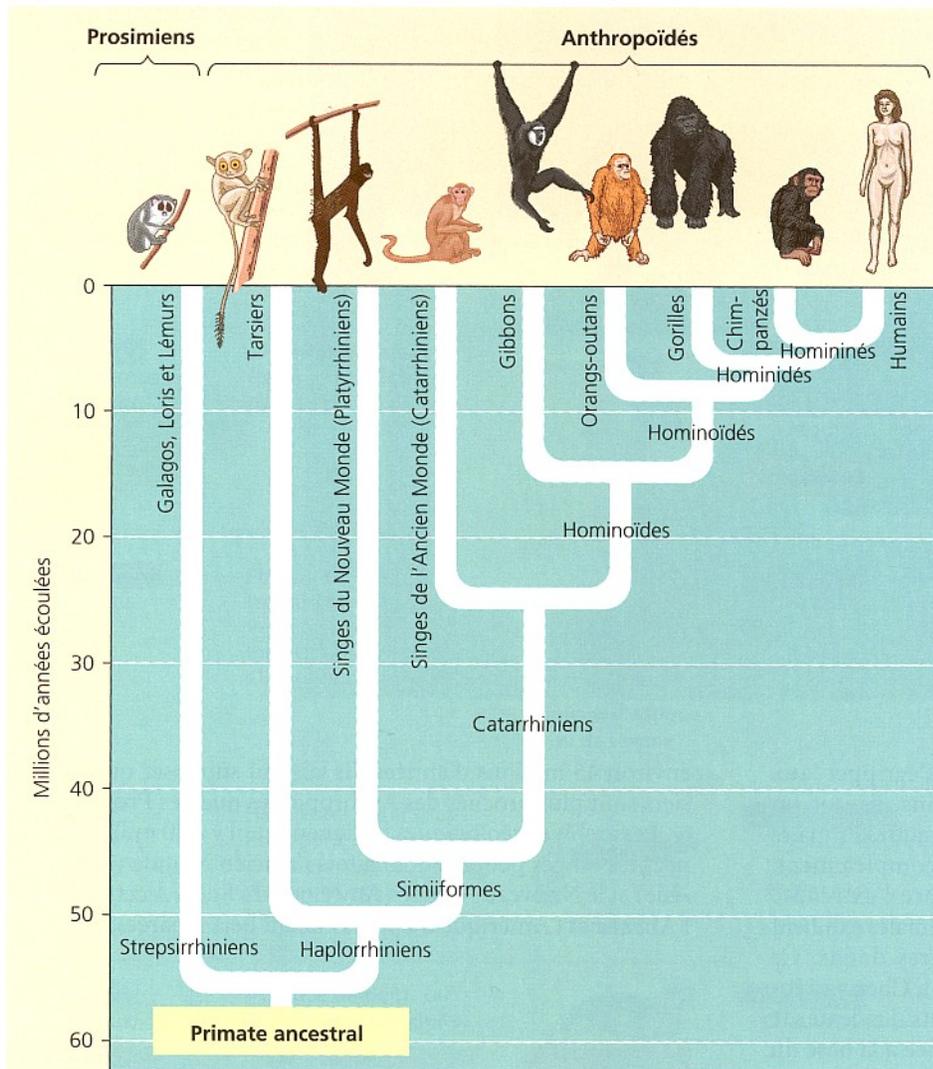


Fig. 34.37 - Une version d'évolution des primates



### Ancêtres de l'humain

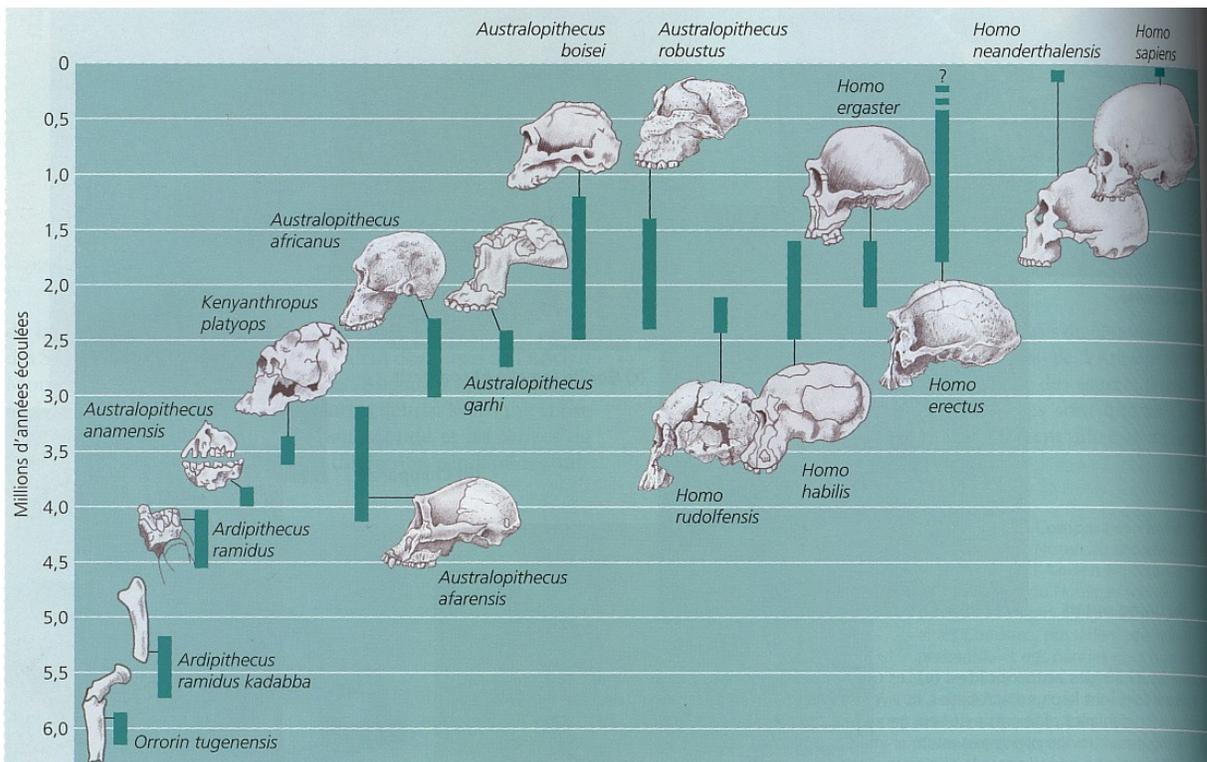
Premiers primates = animaux arboricoles issus d'insectivores, fin Crétacé  
 Vie dans les arbres

- épaules articulés
- mains et doigts sensibles et adroits
- yeux rapprochés permettant le chevauchement de 2 champs visuels --- augmente la vision du relief (3D).
- coordination main-yeux
- soins parentaux prolongés

## Évolution du sous-groupe des Prosimiens et Anthropoïdes (Simiens)

Singe de l'ancien monde  
(Gibbons, orang, gorilles,  
chimpanzés, pas de queue)

Singes du nouveau monde  
(Marmouset, macaques, etc, avec  
queue)



**FIGURE 34.38 Chronologie de quelques espèces d'Hominines.** La plupart de ces fossiles proviennent de sites archéologiques situés dans l'est ou dans le sud de l'Afrique. Ce graphique nous permet de constater que deux Hominines ou plus ont coexisté à certaines époques de

l'évolution de l'Humain. Le nom de certaines espèces est encore sujet à controverse. Ils témoignent des débats dont font l'objet les structures squelettiques et la biogéographie à prendre en compte pour déterminer les relations phylogénétiques entre les différents Hominines. Par exemple,

ce graphique présente les Hominines préhistoriques que sont les Néanderthaliens comme une espèce séparée de *Homo sapiens*. Or certains paléo-anthropologues classent les Néanderthaliens comme une sous-espèce de *H. sapiens*.

*Australopithecus afarensis* - 3m à 4 M

"Lucy"

Confirme l'ancienneté de la station verticale des Hominidés

Fossile le plus vieux??

*Australopithecus africanus* - 3M

- premier fossile ressemblant à un humain
- petit cerveau
- mains et dents ressemblent aux humains modernes
- marche bipède

Il y a 2M d'années - le volume du cerveau s'accroît à 650 cm<sup>3</sup> de 500 cm<sup>3</sup> --- *Homo habilis* (homme adroit)

- Celui-ci est peut-être juste une variante de *Australopithecus* avec un cerveau plus gros.
- *H. habilis* et *Australopithecus* coexistent pendant 1 M d'années
- *A. africanus* - évolue vers un cul de sac
- *H. habilis* - est dans la lignée conduisant à *H. erectus* → *H. sapiens*

*La station verticale (marche bipède) est la transformation anatomique la plus importante pour l'évolution de l'humain*

Accroissement du volume du cerveau a prit très longtemps, ce qui nécessitait une longue période de soins parentaux, ce qui favorise l'émergence du langage et du développement culturel.

Chasse et cueillette, suivi par l'agriculture il y a 15 000 ans

Ensuite la révolution industrielle