

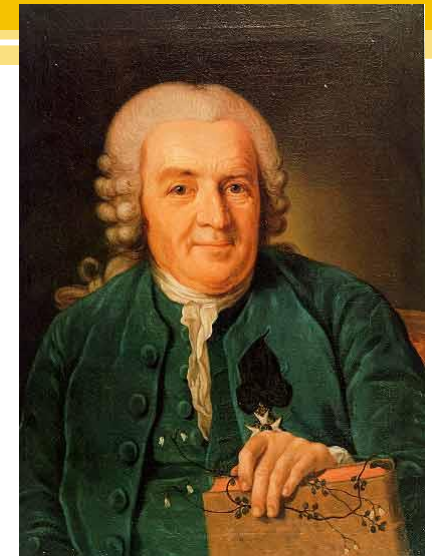
# TP 7: L'Homme parmi les Primates

L'objectif de ce TP est d'appliquer les notions de diversification des espèces à l'évolution de la lignée humaine.



# Linné et l'échelle des êtres

- 18<sup>e</sup> siècle: servitude à l'égard de la théologie: « Dieu a créé l'homme à son image » => l'homme au centre du monde
- Classification binomiale proposée par Linné
- L'échelle des êtres déjà présente au 16<sup>ème</sup> siècle est fondée sur un discours des valeurs



(1707-1778)



IDE'E D'UNE ECHELLE

DES ETRES NATURELS.

L'HOMME.
Ours, Ouzarg.
Singe.
QUADRUPEDES.
Ecaille volans.
Chauve-souris.
Araignée.
OISEAUX.
Oiseaux aquatiques.
Oiseaux amphibies.
Foisons volans.
POISSONS.
Foisons rampans.
Anguilles.
Serpens d'eau.
SERPENS.
Limaces.
Limaces.
COQUILLAGES.
Ver à terre.
Tigres.
INSECTES.
Gallinules.
Tours, ou Solitaires.
P. p. p.
Ours de Mer.
Scorpions.
PLANTES.

Scorpions.
PLANTES.
Lichens.
Mousses.
Champignons, Agarics.
Trois.
Coraux & Corallides.
Lithophytes.
Amarante.
Talcs, Gyps, Sélénites.
Ardoises.
PIERRES.
Pierres figurées.
Crysalisations.
SELS.
Verres.
METAUX.
DEMIMETAUX.
SOUFRES.
Bismuth.
TERRES.
Terre pure.
EAU.
AIR.
FEU.
Matières plus subtiles.

L'échelle des êtres vue par Charles Bonnet en 1745

# La phylogénie repose sur une classification des êtres vivants

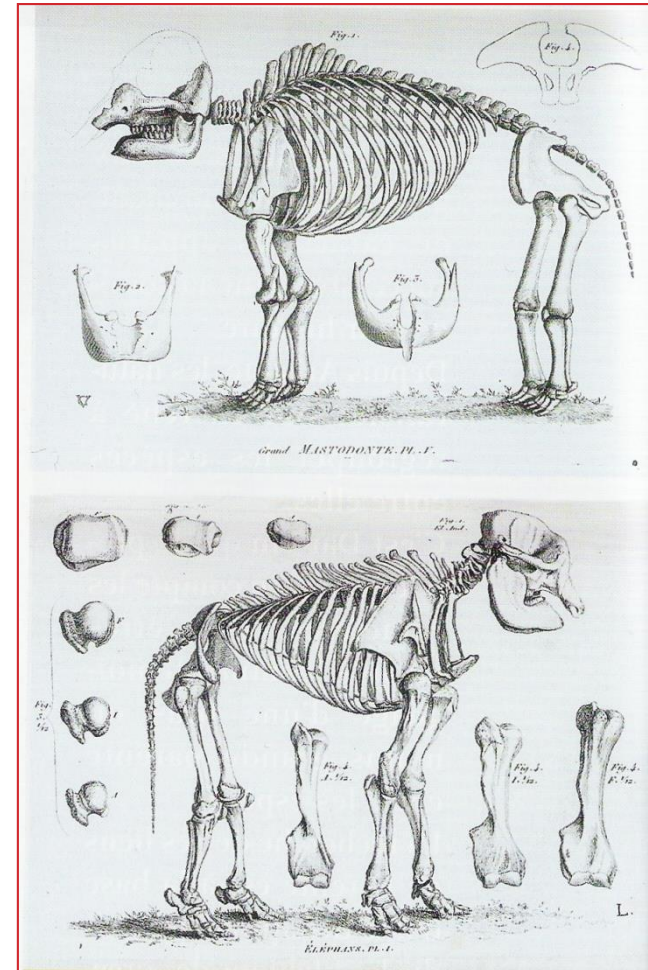
- Classer: comment?
  - Pour manger: fruits de mer, volaille, bétail
  - Pour décrire des milieux: phytoplancton, détritivores...
  - Pour parler des origines de ce qui existe = faire de la **phylogénie!**

# Au 18<sup>e</sup> -19<sup>e</sup> siècle: le créationnisme et le fixisme de Cuvier

- Cuvier: « le monde aurait subi une série de catastrophes anéantissant chaque fois la faune. Après chaque catastrophe de nouvelles espèces auraient été créées et se seraient maintenues à l'identique jusqu'à la catastrophe suivante »



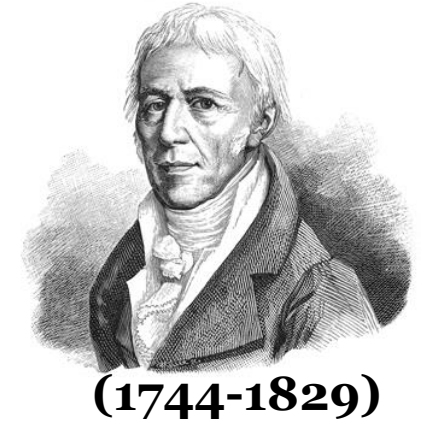
(1769-1832)



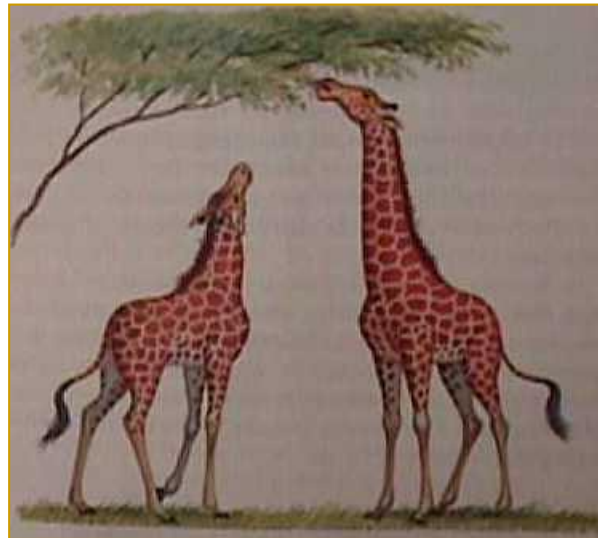
Comparaison anatomique entre un squelette fossile de mastodonte et un squelette actuel d'éléphant (planches originales de Cuvier)

# Le transformisme de Lamarck

- Lamarck : « les espèces se modifient progressivement au cours du temps à partir d'un état primitif très simple apparaissant par génération spontanée. »

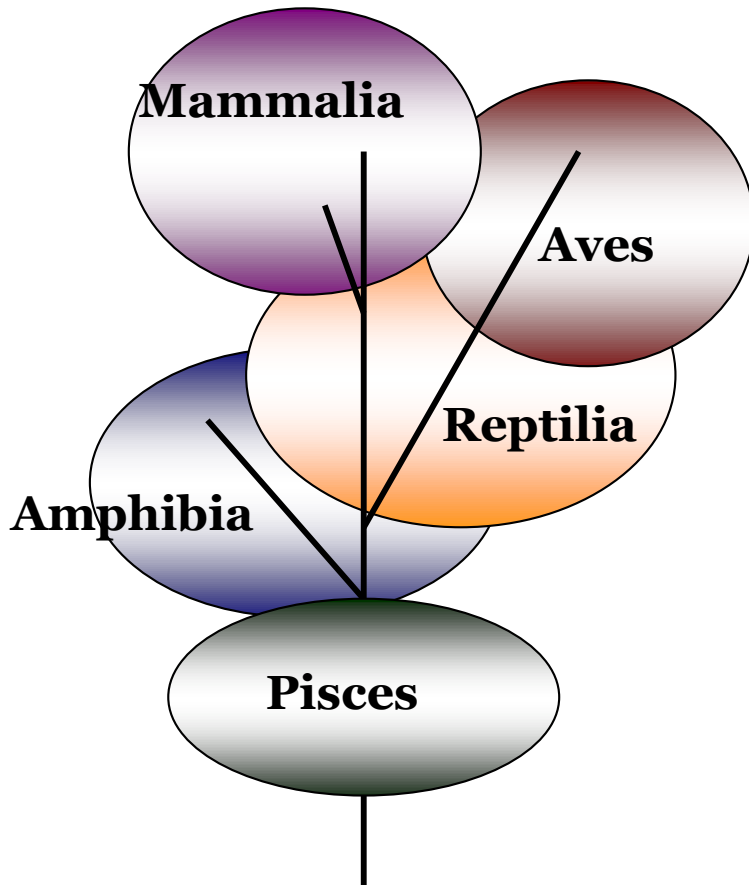


Herbier (19 000 espèces cf mnhn)



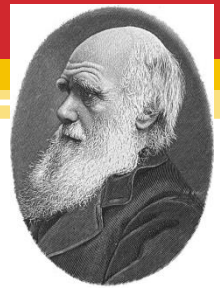
Lamarckisme => hérédité des caractères acquis

Problème: chez nombre d'évolutionnistes du 18-19<sup>e</sup> siècle, la phylogénie repose sur des groupes privatifs (échelle des êtres déguisée)

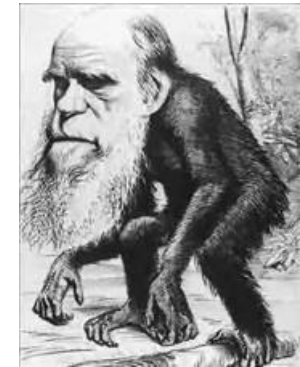


« Great moments in evolution »  
(Gary Larson)

# Darwin (1809-1882)



- Révolution: Ce n'est plus l'homme qu'on place au centre de la classification mais l'apparementement => Darwin accusé de dénier l'existence de Dieu en redéfinissant l'homme comme le résultat d'un processus naturel

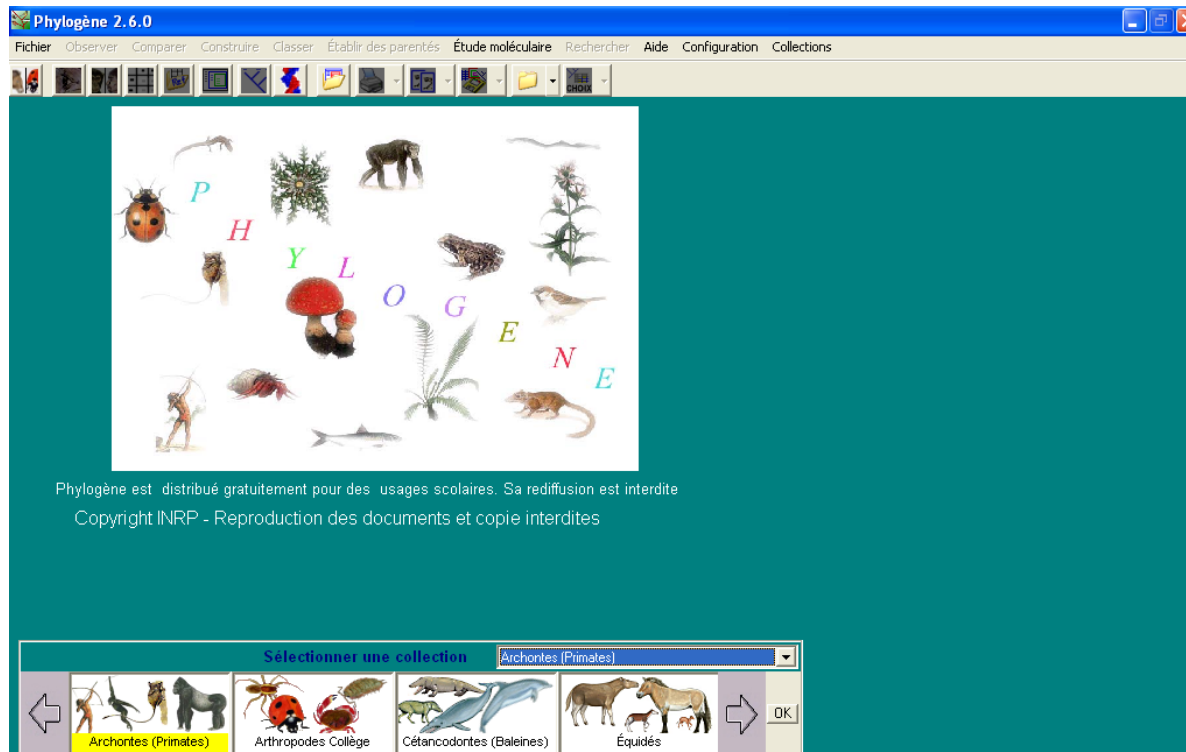


Pour Darwin, la classification est généalogique, mais nous n'avons pas les généalogies; donc les ancêtres ne sont pas identifiés.

=> **On ne peut répondre à la question qui descend de qui, mais seulement à la question qui est plus proche de qui?**

# La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des Primates

Savoir utiliser un logiciel de données anatomiques, Phylogène, et construire des arbres phylogénétiques



# Toupaïe



forêts tropicales du sud-est asiatique

Présence de griffes  
et non d'ongles:  
état ancestral  
Nb: allaitement +  
poils = caractères  
dérivés  
caractérisant le  
groupe Mammifères  
Autres états  
ancestraux: queue,  
rhinarium, pouces  
non opposables,  
orbites ouvertes

# Tarsier



État dérivé:  
pouce opposable  
+ ongles plats =>  
Primates  
Perte du  
rhinarium:  
haplorhinien

îles du Sud-Est de l'Asie dont les Philippines, Sulawesi, Bornéo et Sumatra

# Saki



Caractères dérives  
= Ongles plats +  
pouces opposables  
+ orbites fermées

Amérique du Sud

# Babouin



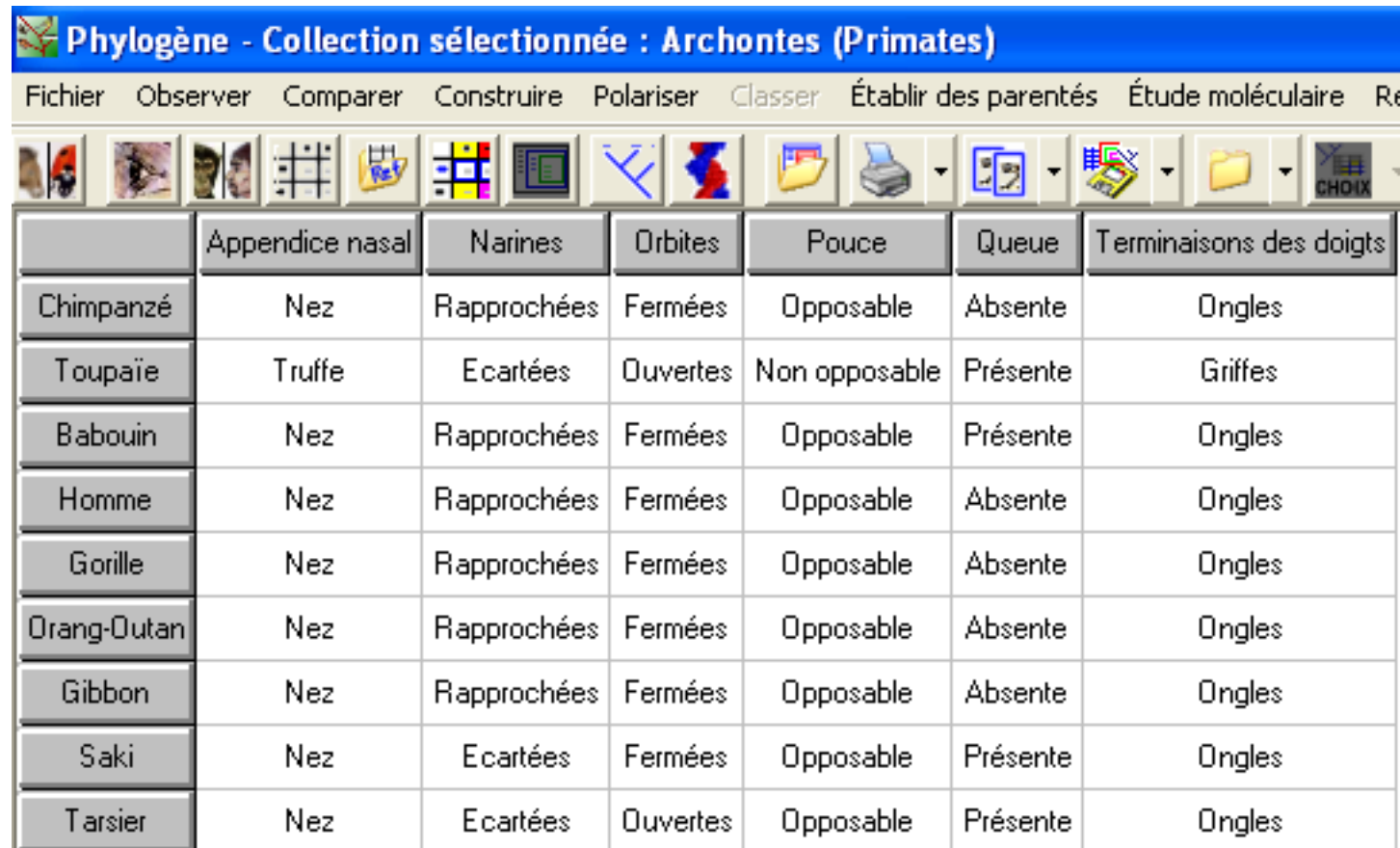
Caractères dérives  
= Ongles plats +  
pouces opposables  
+ orbites fermées +  
narines  
rapprochées

**Afrique australe**

# Matrice Taxons-Caractères obtenue avec Phylogène

Phylogène - Collection sélectionnée : Archontes (Primates)

Fichier Observer Comparer Construire Polariser Classer Établir des parentés Étude moléculaire Re



	Appendice nasal	Narines	Orbites	Pouce	Queue	Terminaisons des doigts
Chimpanzé	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Absente	Ongles
Toupaïe	Truffe	Ecartées	Ouvertes	Non opposable	Présente	Griffes
Babouin	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Présente	Ongles
Homme	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Absente	Ongles
Gorille	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Absente	Ongles
Orang-Outan	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Absente	Ongles
Gibbon	Nez	Rapprochées	Fermées	Opposable	Absente	Ongles
Saki	Nez	Ecartées	Fermées	Opposable	Présente	Ongles
Tarsier	Nez	Ecartées	Ouvertes	Opposable	Présente	Ongles

# Arbre phylogénétique le plus parcimonieux obtenu avec Phylogène

Légende:

Établissement des liens de parenté par la construction d'un arbre cladistique

- Faire apparaître les taxons un par un en cliquant sur leur nom dans le tableau
- Les placer sur l'arbre un par un avec la souris les brancher sur ou avec les taxons dont ils partagent un caractère dérivé exclusif.

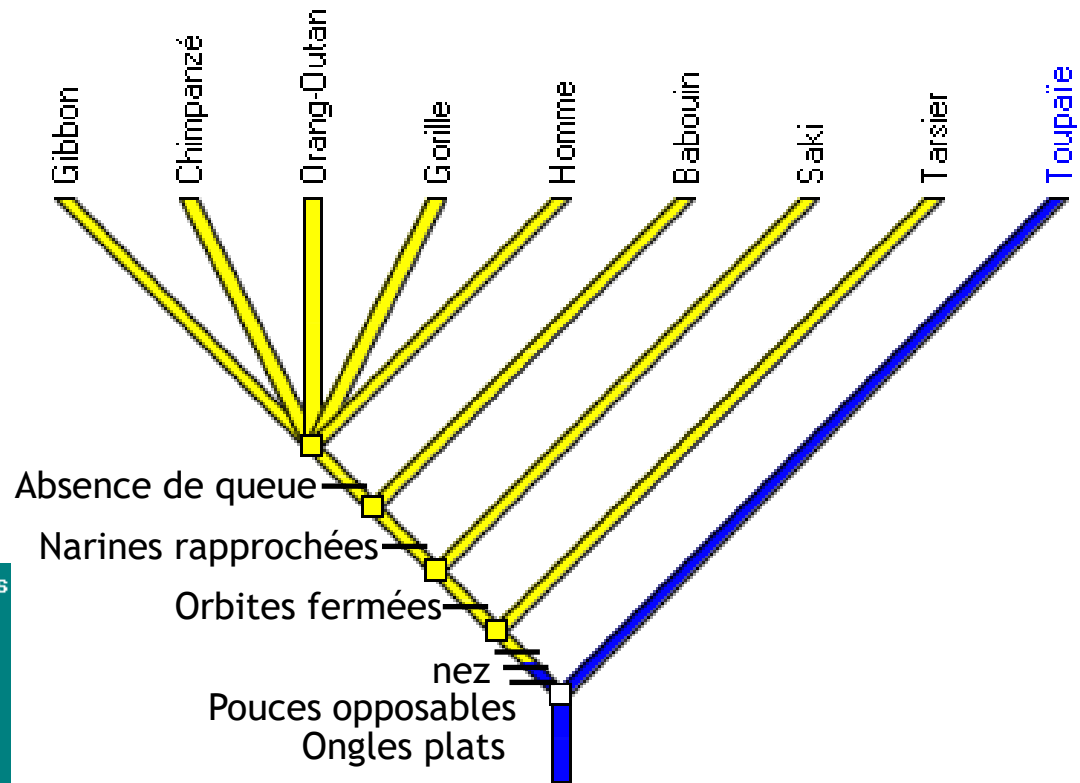
- noeud correspondant à un caractère dérivé exclusif partagé
- autre noeud

Mode  
 Édition  Exploration

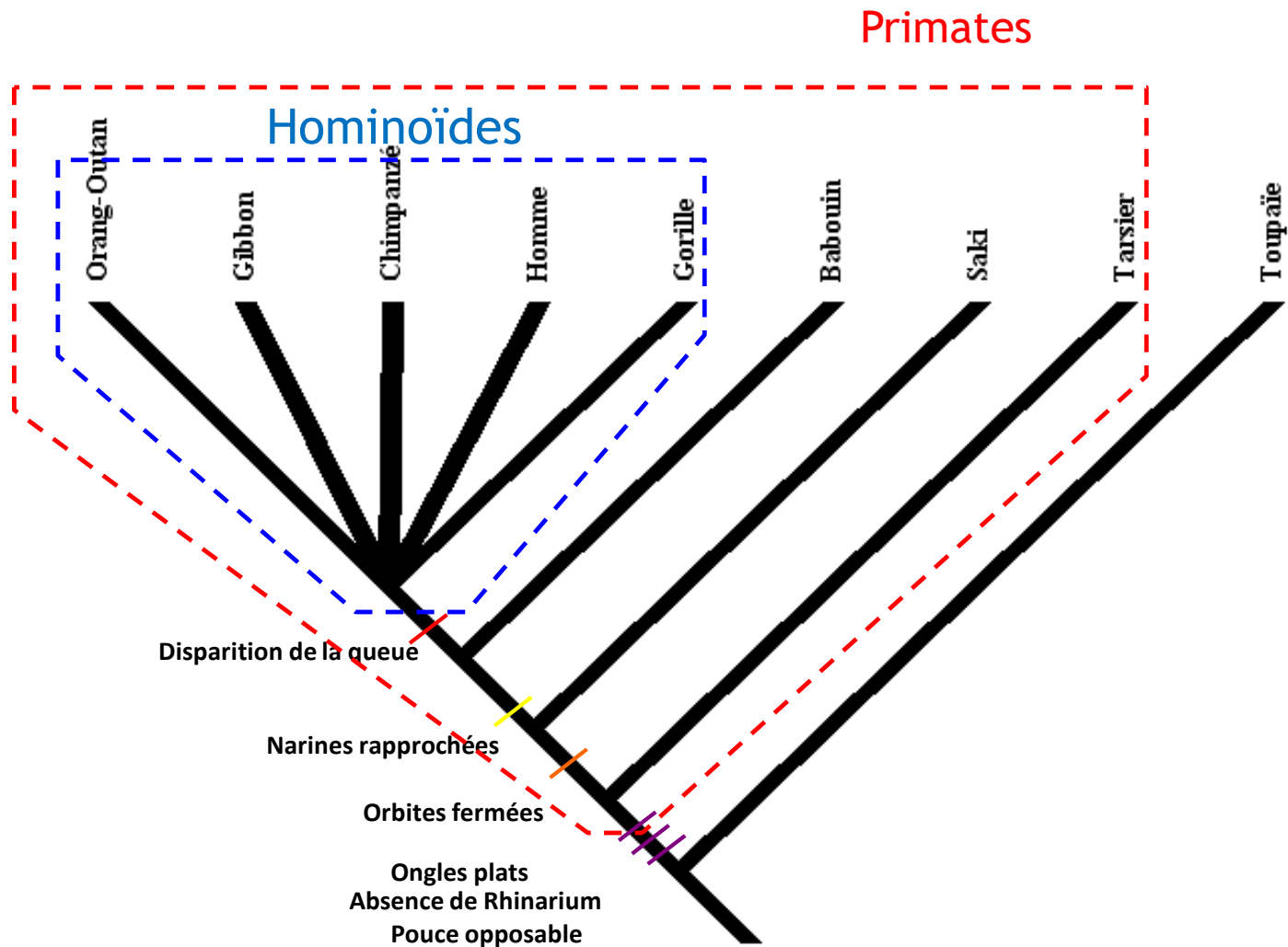


Terminaisons des doigts

- Griffes (état primitif)
- Ongles (état dérivé)



# Place de l'Homme au sein des Primates:



**L'Homme est un Primate** car:

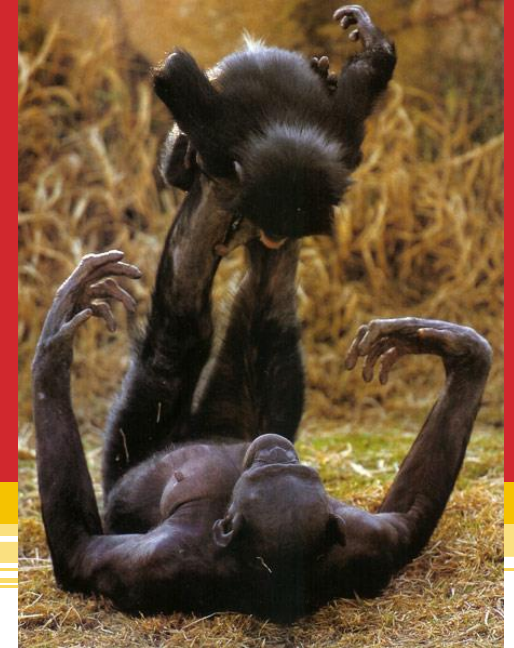
- Il a des ongles plats
- Ses pouces sont opposables
- Il n'a pas de truffe (rhinarium)

**L'Homme est un Hominoïde** car:

- il n'a pas de queue

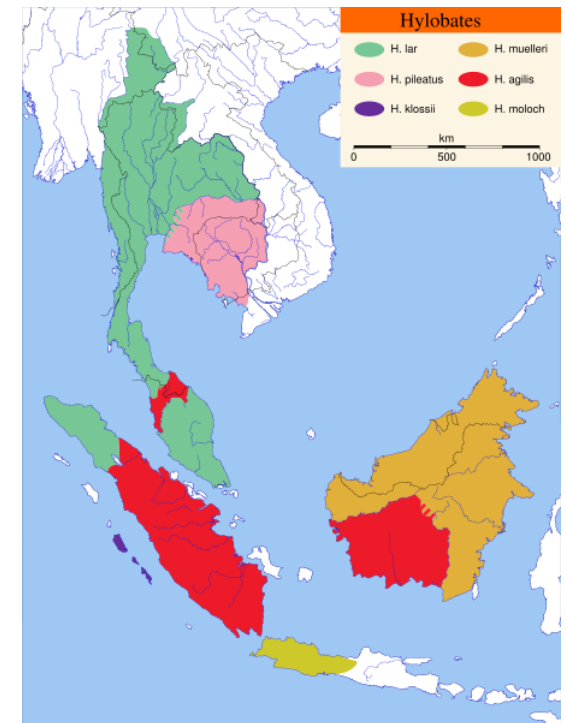
Parmi les **Hominoïdes**, Gorille, Chimpanzé, Gibbon, Orang-outan, et Homme, qui est plus proche de qui?

# La place de l'Homme

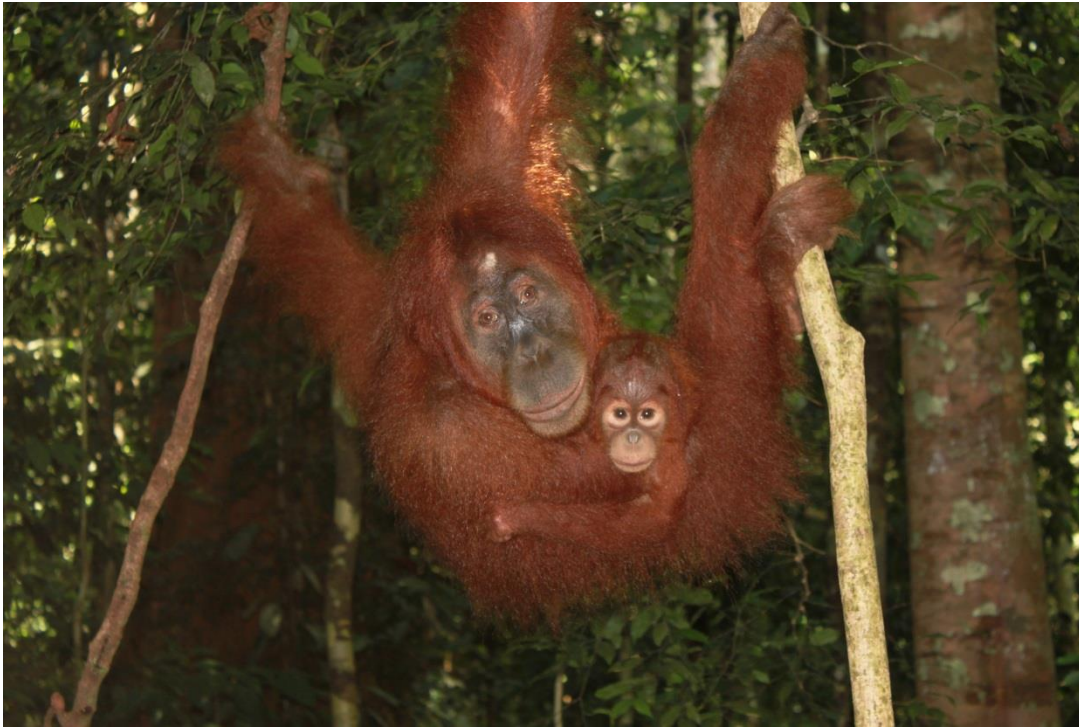


parmi les Hominoïdes

# Gibbon



# Orang Outang (Pongidés)

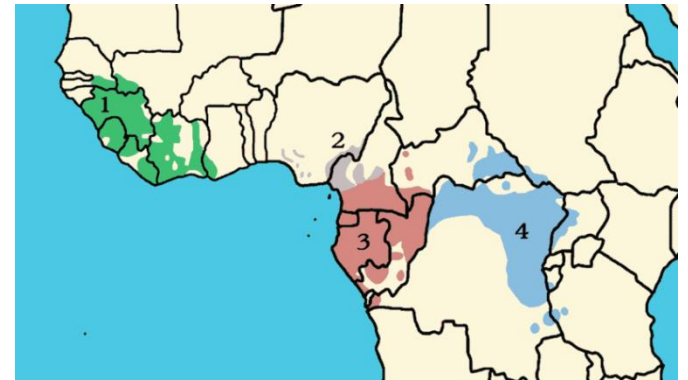


*Source: S. Dalaine*



45 000 et 69 000 individus à  
Bornéo et 6 000 à Sumatra.

# Chimpanzé



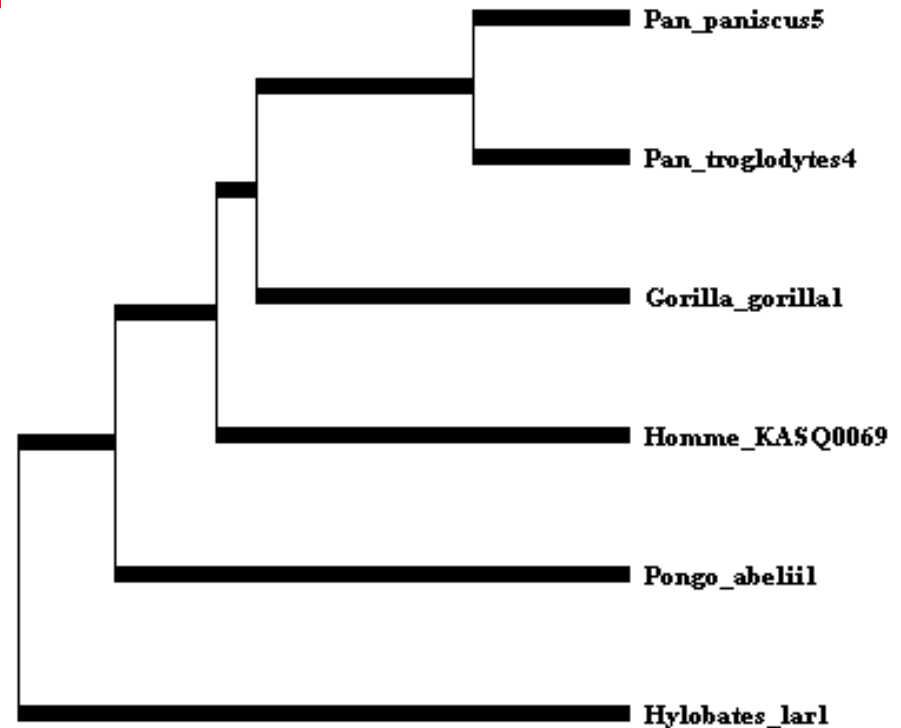
# Gorille



40 000 et 80 000 individus

# Molécule COI des Hominoïdes, comparaison absolue (nombre de différences) des séquences peptidiques

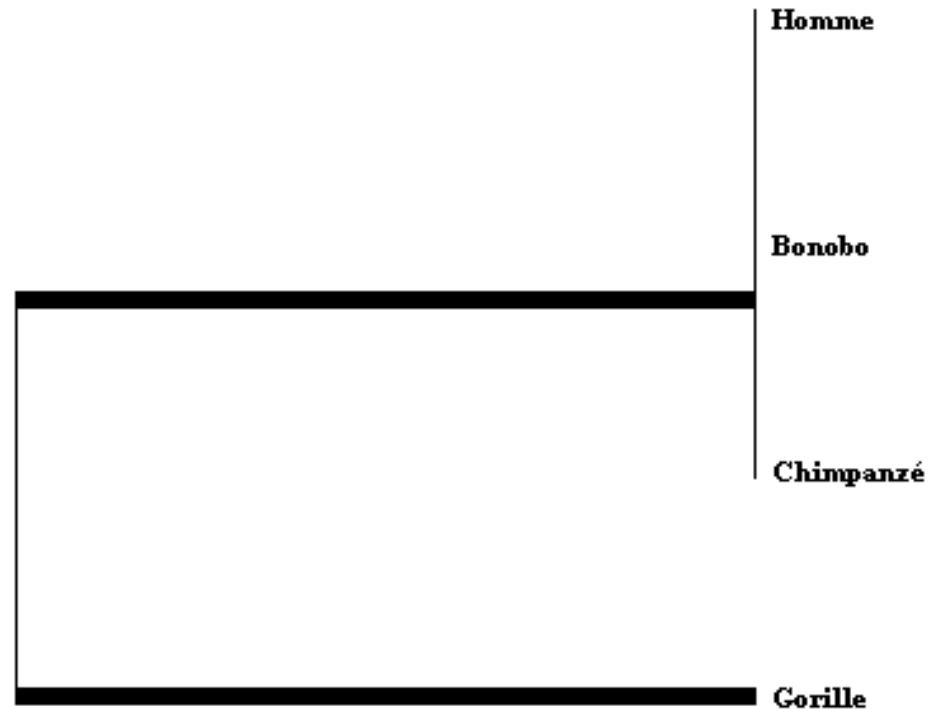
	Homme_KASQ0069	Gorilla_gorilla1	Hylobates_lar1	Pan_pan
Homme_KASQ0069	0	67	97	66
Gorilla_gorilla1		0	102	57
Hylobates_lar1			0	96
Pan_paniscus5				0
Pan_troglodytes4				
Pongo_abelii1				



Arbre obtenu avec la matrice des distances = phénogramme

# Opsines, comparaison des séquences peptidiques (en distance absolue, nombre de différences)

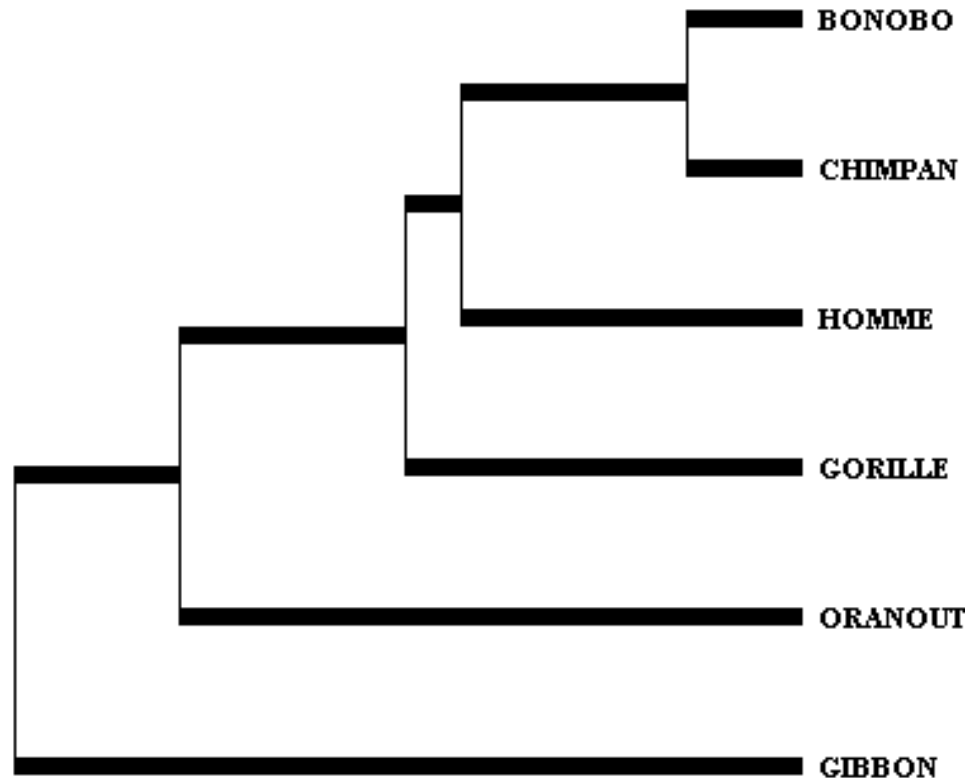
	Homme	Gorille	Bonobo	Chimpanzé
Homme	0	1	0	0
Gorille		0	1	1
Bonobo			0	0
Chimpanzé				0



Arbre obtenu avec la matrice des distances = phénogramme

# Molécule COX 2 des Hominoïdes, comparaison absolue (nb de différences) des séquences peptidiques

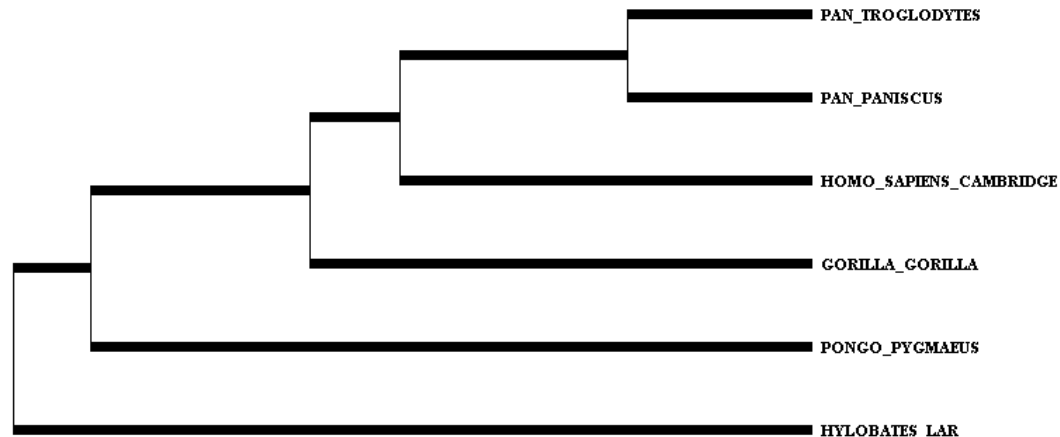
	BONOBO	CHIMPAN	HOMME	GORILLE	ORANOUT	GIBBON
BONOBO	0	2	6	7	12	14
CHIMPAN		0	6	7	12	14
HOMME			0	7	14	13
GORILLE				0	9	14
ORANOUT					0	14
GIBBON						0



Arbre obtenu avec la matrice des distances = phénogramme

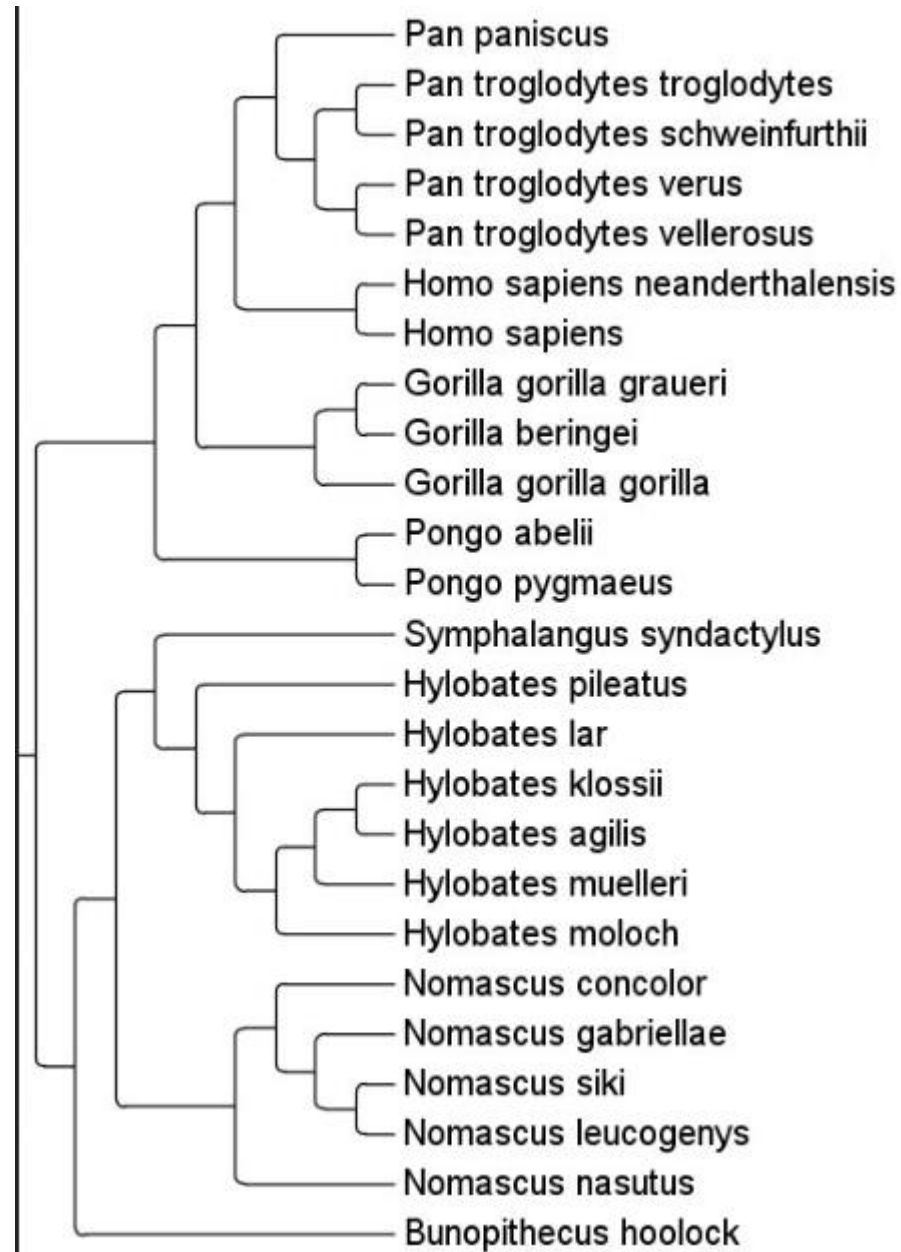
# Comparaison des séquences peptidiques en % de l'ADN mitochondrial (% de différences)

	PAN_TROGLODYTES	PAN_PANISCUS	GORILLA_GORILLA	PONGO_PYGMAEUS	HYLOBATES_LAR
HOMO_SAPIENS_CAMBRIDGE	8.51	8.41	10.5	14.5	15.9
PAN_TROGLODYTES	0	3.79	10.3	14.7	15.9
PAN_PANISCUS		0	10.1	14.5	15.9
GORILLA_GORILLA			0	14.9	16.2
PONGO_PYGMAEUS				0	16.7
HYLOBATES_LAR					0



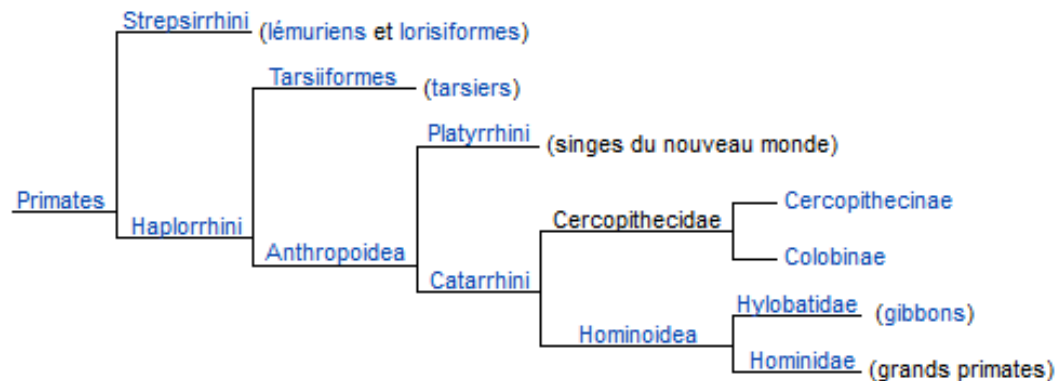
Arbre obtenu avec la matrice des distances = phénogramme

# Arbre phylogénétique de tous les Hominoïdes



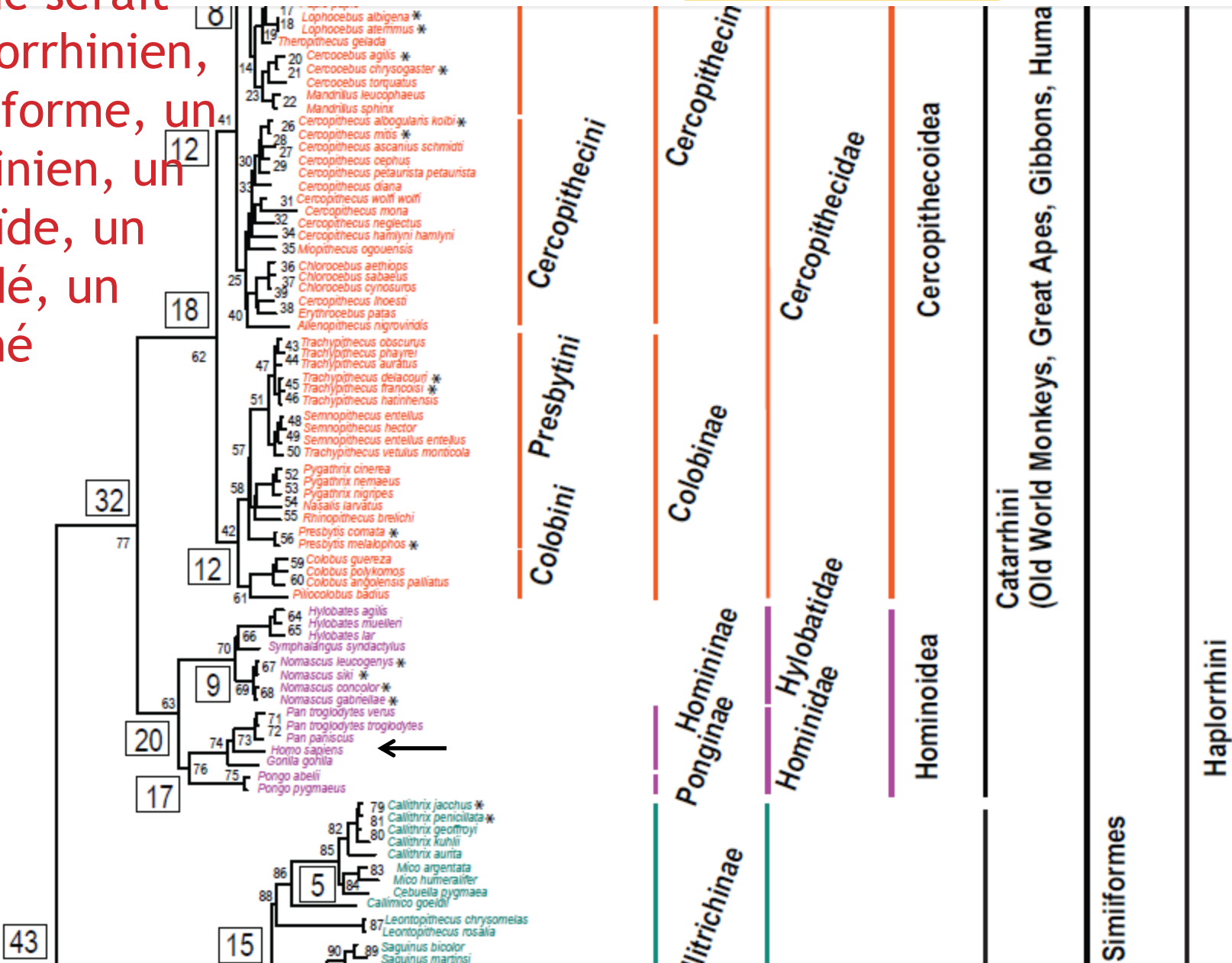
# Hominoïdes, Hominidés, Homininés, toujours en débat...

## Position phylogénétique [\[modifier\]](#)



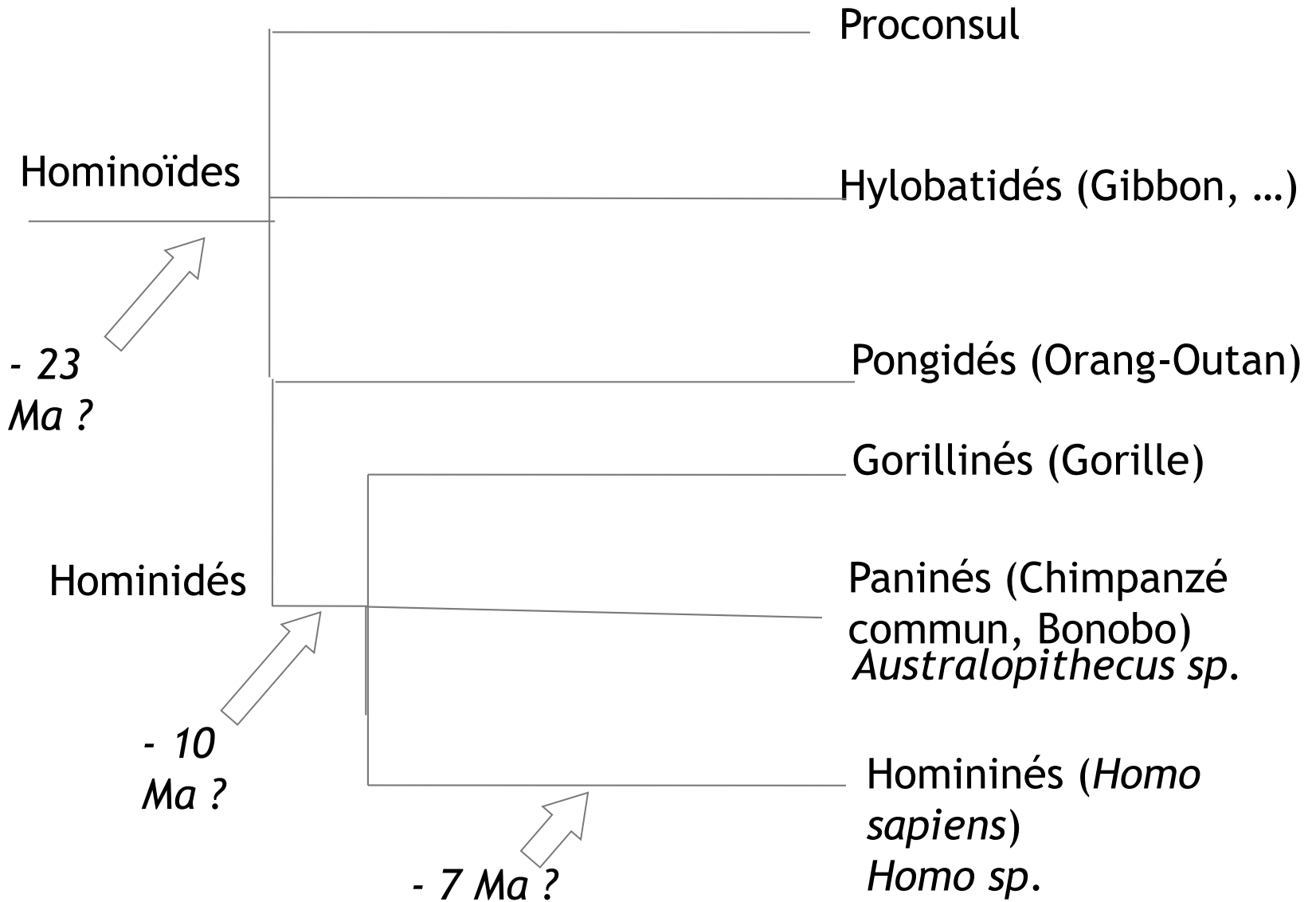
Les **cercopithecidae** sont apparus au Miocène ancien (il y a environ 19 Ma) et constituent actuellement le groupe des catarrhiniens le plus diversifié taxonomiquement. Ils se distinguent des **hominoïdés** notamment par leurs molaires très spécialisées, appelées bilophodontes.

L'Homme serait  
un Haplorrhinien,  
un Simiiforme, un  
Catarrhinien, un  
Hominoïde, un  
Hominidé, un  
Homininé



# Phylogénie moléculaire de 184 Primates

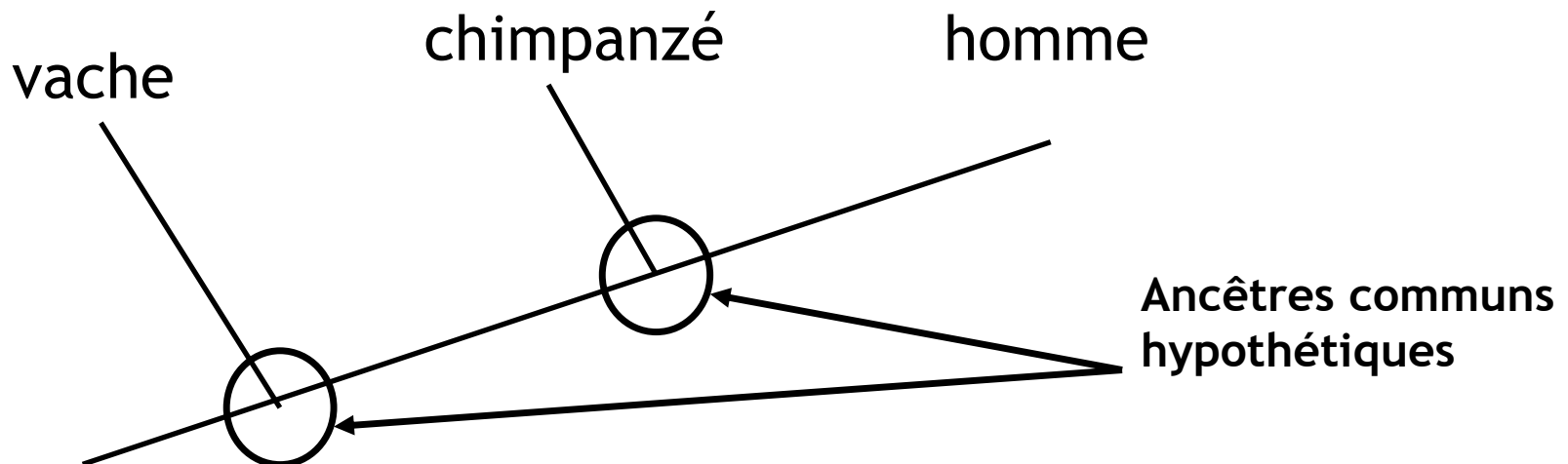




« si d'aventure un anthropomorphe s'éloignait des arbres et se redressait, alors... » LAMARCK (1744-1829)

... « l'homme descend du singe »?

**NON!**



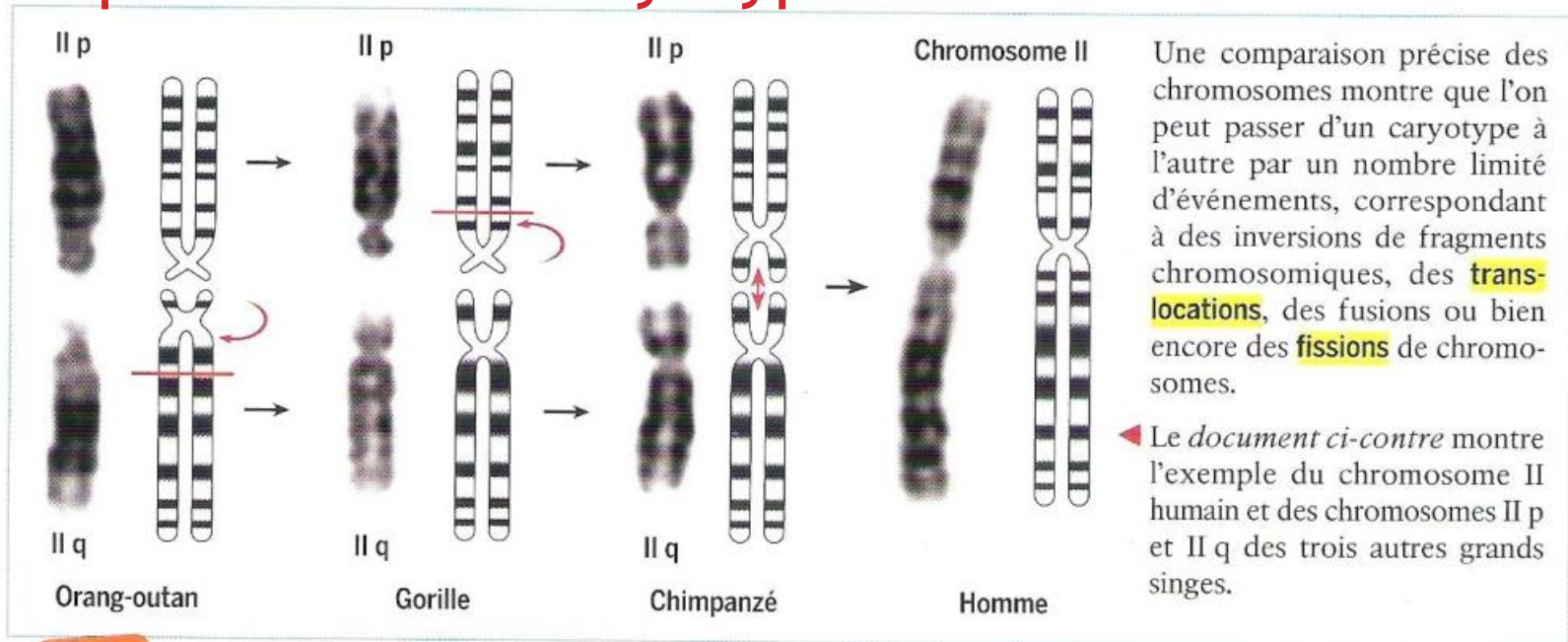


*The descent of Man .*

Charles DARWIN (1809 -1882)

Pour Charles Darwin, l'homme ne descend pas du singe mais il en est fortement apparenté.

# Comparaison des caryotypes et conclusion ...



**Doc. 2** Des différences qui peuvent s'expliquer par des remaniements chromosomiques.

*D'après Bordas SVT TS ed. 2012, p.84*

*Homo sapiens* et *Pan troglodytes* sont **génétiquement très fortement apparentés**. Le caryotype de *P. troglodytes* est  $2n=48$  et de *H. sapiens*  $2n=46$ .

On peut donc supposer que leur ancêtre commun possédait  $2n=48$  auquel cas, l'Homme serait né de la fusion de 2p et 2q, l'individu n'aurait alors pas pu engendrer une descendance fertile avec les  $2n=48 \Rightarrow$  naissance d'une nouvelle espèce, aboutissant à *Homo sapiens*!

Ou bien, l'ancêtre commun à *H. sapiens* et *P. troglodytes* avait  $2n=46$ , une fission des chromosomes 2, aboutit à un nouvel individu  $2n=48$ , incapable de se reproduire avec les membres de sa tribu  $\Rightarrow$  naissance d'une nouvelle espèce aboutissant à *P. troglodytes*.

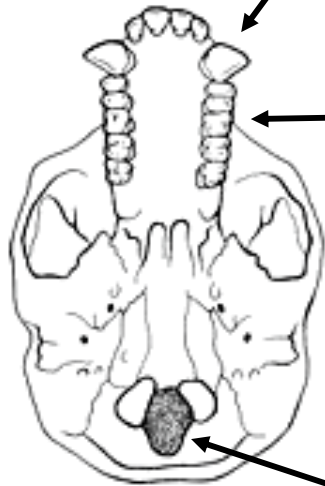
Une fois encore, tout est une question de fertilité liée à l'appariement des homologues en **PI...**

# Les critères d'appartenance à la lignée humaine

- **Critères crâniens:**
- Faible prognathisme, redressement de la face
- Bourrelets supra-orbitaires peu marqués
- Petites canines
- Volume crânien  $> 350 \text{ cm}^3$
- Crâne de forme ovoïde
- Arcades zygomatiques peu développées
- Trou occipital en position avancée => adaptation à la bipédie
- Mâchoire (mandibule) en « V »
- Apparition d'un menton

# Position du trou occipital

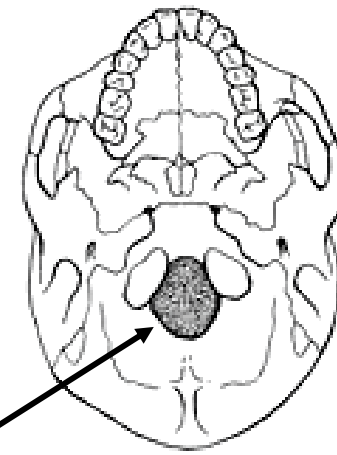
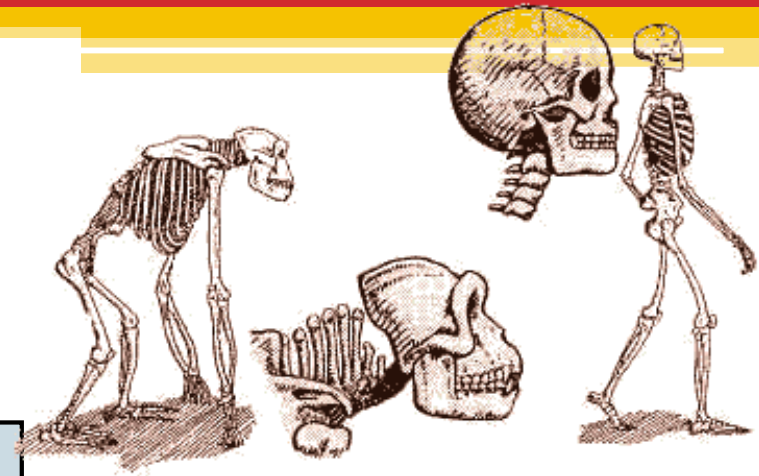
Canines très développées  
(surtout chez les mâles)



grand singe

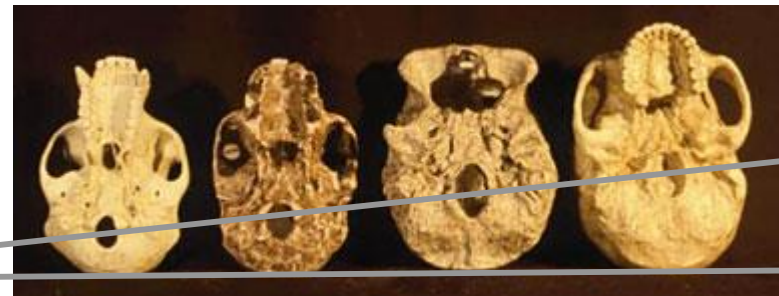
Dentition en « U » chez les grands singes

Position du trou occipital plus reculée chez les grands singes



homme

Noter la différence dans la dentition entre grands singes et humains.



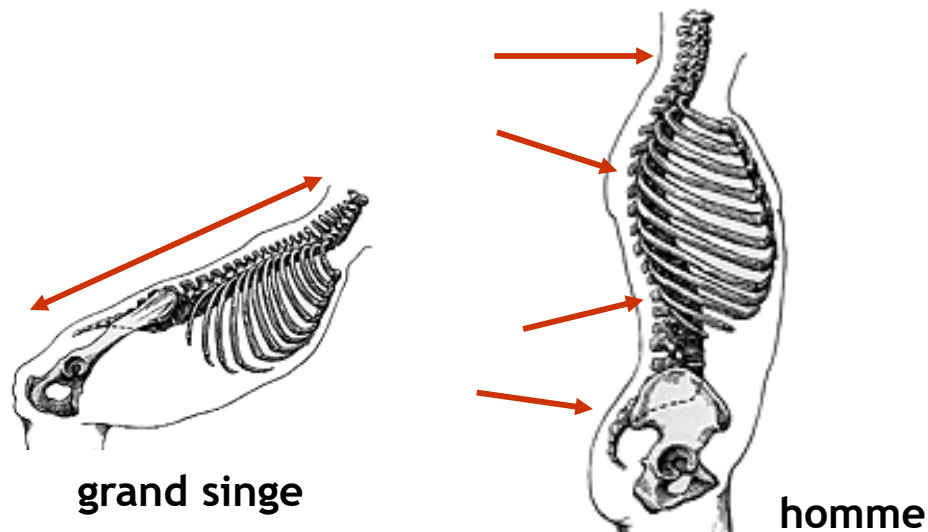
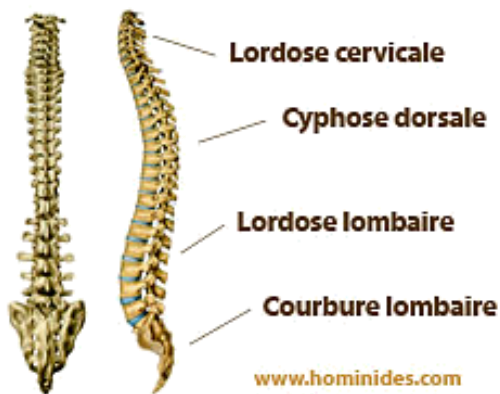
# Les critères d'appartenance à la lignée humaine

- Critères concernant le squelette vertébral et des membres:
- Colonne vertébrale à 4 courbures => position redressée
- Longueur des membres postérieurs > longueur des membres antérieurs => mode de locomotion bipède et non brachiation
- Col du fémur allongé, fémur oblique=> démarche droite et non chaloupée en position bipède
- Bassin court, robuste et évasé=> adaptation à la position redressée pour la rétention des viscères
- Perte des pouces opposables des pieds => bipédie facilité (plus grande stabilité)
- Présence d'une voûte plantaire: limite les frottements dans la locomotion bipède

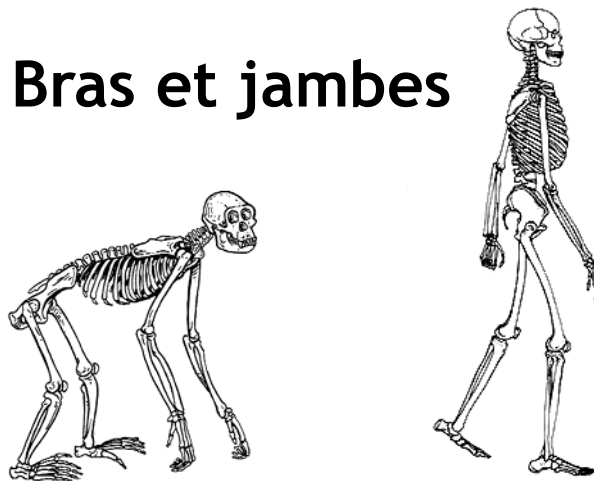
# Adaptations du squelette à la bipédie

## Colonne vertébrale

Colonne vertébrale présentant 4 courbures chez l'homme



## Bras et jambes

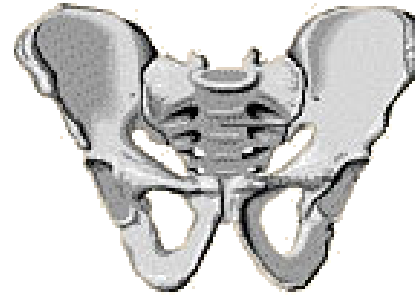


Les bras sont plus courts que les jambes chez l'homme

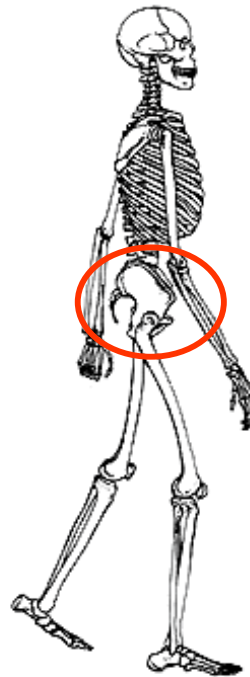
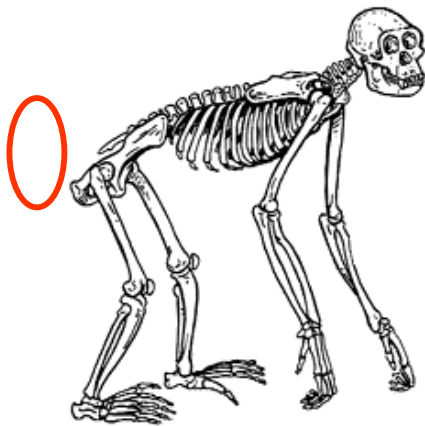
# Bassin



grand singe



homme



Bassin humain plus large et plus robuste (doit supporter les organes abdominaux en position redressée).

Sacrum plus robuste

# Fémur



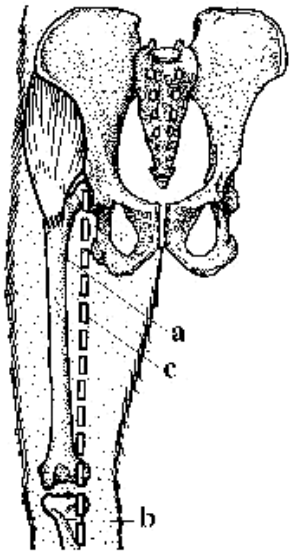
Chimpanzé



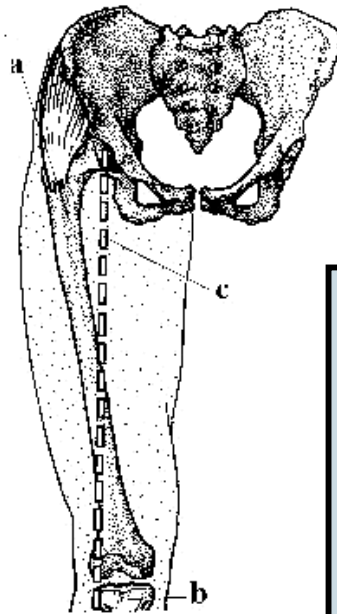
Pré-humain



Homme



Chimpanzé



Humain



Fémur long chez l'humain

Col du fémur plus long chez l'humain

Le fémur est orienté différemment par rapport au bassin

# Pieds



gros orteil

Le gros orteil, chez l'homme, est dans le prolongement du pied.

Le pied n'est pas préhensile (le gros orteil ne peut pas s'opposer aux autres orteils) chez l'homme.

Pied présentant une voûte plantaire chez l'humain.



# 1°) Toumaï: *Sahelanthropus tchadensis*

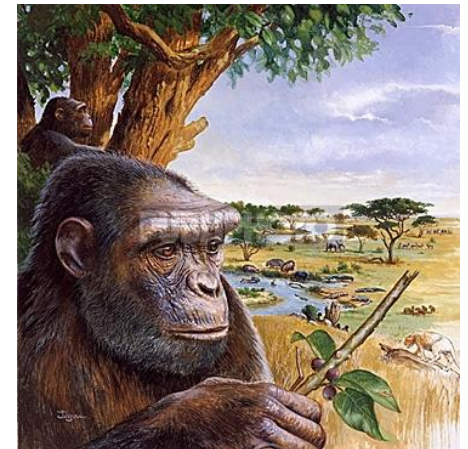
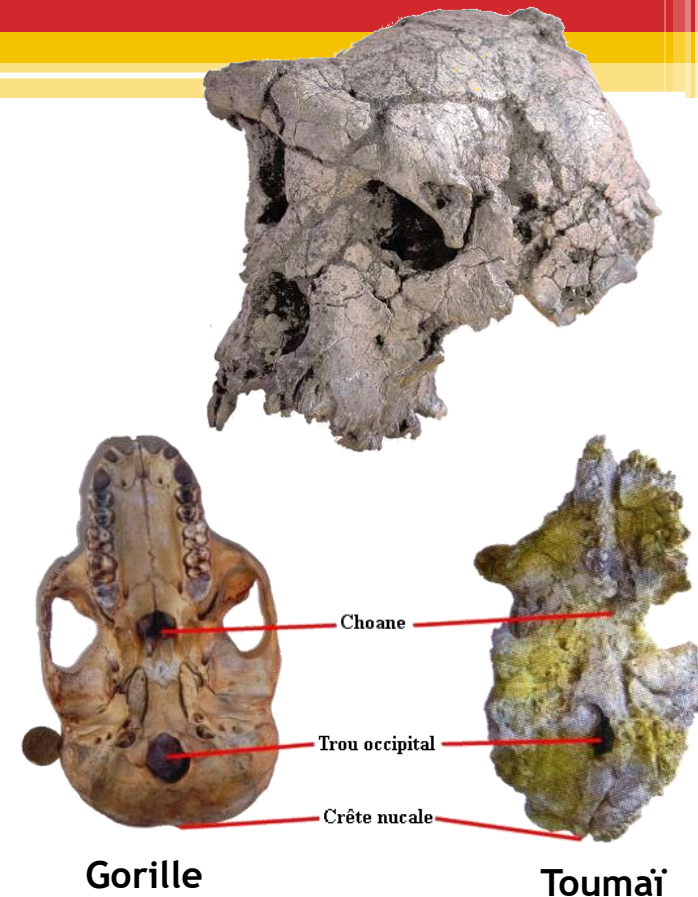
Découvert en juillet 2001, par l'équipe de Michel Brunet au Tchad. On ne possède que le crâne, quelques dents et des fragments de mâchoire.

Daterait de **-7 Ma** (datation relative).

Trou occipital témoigne d'une position dressée. Bipède ???

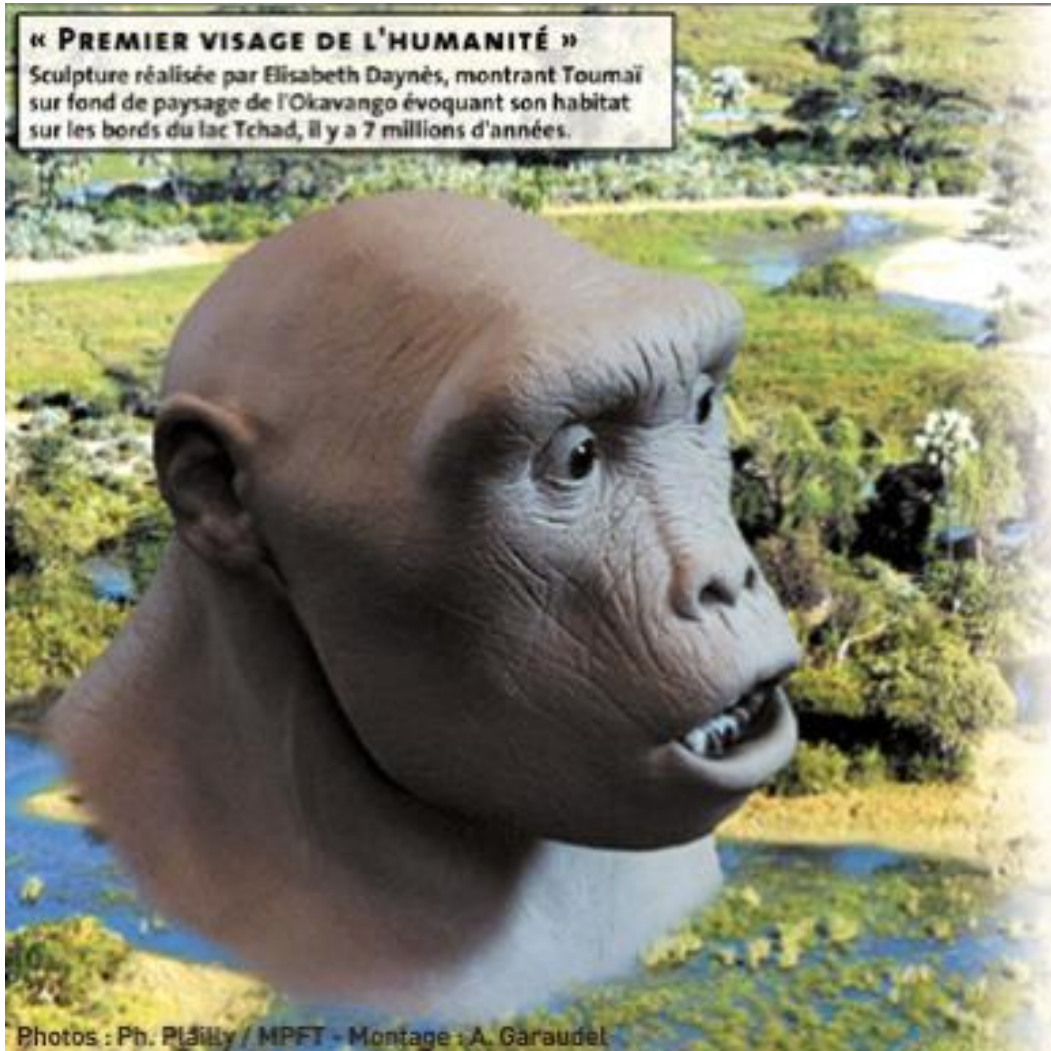
Face plus aplatie que celle des grands singes.

Mesurait environ 1 à 1,3 m. Capacité crânienne proche de celle du chimpanzé (360 à 370 cm<sup>3</sup>).

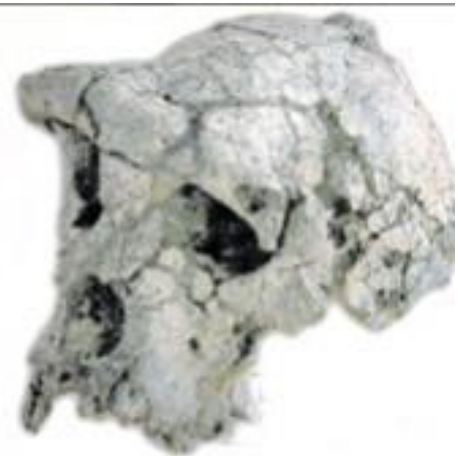


**« PREMIER VISAGE DE L'HUMANITÉ »**

Sculpture réalisée par Elisabeth Daynés, montrant Toumaï sur fond de paysage de l'Okavango évoquant son habitat sur les bords du lac Tchad, il y a 7 millions d'années.



Photos : Ph. Plisly / MPFT - Montage : A. Garaudel



Le crâne de Toumaï (original), découvert en 2001 dans le désert du Djourab, au Tchad



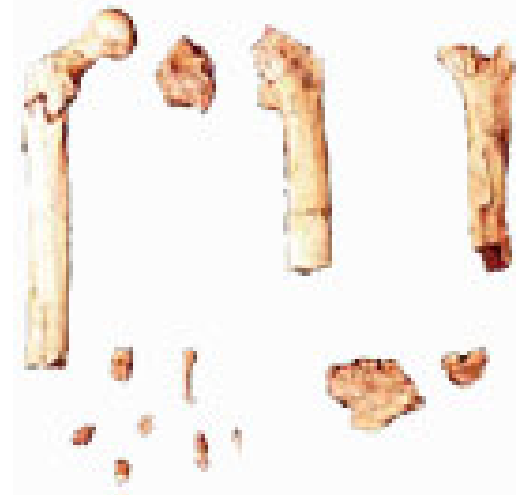
Moulage stéréolithographique

## 2°) *Orrorin tugenensis*: le fossile du millénaire

-anthropologie moléculaire => séparation entre lignée des Chimpanzés et celle des hommes = entre -5 et -8 millions d'années

-... découverte en 2001 par l'équipe de Brigitte Senut et Martin Pickford, dans les collines Tugen du Kenya, d'Orrorin (« l'homme originel ») -6 Ma , Homininé d'assez grande taille (1,20 m) -> mandibule assez archaïque, bras long (=> suspension), mais...

Fémur robuste ayant un col développé portant une tête sphérique de grande taille => **BIPEDIE!!!**



### 3°) Les *Australopithecus africanus* (Afrique du Sud uniquement, -3,2 -2,8 Ma)

**Enfant de Taung:** premier Australopithèque trouvé en Afrique du Sud (1924 par R. Dart) *Australopithecus africanus* (« le singe d'Afrique du Sud »)



Assez grands (1,30 m plus de 40 kg)



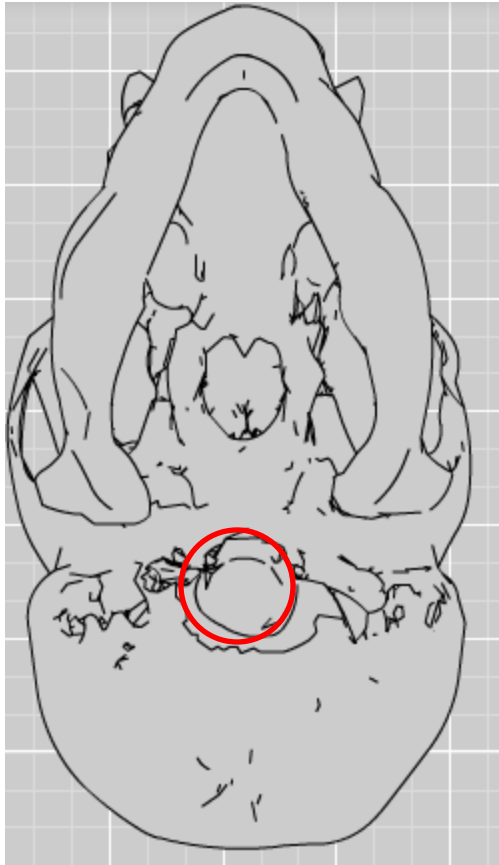
**Mme PLES**, victime d'un tigre à dents de sabre ...

## 4°) Les Australopithecus afarensis (Tanzanie, Éthiopie; -4,1 -2,9 Ma)

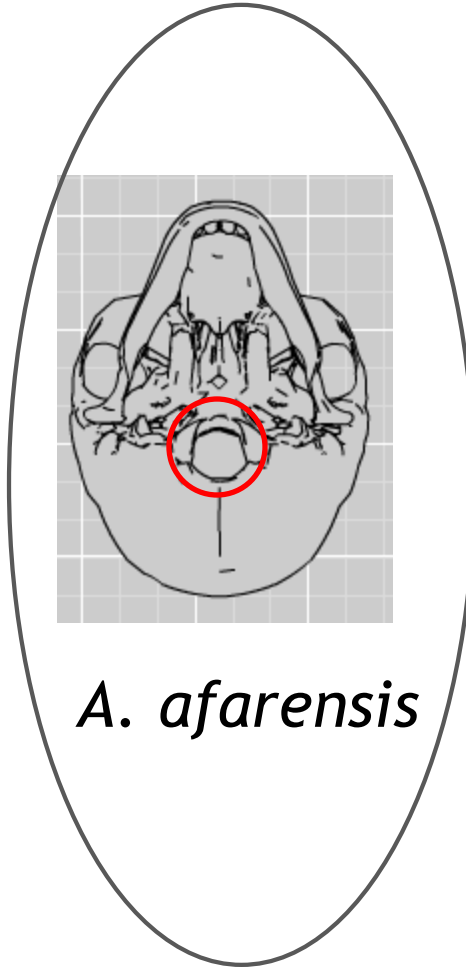
Lucy découverte par Donald Johanson, Maurice Taïeb et Yves Coppens en 1978 (Age: -3,2 Ma)

- volume du cerveau: 350 -400 cm<sup>3</sup>
- Lobe pariétal du cortex cérébral organisé de la même façon que chez H. sapiens => gestion de toutes les info sensorielles et motrices primaires
- face prognathe, mâchoires robustes => grande mastication
- molaires couvertes d'un émail très épais (caractère primitif)
- un bassin très humain adapté à la marche: court et très évasé

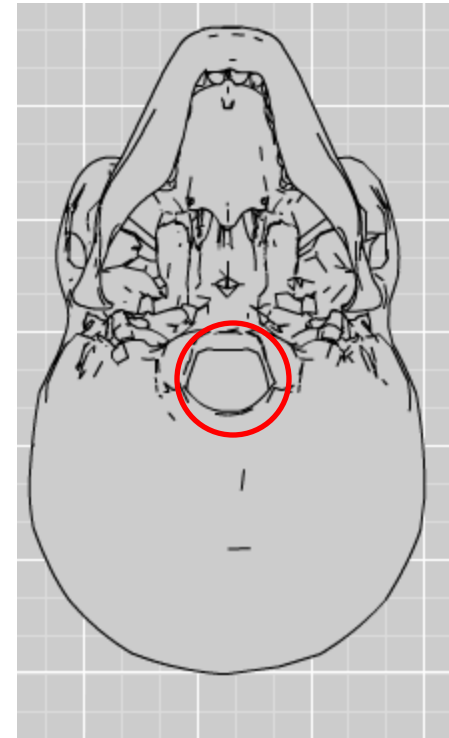




*G. gorilla*



*A. afarensis*



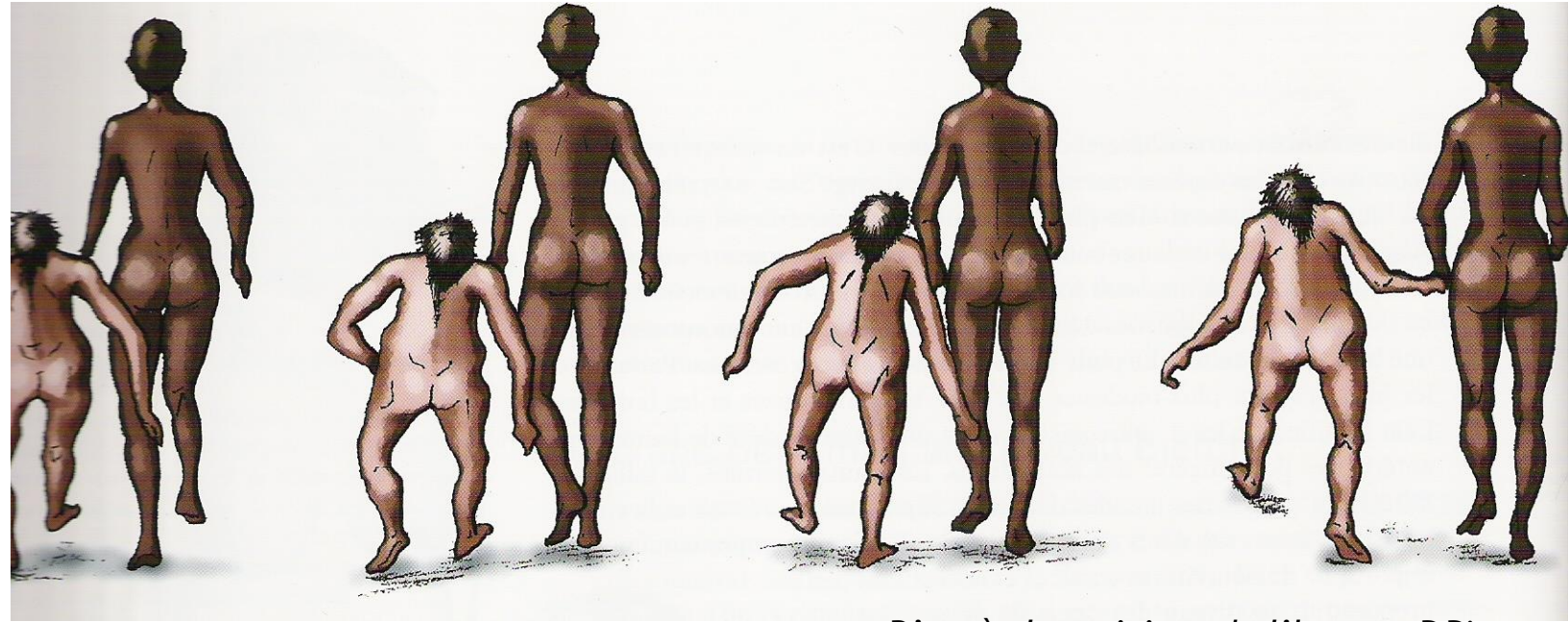
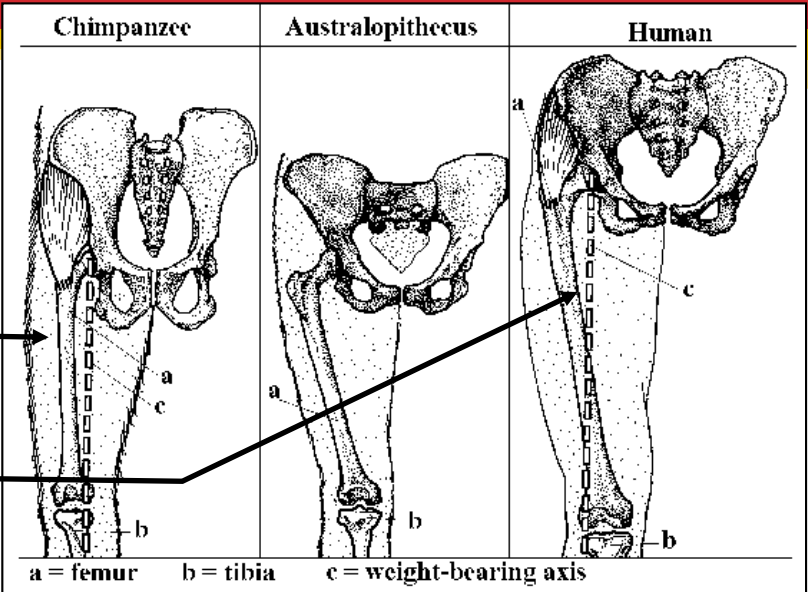
*H. sapiens*

Trou occipital vers l'avant...

... mais une démarche chaloupée

Fémur vertical

Fémur oblique

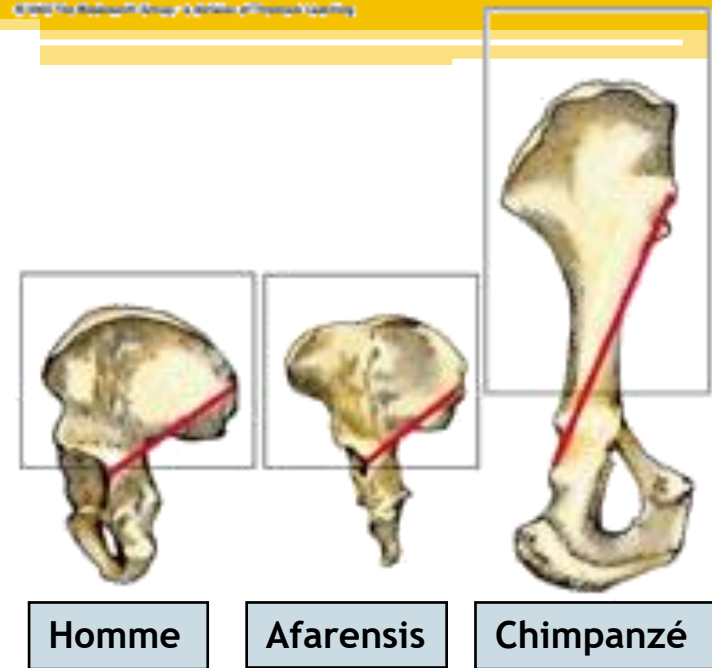
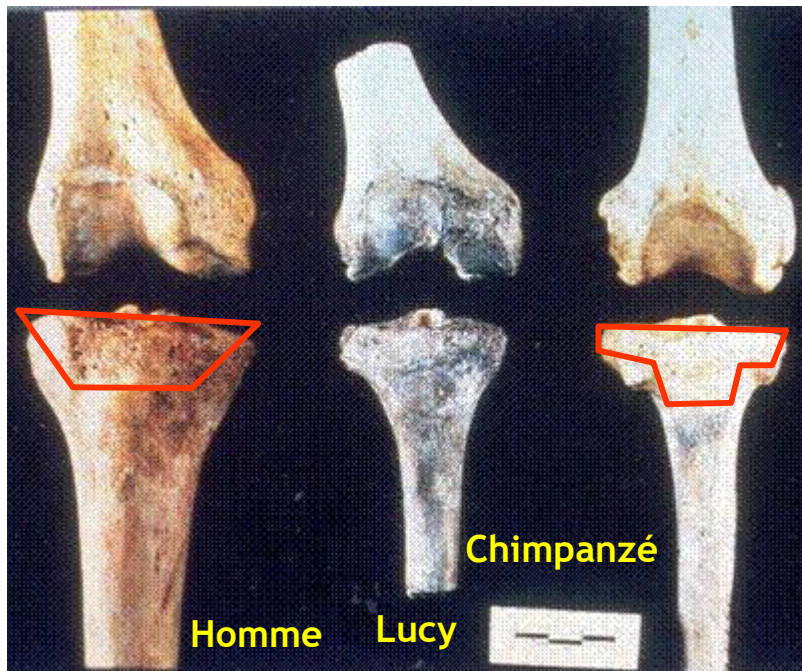


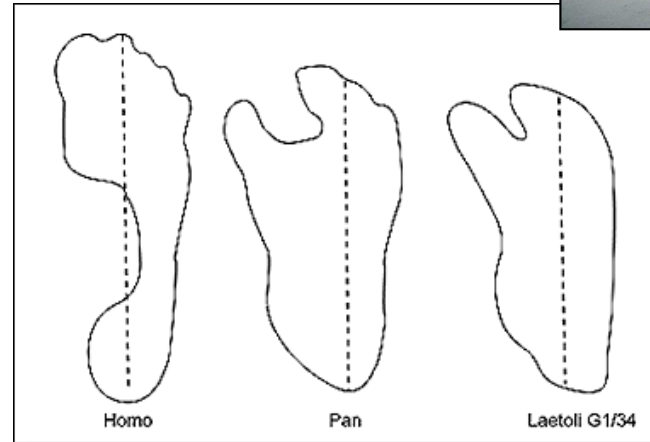
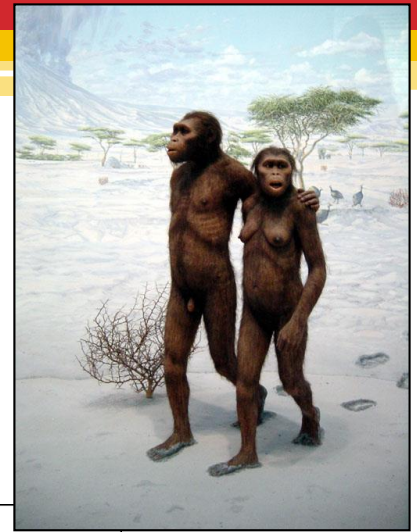
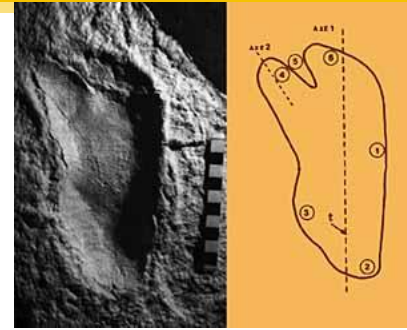
D'après les origines de l'homme P.Picq

## La bipédie des afarensis

Bassin plus près de celui des humains que des grands singes.

Genou typiquement bipède, intermédiaire entre celui de l'homme et celui des grands singes.





D'après les travaux d'Y. DELOISON

Empreintes de pas sur le site de Laetoli (Tanzanie)

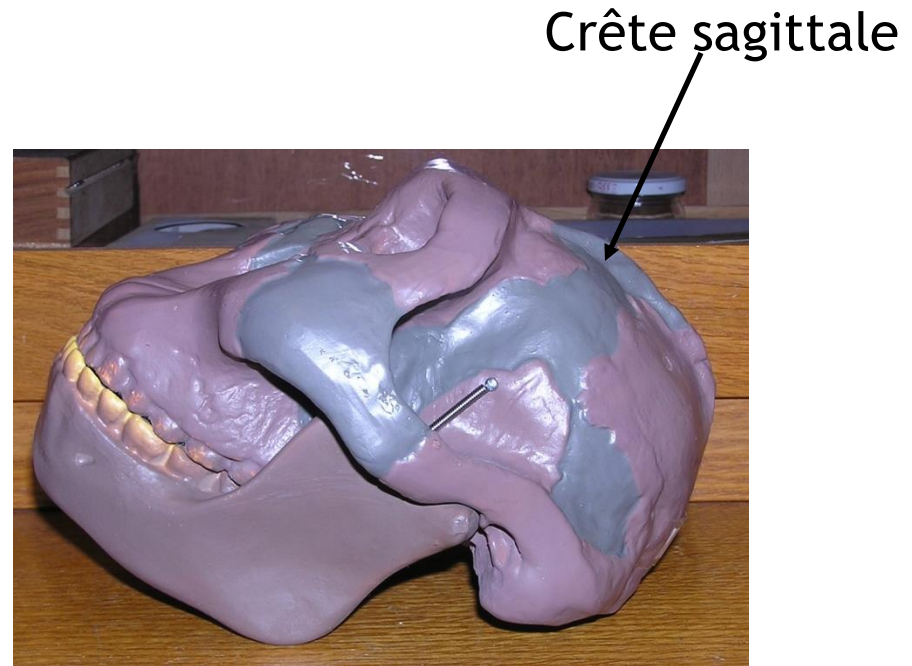
**-3,6 Ma** (*A. afarensis* ou *anamensis* ?)

## Les *Australopithecus afarensis*:

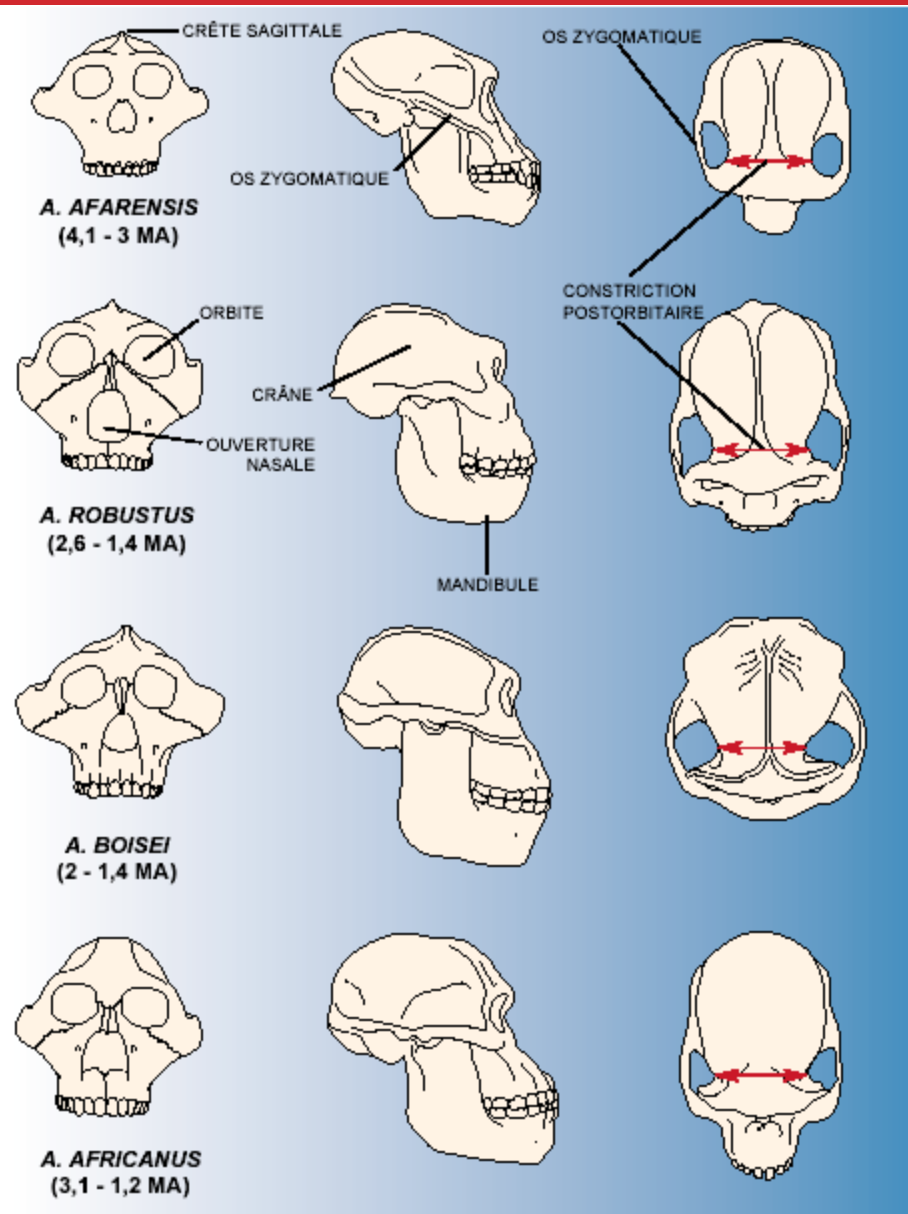


- Taille d'environ 1 m à 1,30 m
- Poids entre 25 et 30 kg
- Un crâne petit, sans front, avec un bourrelet au-dessus des orbites et un occiput anguleux
- Une face assez massive mais dont le menton fait défaut
- Des canines proches de celles des hommes avec peu d'espace entre canine et prémolaire
- Le volume du cerveau est compris entre 300 et 500 cm<sup>3</sup>

## 5°) Paranthropus boisei



Des mâchoires développées associées à des muscles masticateurs puissants rattachés au sommet du crâne: adaptation à un régime végétarien à base de racines coriaces



... de nombreuses espèces d'Australopithèques

## 6°) Les autres Paranthropus



*P. aethiopicus*



*P. robustus*



*P. boisei*



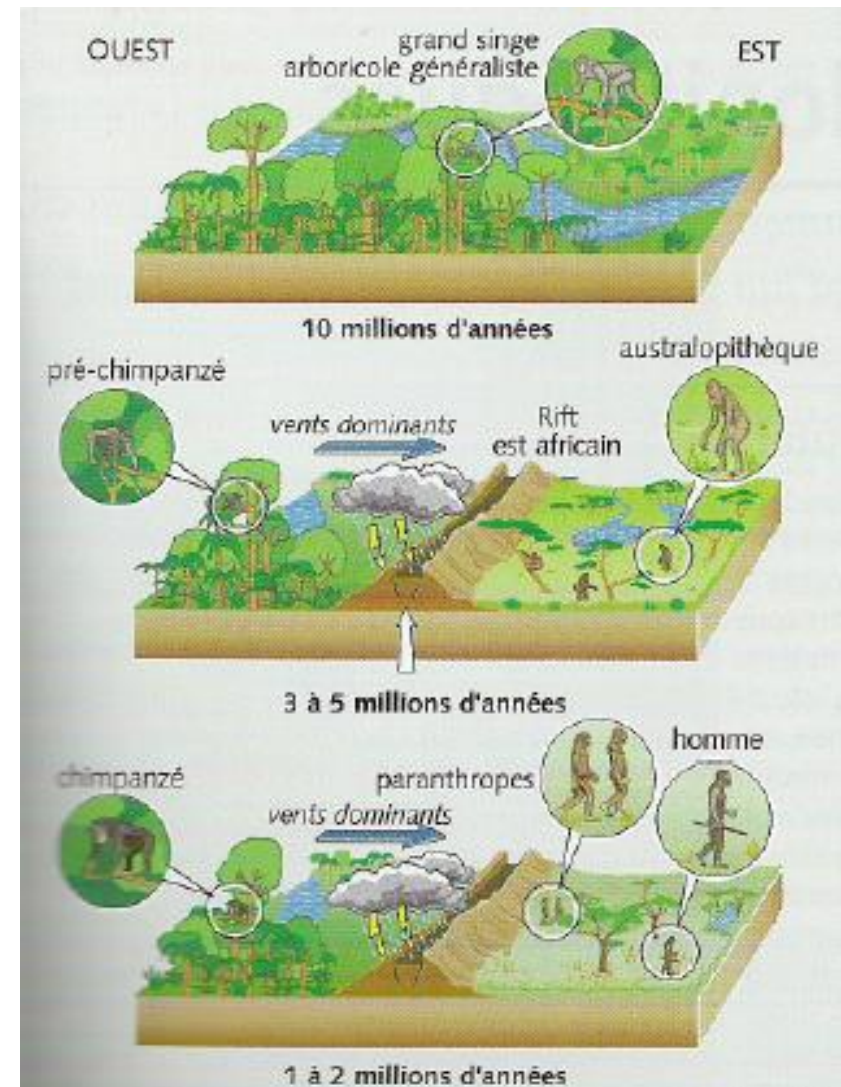
*P. boisei*

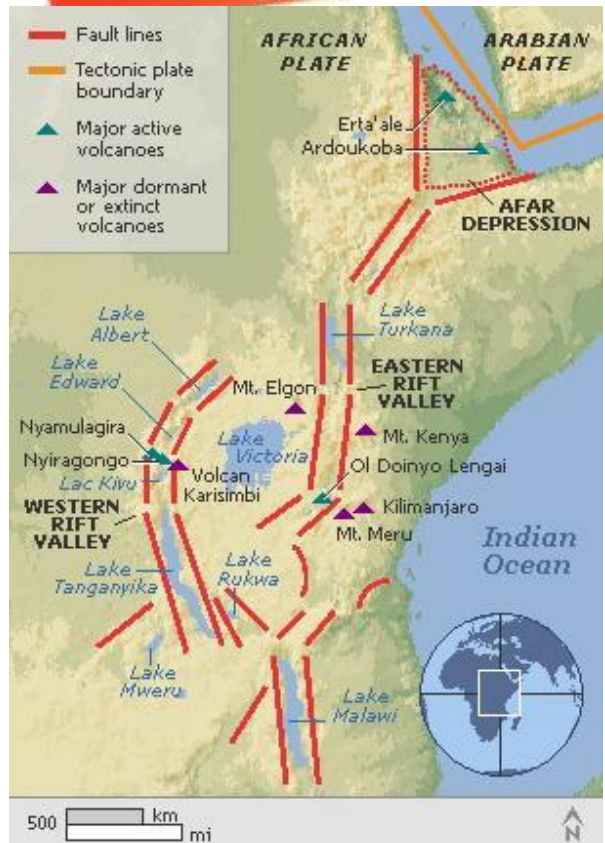
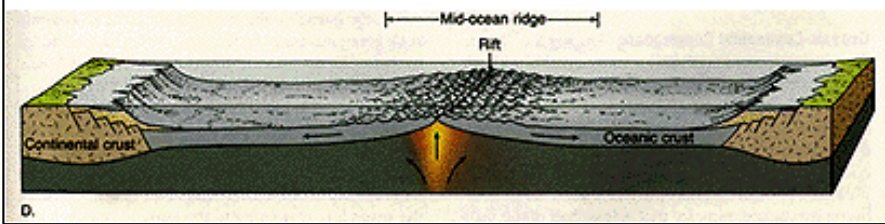
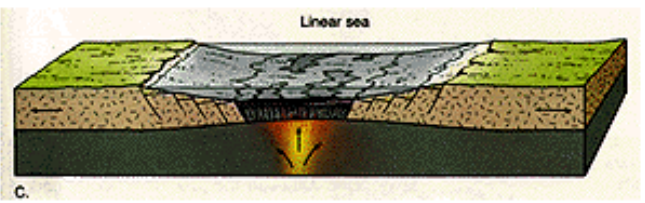
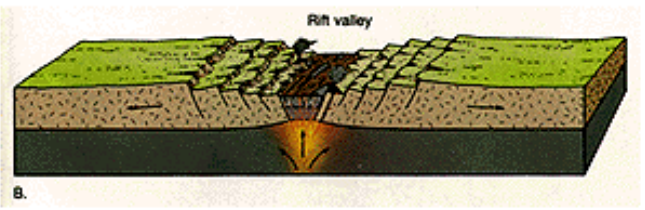
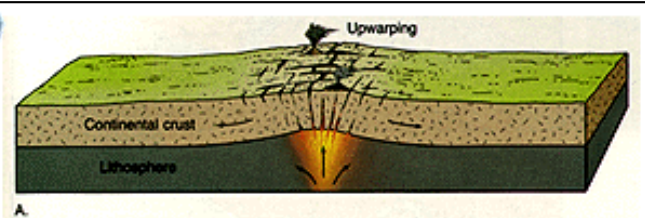
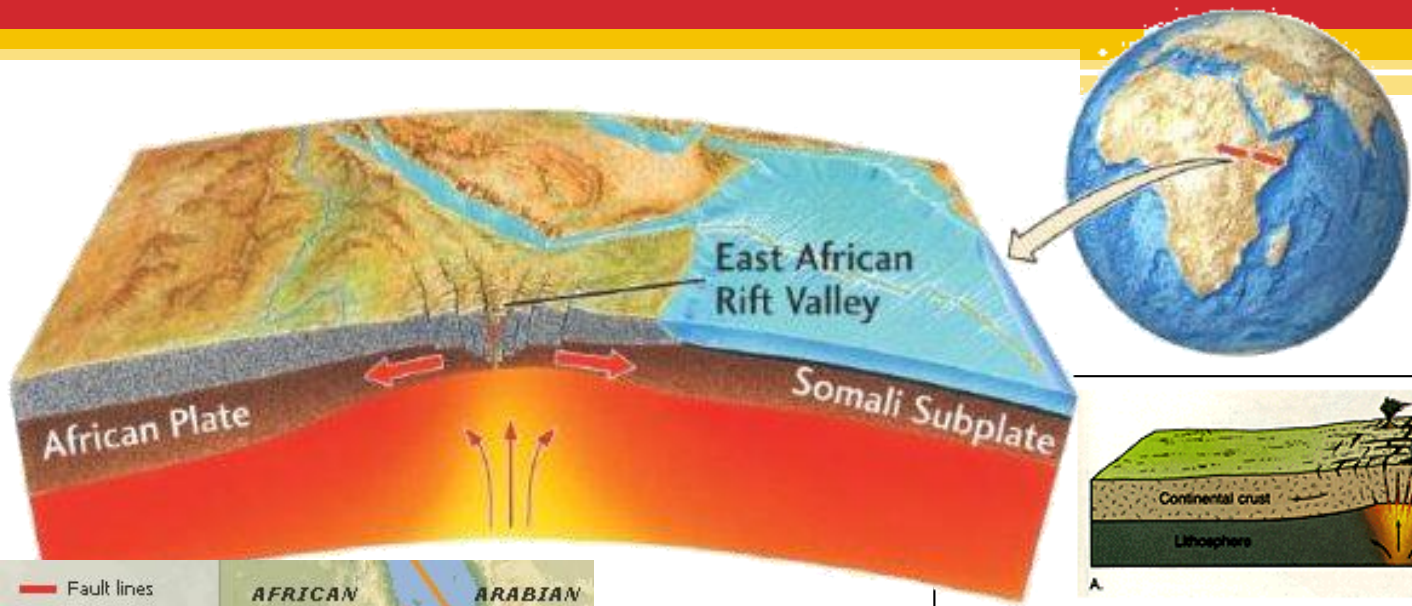
Des **pierres taillées et des éclats servant d'outils** ont été trouvés sur les sites où on a trouvé des restes de *boisei*. On a d'abord attribué ces artefacts à *Homo habilis*, mais de plus en plus de chercheurs croient qu'elles auraient bien été produites par *boisei*.

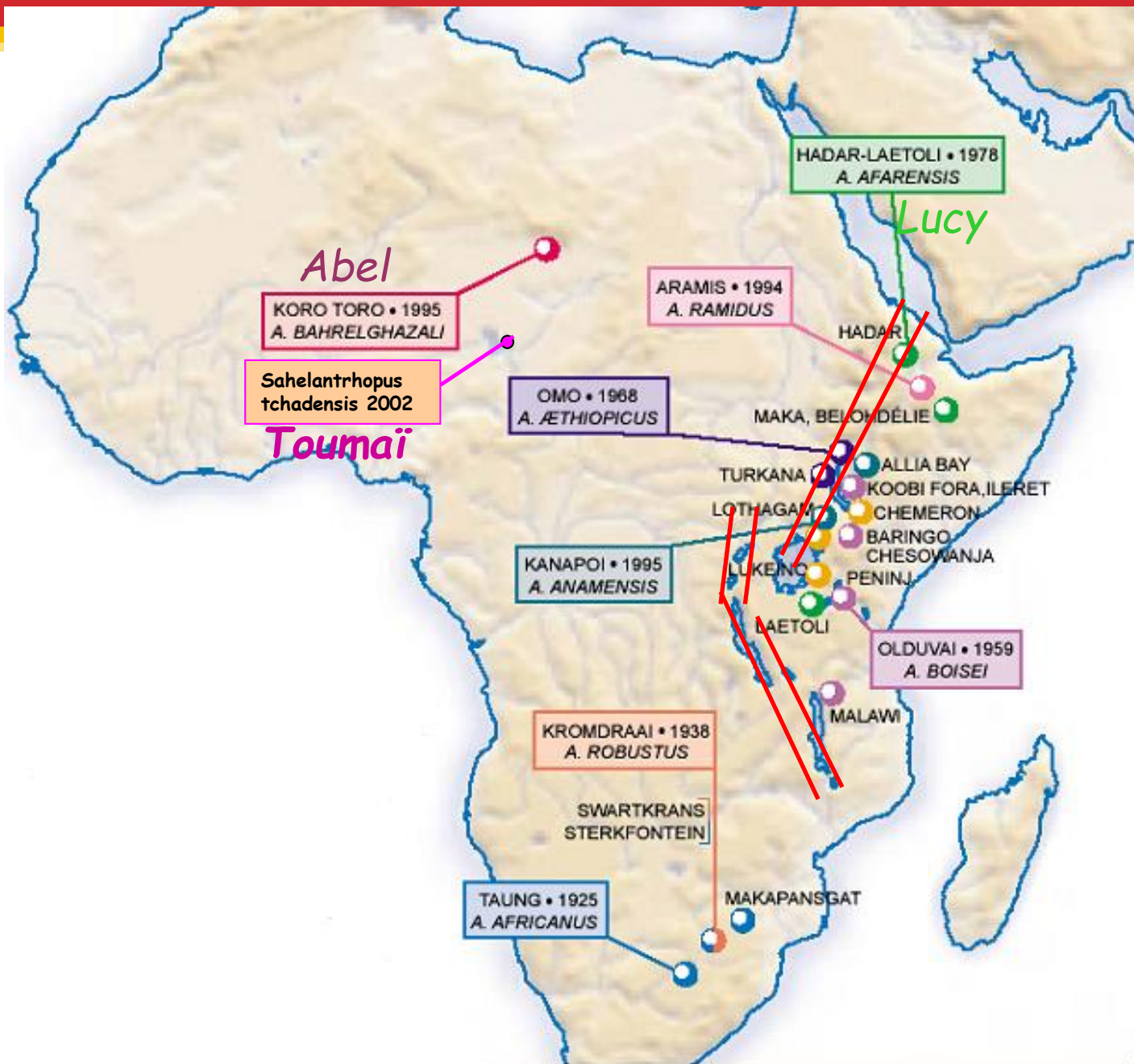


*Paranthropus boisei*

La théorie de l'East side story proposée par Y. Coppens: il y a **-8 Ma**, élévation des hauts plateaux de l'Est => forêt tropicale à l'Ouest et savane à l'Est => apparition de la bipédie à l'Est ... mais **Toumaï** et **Abel**?







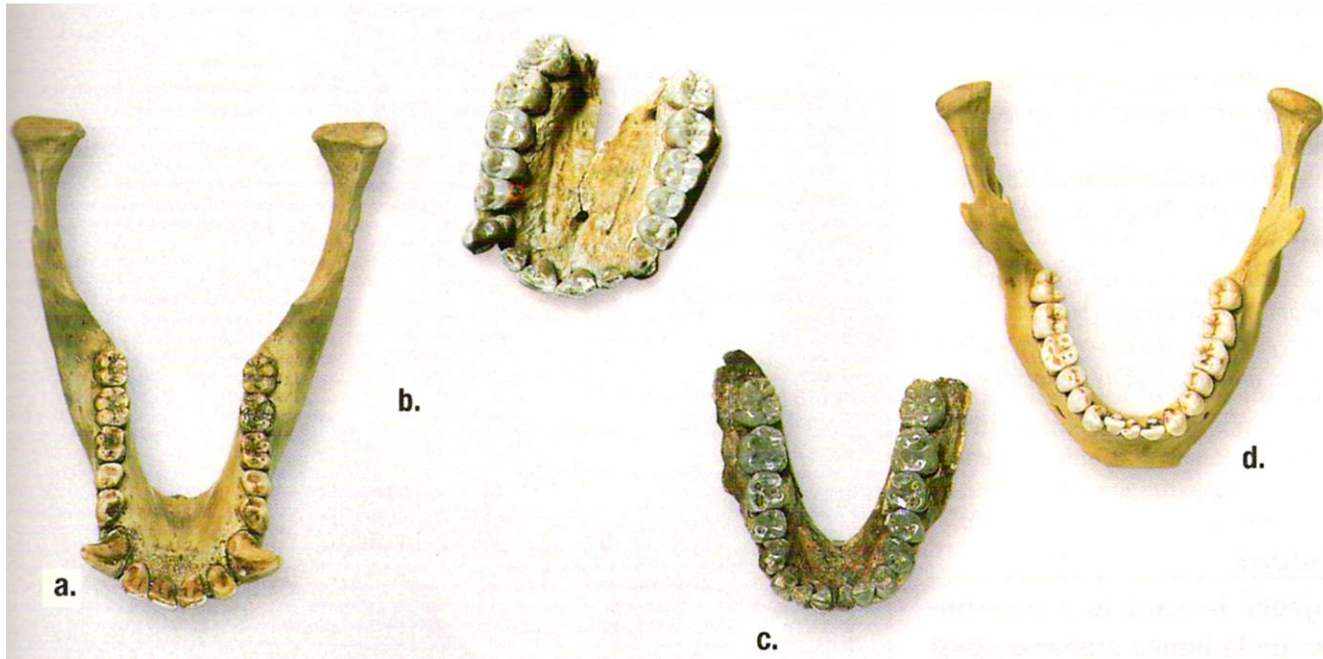
Rift Est  
african

## 7°) Australopithecus bahrelghazali

L'unique fossile d' Australopithecus bahrelghazali a été découvert en 1995 par Michel Brunet. Baptisé **Abel**, c'est le premier homininé découvert à l'ouest de la Rift Valley.

Les restes sont très fragmentaires : la partie antérieure d'une mâchoire.





a. *Pan troglodytes*

b. *A. afarensis*

c. *H. habilis*

d. *H. sapiens*

La mandibule: une évolution progressive de la forme en U vers la forme en V



Des indices laissent croire qu'ils utilisaient des outils simples (bâtons pour creuser, pierres pour casser les os ou écraser). Les Australopithèques les plus récents (*A. Garhi*) taillaient les pierres pour leur donner un tranchant.

# Le genre Homo: le crépuscule des Homininés...

## 1°) Homo habilis: l'essor d'outils perfectionnés



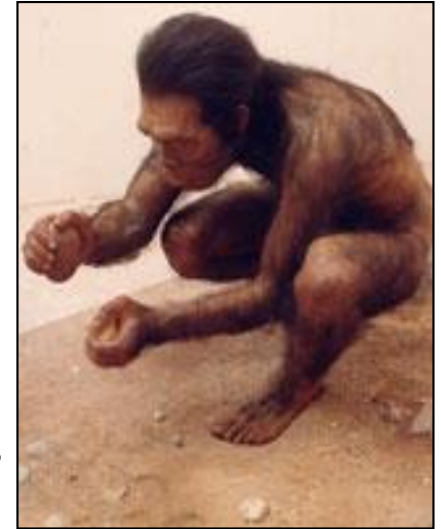
(- 2,4 à - 1,6 Ma)



Galets aménagés  
(choppers)

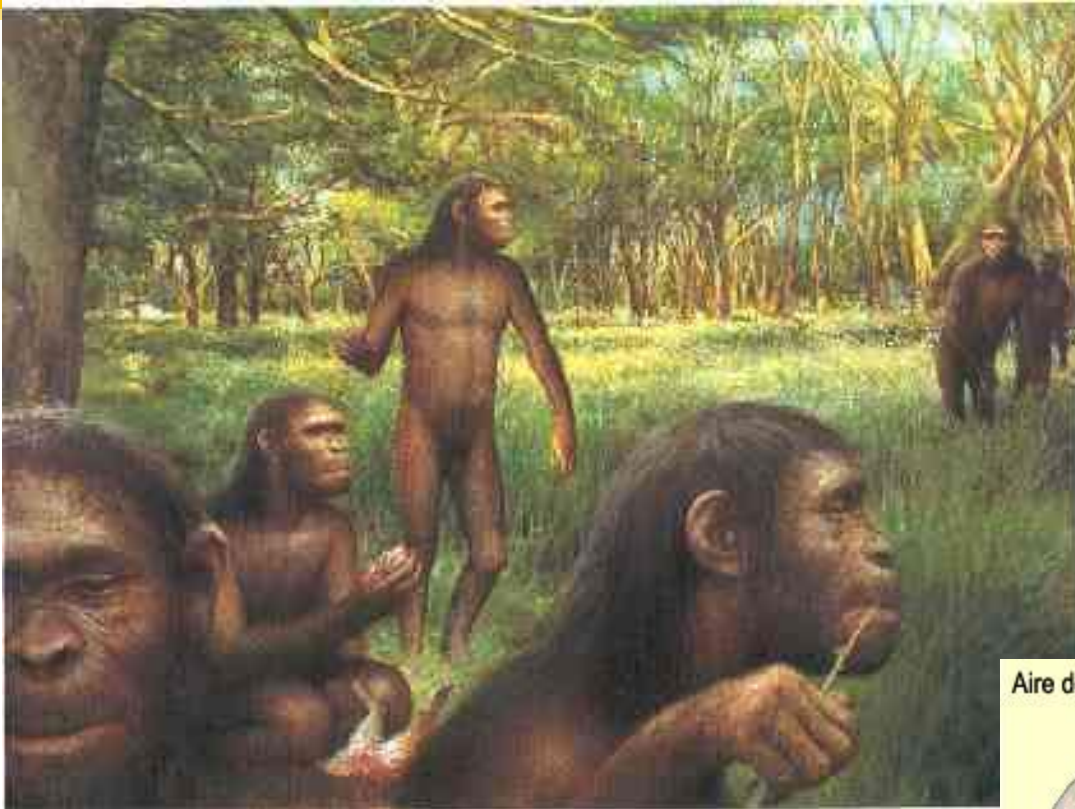
L'utilisation d'outils permet d'accéder à des ressources alimentaires inaccessibles aux autres animaux :

- Bâton permet de creuser le sol et de récolter les bulbes et tubercules (les australopithèques en utilisaient eux aussi).
- Pierres permettent de briser les os long des carcasses trouvées et d'en extraire la moelle riche en énergie.
- Éclats tranchants permettent de découper les carcasses des gros mammifères pour en emporter les morceaux.

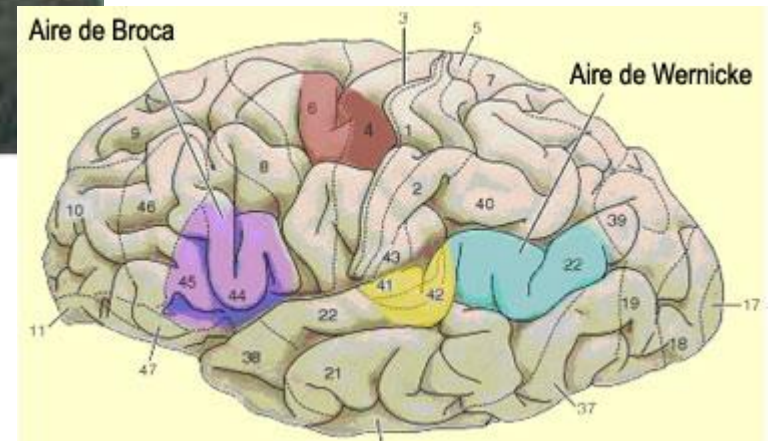


*H. habilis* n'était pas un chasseur (trop petit et pas d'armes) même s'il devait avoir un régime comprenant de la viande (dents petites). Il était probablement un charognard opportuniste. Probablement aussi en partie insectivore.





Langage ??? Le moulage de son crâne montre que les aires de Broca et de Wernicke (aires corticales associées au langage chez l'homme moderne) étaient développées.



## 2°) Homo ergaster: le début de la dispersion (-1,6 à -1 Ma)

Bourrelet sus-orbitaire prononcé

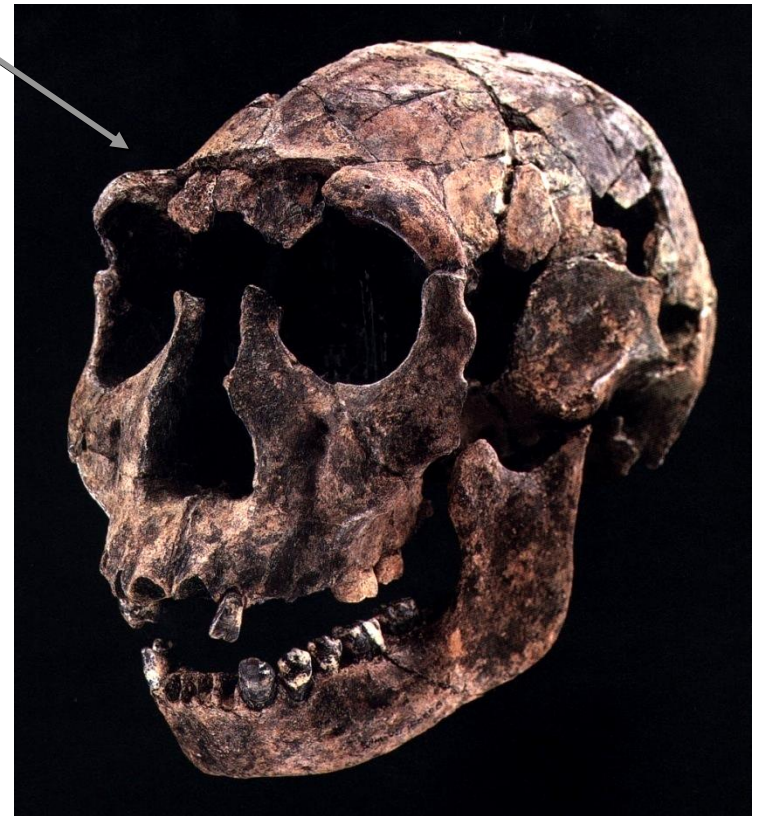
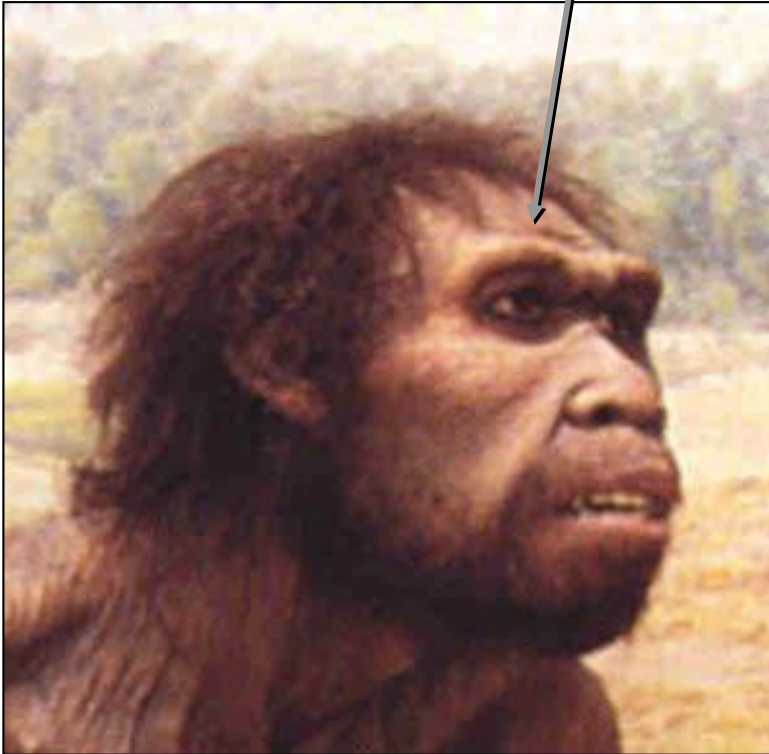


-très bon marcheur => grandes migrations

L'adolescent de Turkana ( -1,6 Ma,  
équipe de Leakey en 1984)



Volumineux bourrelet sus-orbitaire.



Mâchoires moins robustes que habilis.

Il s'est répandu rapidement le long des fleuves et des vallées du rift puis, il a ensuite émigré vers l'Afrique du Nord, l'Asie et l'Europe.

### 3°) Homo erectus

(-1,8 à -0,6 Ma)



Torus occipital

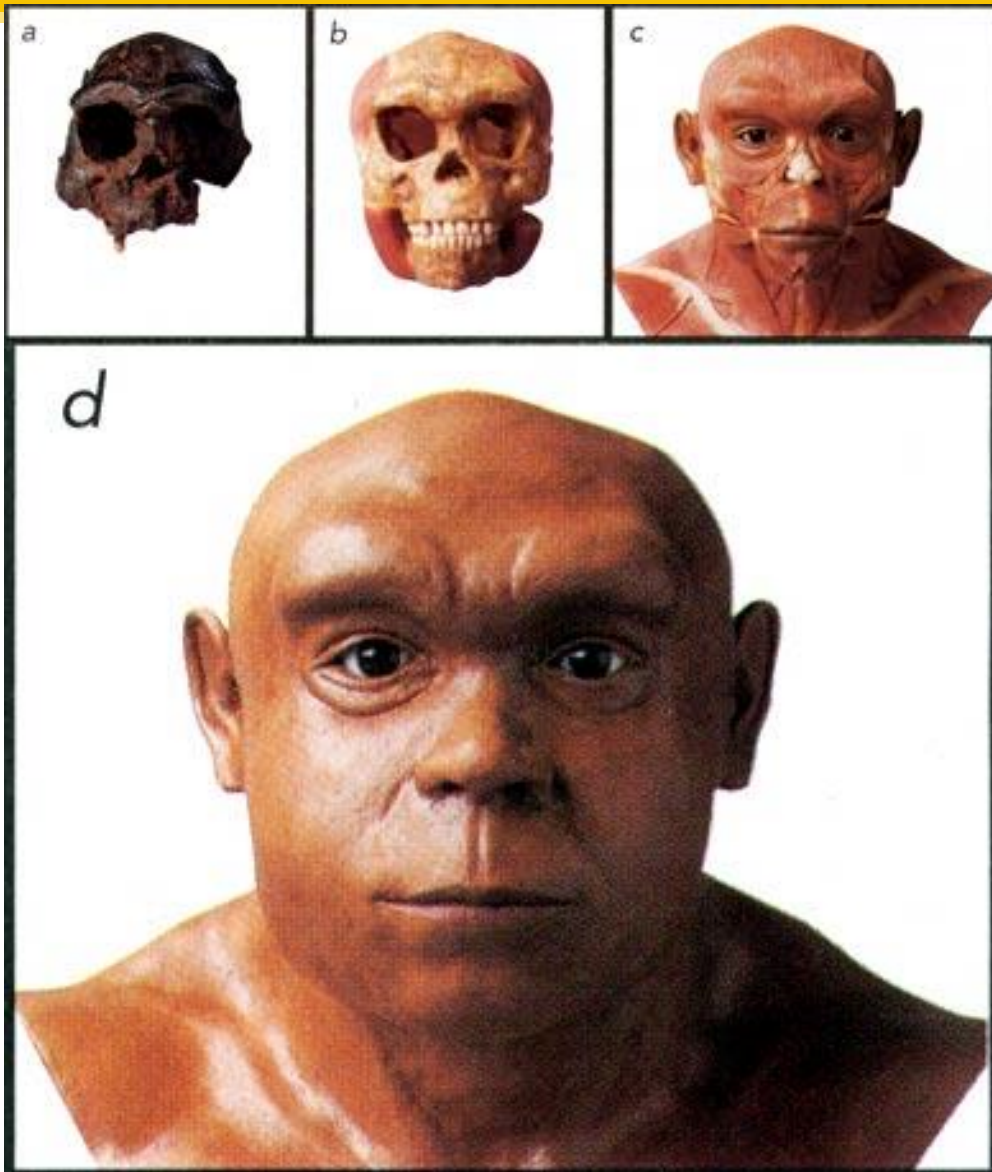
Volume crânien: 800 - 1100 cm<sup>3</sup>

- domestication du feu (généralisation vers - 500 000 ans)
- industrie lithique de type acheuléen

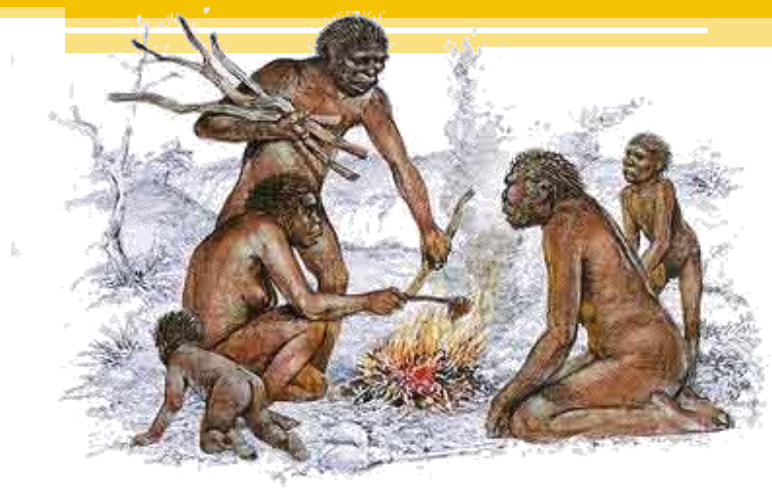


Biface acheuléen

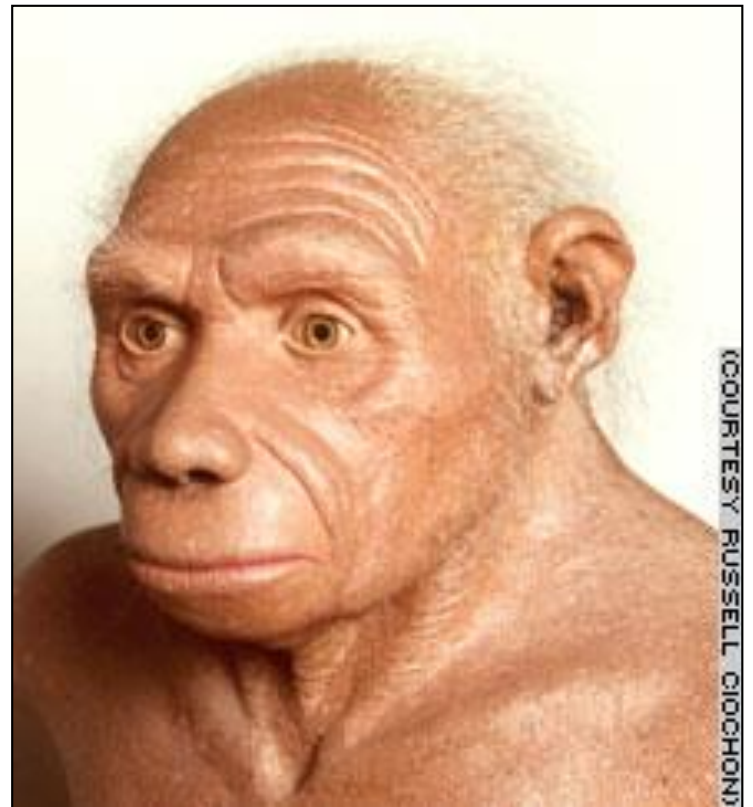




Reconstitution de *H. erectus*



*Homo erectus*



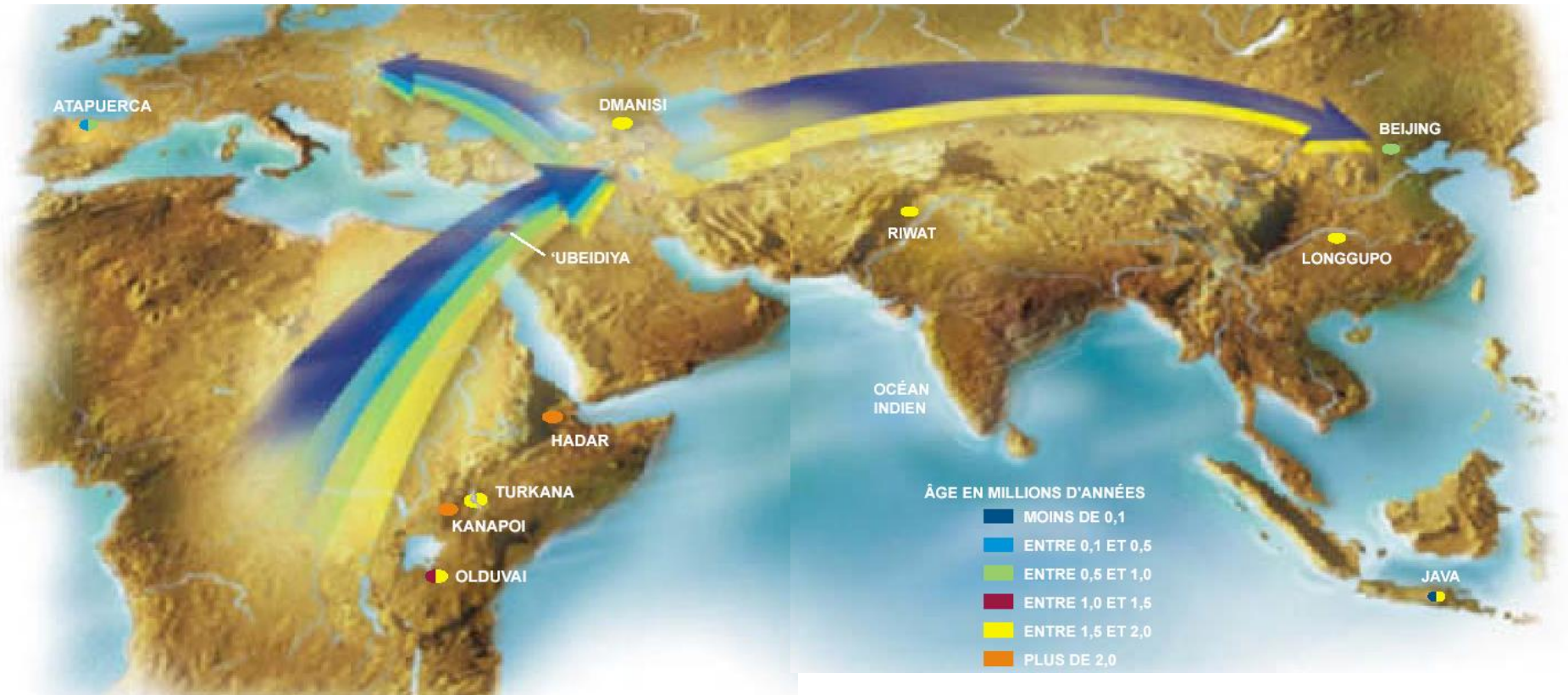
(COURTESY RUSSELL CIOCHON)

## 4°) Homo neandertalensis (-300 000 et -30 000 ans)



L'homme de la Chapelle aux Saints  
(inhumé il y a 45 000 ans)

# Les grandes migrations avec *Homo erectus*



# Homo neandertalensis



« chignon »  
caractéristique

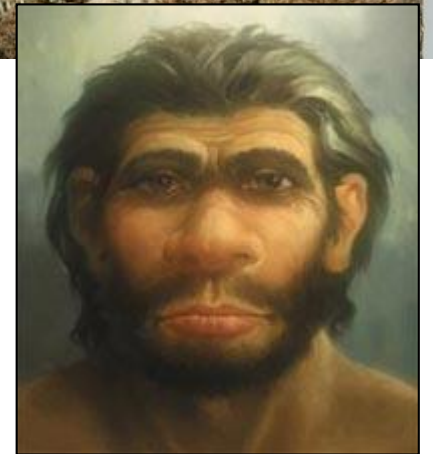
Volume crânien: 1 500 - 1750 cm<sup>3</sup>

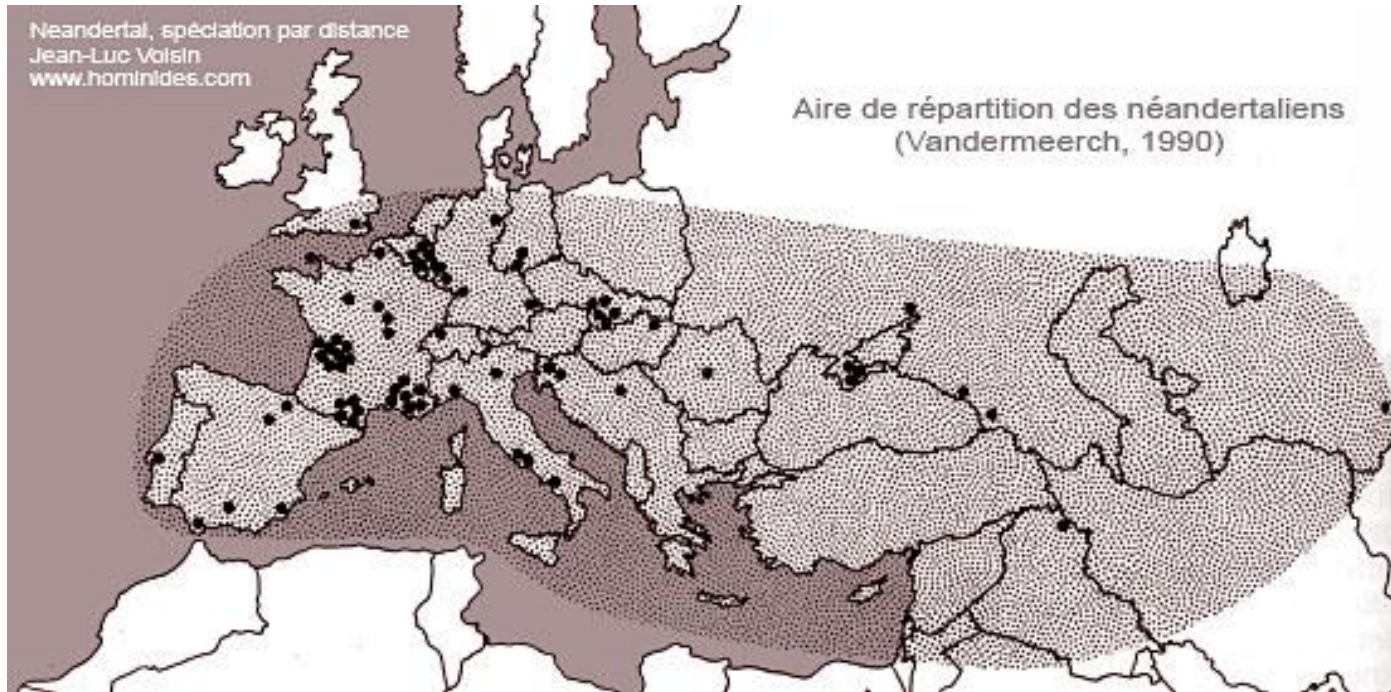


Les premières sépultures



Les outils du Moustérien : bifaces, pointes de flèches, racloirs et grattoirs fabriqués par l'homme de Neandertal

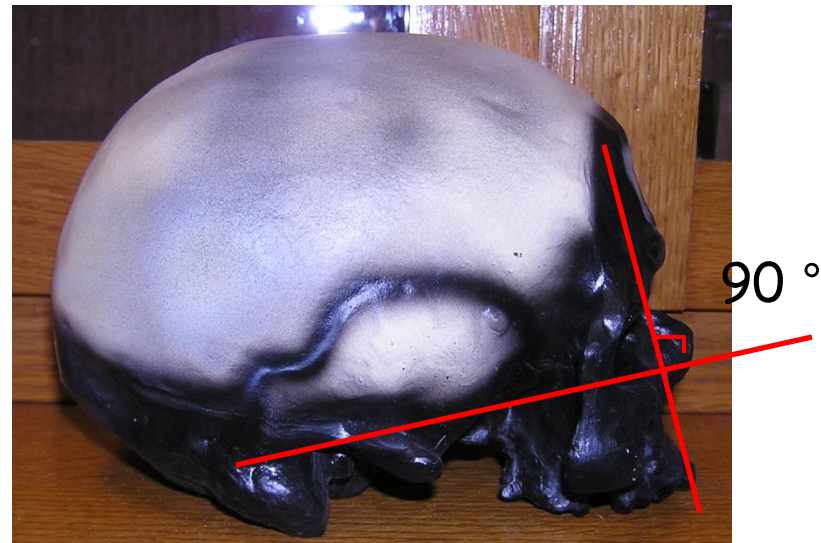




L'homme de Néandertal n'est pas un ancêtre de l'*Homo sapiens*.

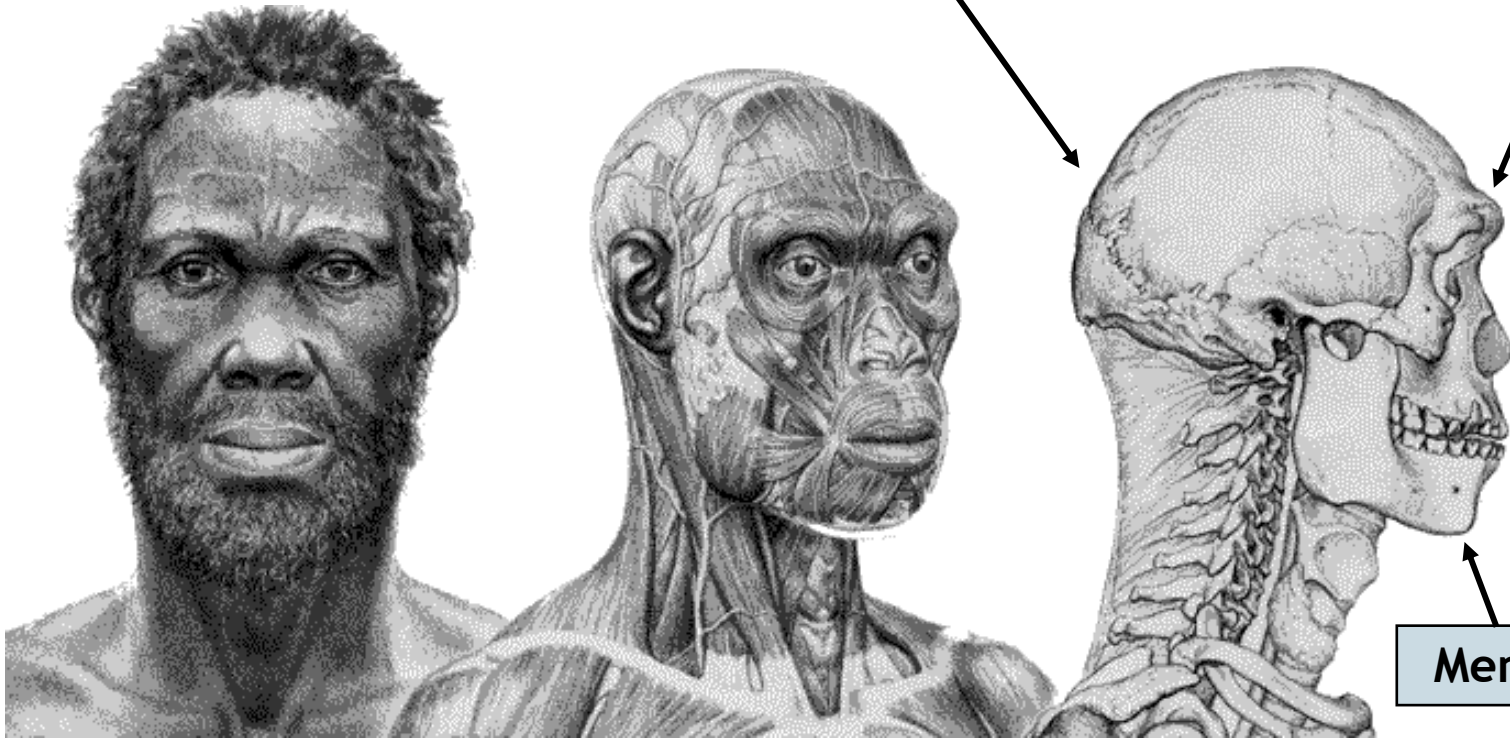
# 5°) Homo sapiens ou L'homme de Cro-Magnon (- 200 000 BP - actuel)

Décrit la première fois en Europe  
en 1868 dans la grotte Cro-Magnon



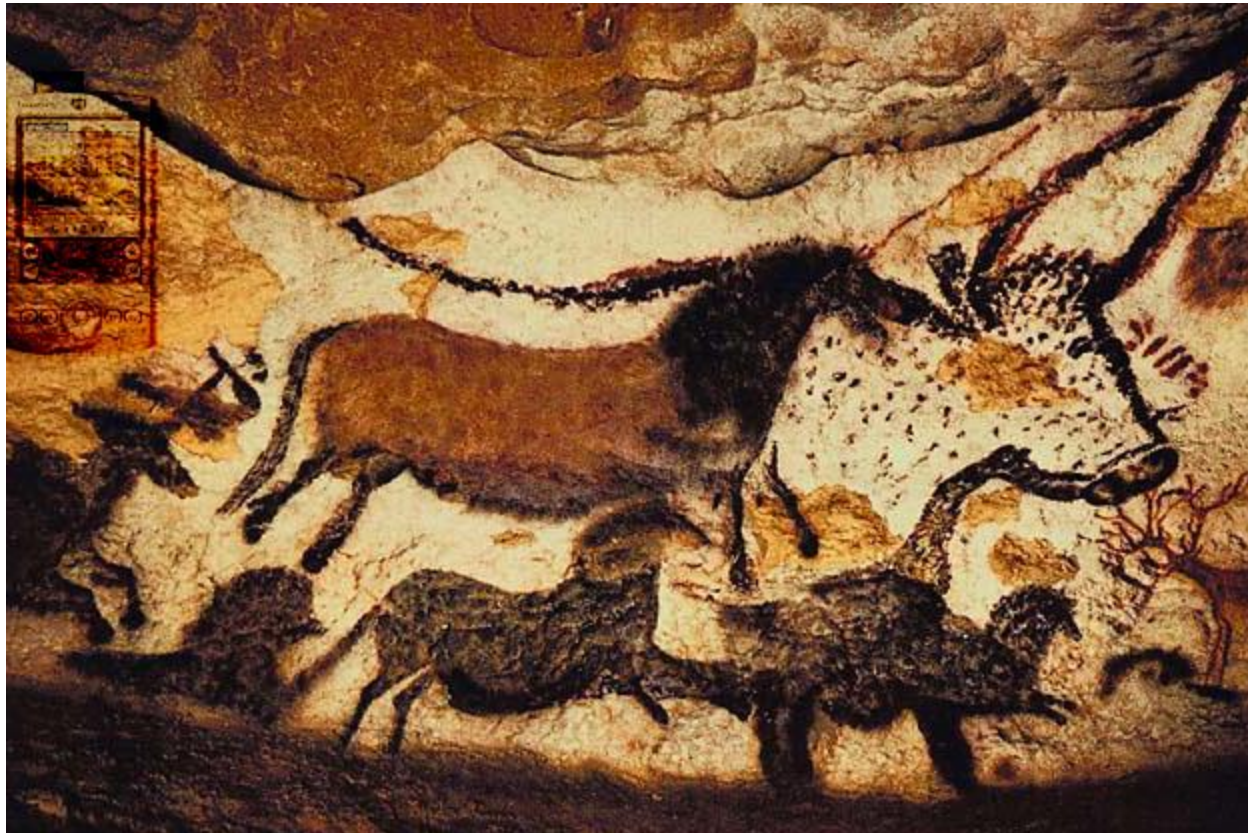
Crâne rond et mince;  
pas de chignon  
occipital

Bourrelet sus-orbitaire  
atténué, mais encore présent



Menton

Capacité crânienne : 1450 cm<sup>3</sup> (comme l'homme moderne)



Les grottes de Lascaux  
(- 15 000 à - 10 000 ans BP)



parures



sculptures

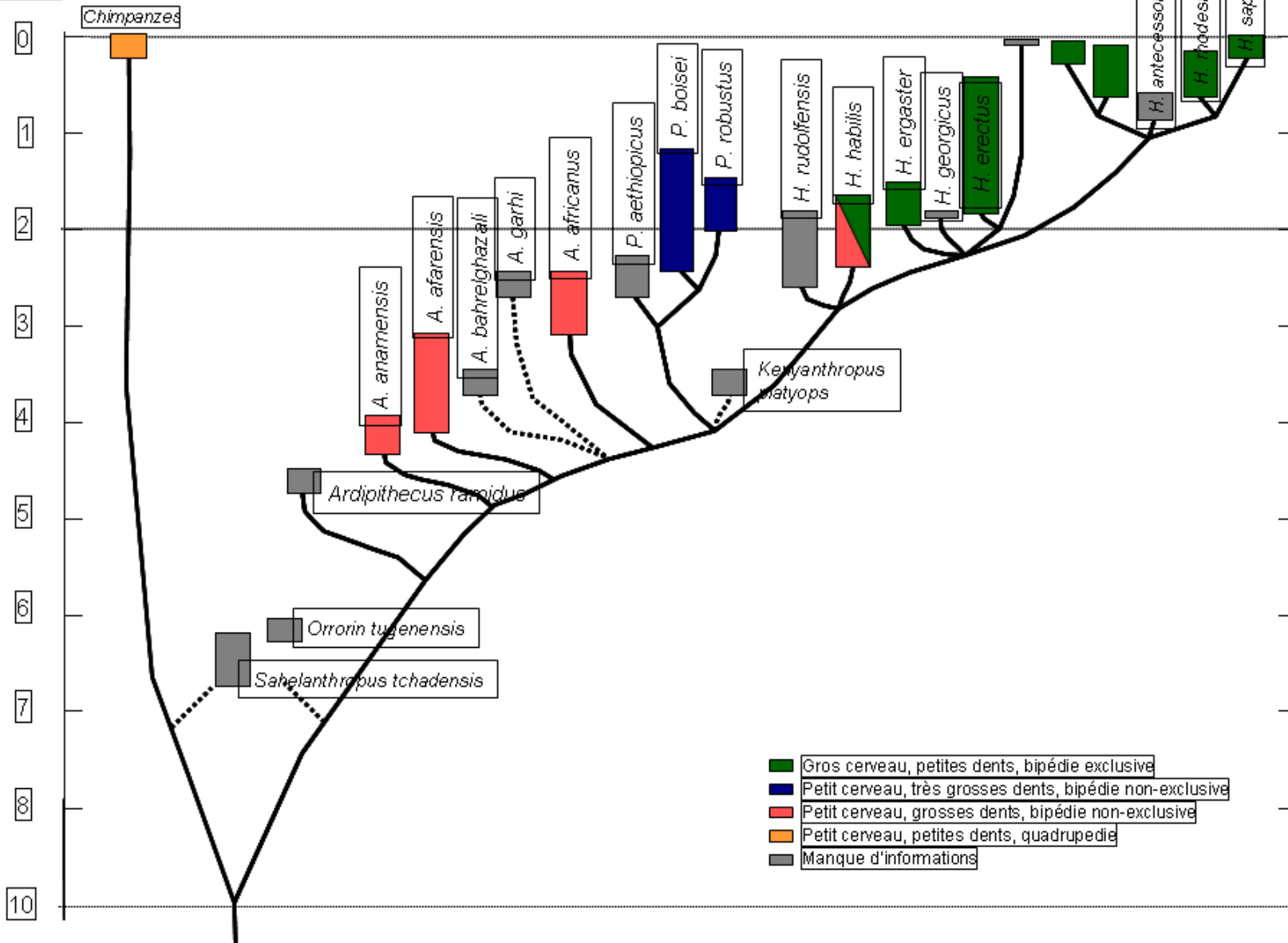
Panoplie diversifiée  
d'armes et d'outils



# L'aspect buissonnant de la lignée humaine

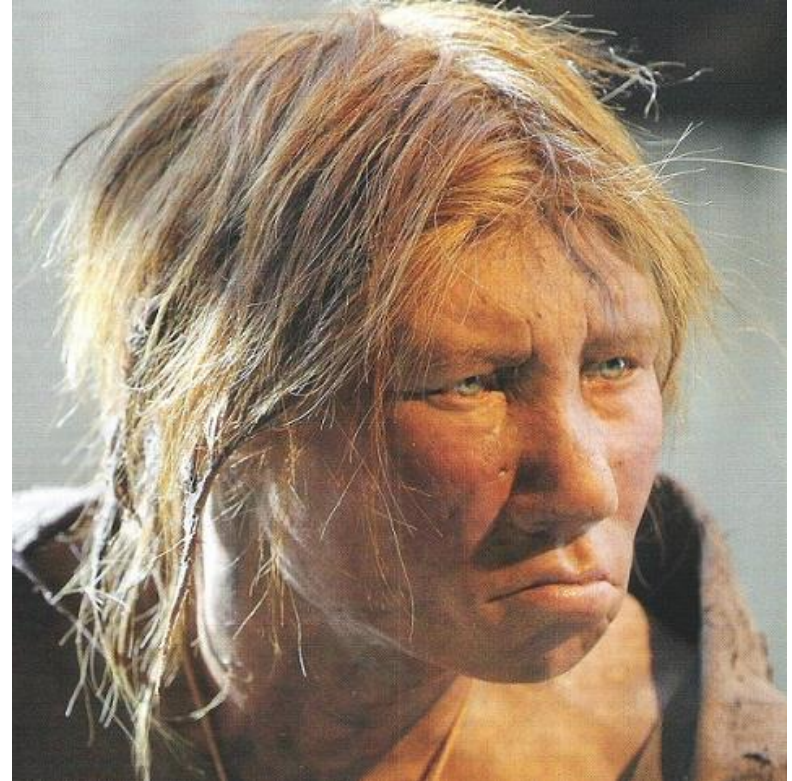


(Ma)



# Données récentes sur l'origine d'*Homo sapiens*

- On pensait qu'*Homo sapiens*, espèce d'origine africaine, avait remplacé tous les individus "archaïques" de la lignée humaine (tels que les néandertaliens par exemple) en Afrique et en Eurasie. La génétique a montré qu'en fait, *Homo sapiens* s'est métissé, d'abord en Afrique, puis en Eurasie, avec les formes humaines archaïques qu'il a rencontrées au cours de son expansion mondiale. Par exemple, les études génétiques montrent que l'ADN des non-Africains actuels contient 1 à 4% d'ADN néandertalien ! Pour en savoir plus : Pour La Science n° 430 Août 2013

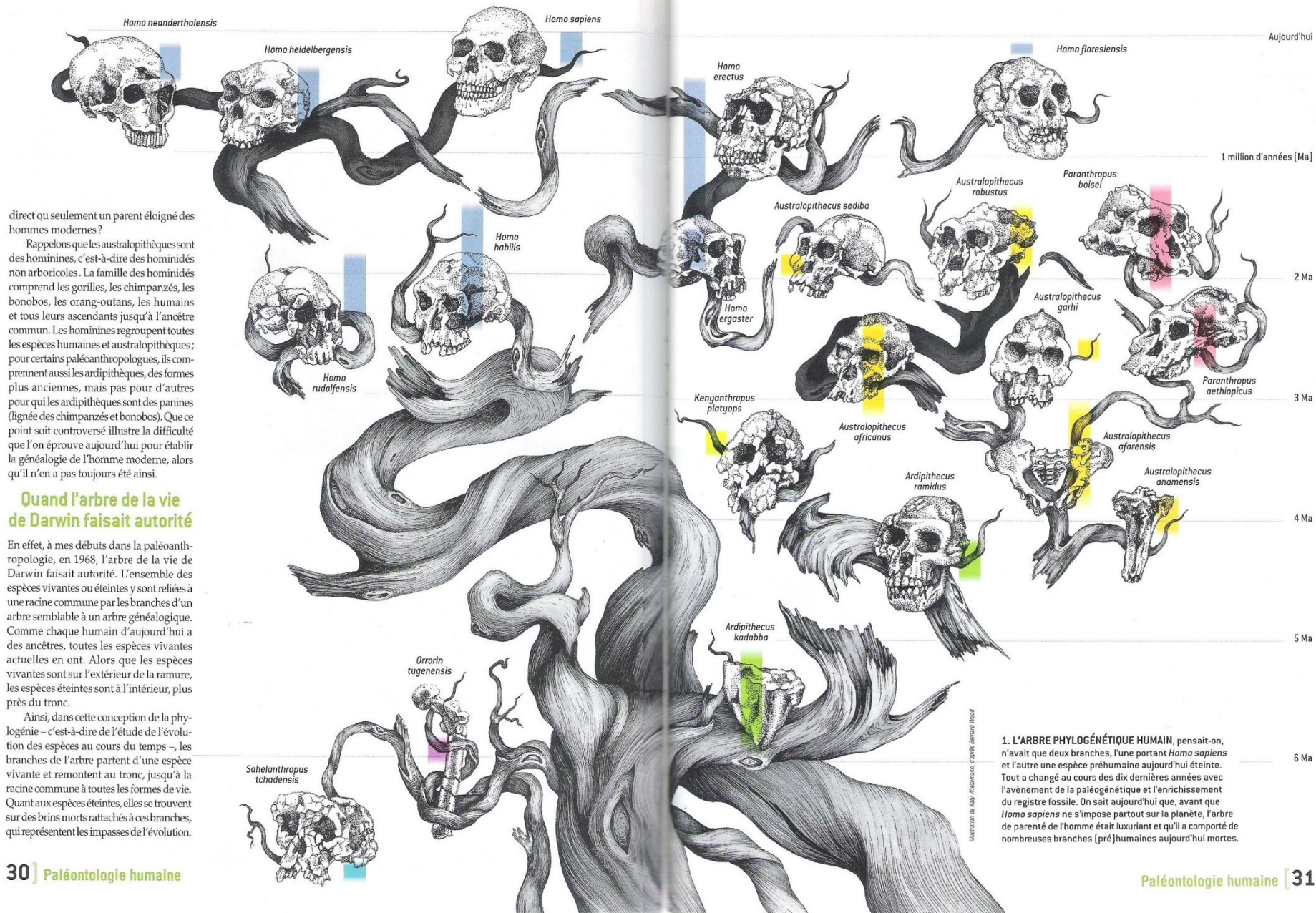


# Données toujours plus récentes! (A. sediba, dans la grotte de Malapa en Afrique du Sud, 2010, -2Ma)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Australopithecus\\_sediba#mediaviewer/File:Australopithecus\\_sediba](http://fr.wikipedia.org/wiki/Australopithecus_sediba#mediaviewer/File:Australopithecus_sediba)



MH1 (gauche), Lucy (centre) et MH2 (droite). Les squelettes d'Australopithecus sediba mesurent approximativement 1,2 à 1,3 mètre.



direct ou seulement un parent éloigné des hommes modernes ?

Rappelons que les australopitèques sont des hominines, c'est-à-dire des hominidés non arboricoles. La famille des hominidés comprend les gorilles, les chimpanzés, les bonobos, les orang-outans, les humains et tous leurs ascendants jusqu'à l'ancêtre commun. Les hominines regroupent toutes les espèces humaines et australopitèques ; pour certains paléanthropologues, ils comprennent aussi les ardiptèques, des formes plus anciennes, mais pas pour d'autres pour qui les ardiptèques sont des panines (lignée des chimpanzés et bonobos). Que ce point soit controversé illustre la difficulté que l'on éprouve aujourd'hui pour établir la généalogie de l'homme moderne, alors qu'il n'en a pas toujours été ainsi.

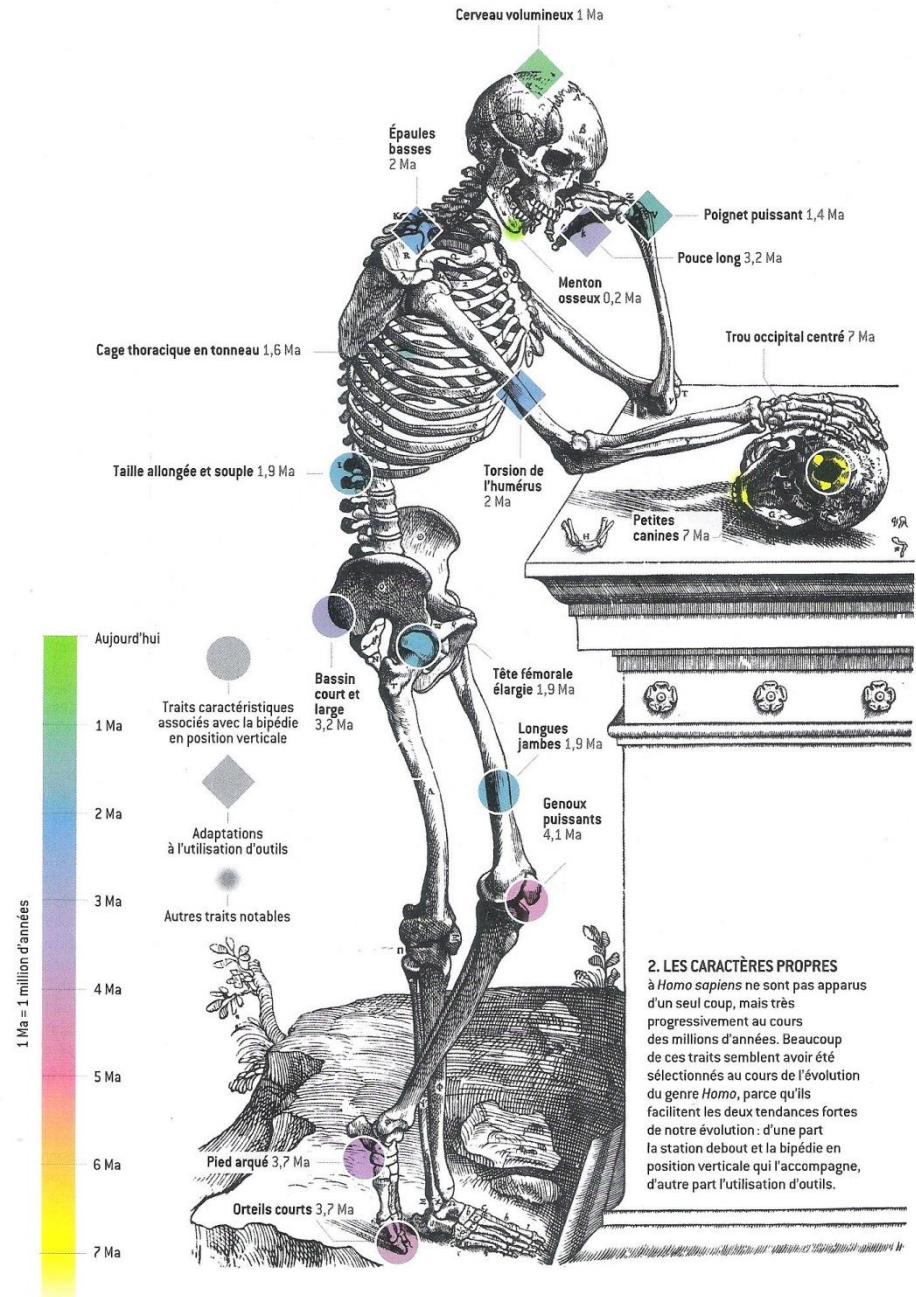
### Quand l'arbre de la vie de Darwin faisait autorité

En effet, à mes débuts dans la paléanthropologie, en 1968, l'arbre de la vie de Darwin faisait autorité. L'ensemble des espèces vivantes ou éteintes y sont reliées à une racine commune par les branches d'un arbre semblable à un arbre généalogique. Comme chaque humain d'aujourd'hui a des ancêtres, toutes les espèces vivantes actuelles en ont. Alors que les espèces vivantes sont sur l'extérieur de la ramure, les espèces éteintes sont à l'intérieur, plus près du tronc.

Ainsi, dans cette conception de la phylogénie – c'est-à-dire de l'étude de l'évolution des espèces au cours du temps –, les branches de l'arbre partent d'une espèce vivante et remontent au tronc, jusqu'à la racine commune à toutes les formes de vie. Quant aux espèces éteintes, elles se trouvent sur des brins morts rattachés à ces branches, qui représentent les impasses de l'évolution.

1. L'ARBRE PHYLOGÉNÉTIQUE HUMAIN, pensait-on, n'avait que deux branches, l'une portant *Homo sapiens* et l'autre une espèce préhumaine aujourd'hui éteinte. Tout a changé au cours des dix dernières années avec l'avènement de la paléogénétique et l'enrichissement du registre fossile. On sait aujourd'hui que, avant que *Homo sapiens* ne s'impose partout sur la planète, l'arbre de parenté de l'homme était luxuriant et qu'il a comporté de nombreuses branches (pré)humaines aujourd'hui mortes.

# Les caractères propres à Homo sapiens ne sont pas apparus en une seule fois



# Quand l'Homme est devenu prédateur



Pointes retrouvées sur le site de Kathu Pan 1 en Afrique du Sud et datées de - 500 000 ans

Image de Jayne Wilkins

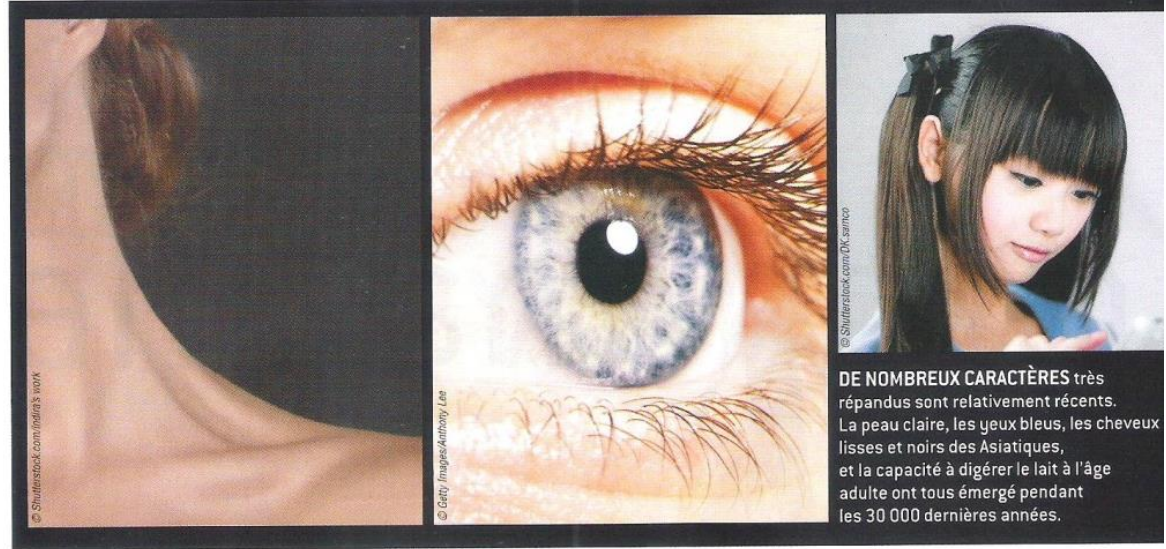
**ANATOMIE D'UN CHASSEUR**

Contrairement à la plupart des prédateurs, nous autres humains sommes lents, faibles et ne disposons pas de griffes ni de crocs meurtriers. Mais nos ancêtres ont développé une série d'autres caractéristiques, dont certaines sont représentées ci-dessous, qui font plus que compenser ces défauts.

- Un esprit créatif**  
 Grâce à leur cerveau développé, nos ancêtres ont imaginé des techniques ingénieuses pour tuer et dépecer des animaux.
- Un bras adapté au lancer**  
 Une taille souple, un humérus plus rectiligne et une articulation de l'épaule orientée sur le côté permettent aux humains de lancer à grande vitesse et avec précision des armes de jet.
- Des mains habiles**  
 Un pouce long et un poignet solide procurent la dextérité et la poigne requises pour fabriquer et utiliser des outils.
- Des jambes bâties pour la course**  
 Un buste étroit, un muscle grand glutéal [anciennement nommé grand fessier] élargi, d'amples articulations aux membres inférieurs et des orteils courts facilitent la course sur de longues distances.

Armand Bour / Oudiz

# Homo sapiens comme toute espèce, continue d'évoluer



une sélection naturelle rapide. L'évolution humaine ne stagne pas. Au contraire, elle semble accélérer.

L'analyse des squelettes anciens suggère que certains caractères humains ont récemment évolué de façon rapide. Il y a environ 11 000 ans, l'homme est passé du statut de chasseur-cueilleur à celui d'agriculteur, et s'est mis à faire cuire ses aliments. Dès lors, son anatomie a changé. Il y a 10 000 ans, par exemple, ses dents étaient en moyenne 10 % plus grosses qu'aujourd'hui en Europe, en Asie et en Afrique du Nord. Quand nos ancêtres ont commencé à manger des nourritures cuites plus molles, nécessitant moins de mastication, la taille de leurs dents et de leurs mâchoires a diminué peu à peu au fil des générations.

Si les anthropologues étudient ces caractères depuis des décennies,

modernes, tels les Datooga de Tanzanie, tendent à avoir moins de copies que les descendants d'agriculteurs.

Une autre adaptation alimentaire représente l'un des exemples les plus étudiés de l'évolution humaine récente : la tolérance au lactose (un sucre présent dans le lait). Presque tous les humains naissent avec la capacité de produire la lactase, une enzyme qui décompose le lactose et facilite la digestion du lait, ce qui est essentiel pour la survie d'un enfant nourri au sein. À l'âge adulte, la plupart des gens perdent cette capacité. À cinq reprises au moins depuis que les hommes ont adopté les laitages,

**IL Y A 10 000 ANS, LES DENTS étaient en moyenne 10 % plus grosses qu'aujourd'hui en Europe, en Asie et en Afrique du Nord.**

produite chez un individu unique il y a quelques milliers d'années. En 2011, des chercheurs ont analysé de l'ADN prélevé sur Ötzi, un homme retrouvé momifié dans un glacier du Nord de l'Italie, et qui vivait il y a environ 5 500 ans. Il n'avait pas le variant génétique prodiguant la tolérance au lactose, signe que ce variant n'était pas encore répandu dans cette région 2 000 ans après sa première apparition. Par la suite, des chercheurs ont séquencé l'ADN extrait de squelettes de fermiers vivant en Europe il y a plus de 5 000 ans. Aucun ne portait la mutation du gène de la lactase. Pourtant, dans cette même région, cette mutation se retrouve aujourd'hui chez des centaines de millions de personnes : elle est présente chez plus de 75 pour cent des Européens. Ce n'est pas un paradoxe, mais une conséquence

# Le transfert horizontal et l'évolution des espèces

... les gènes...  
... transfert horizon-  
... ment produit  
... l'évolution

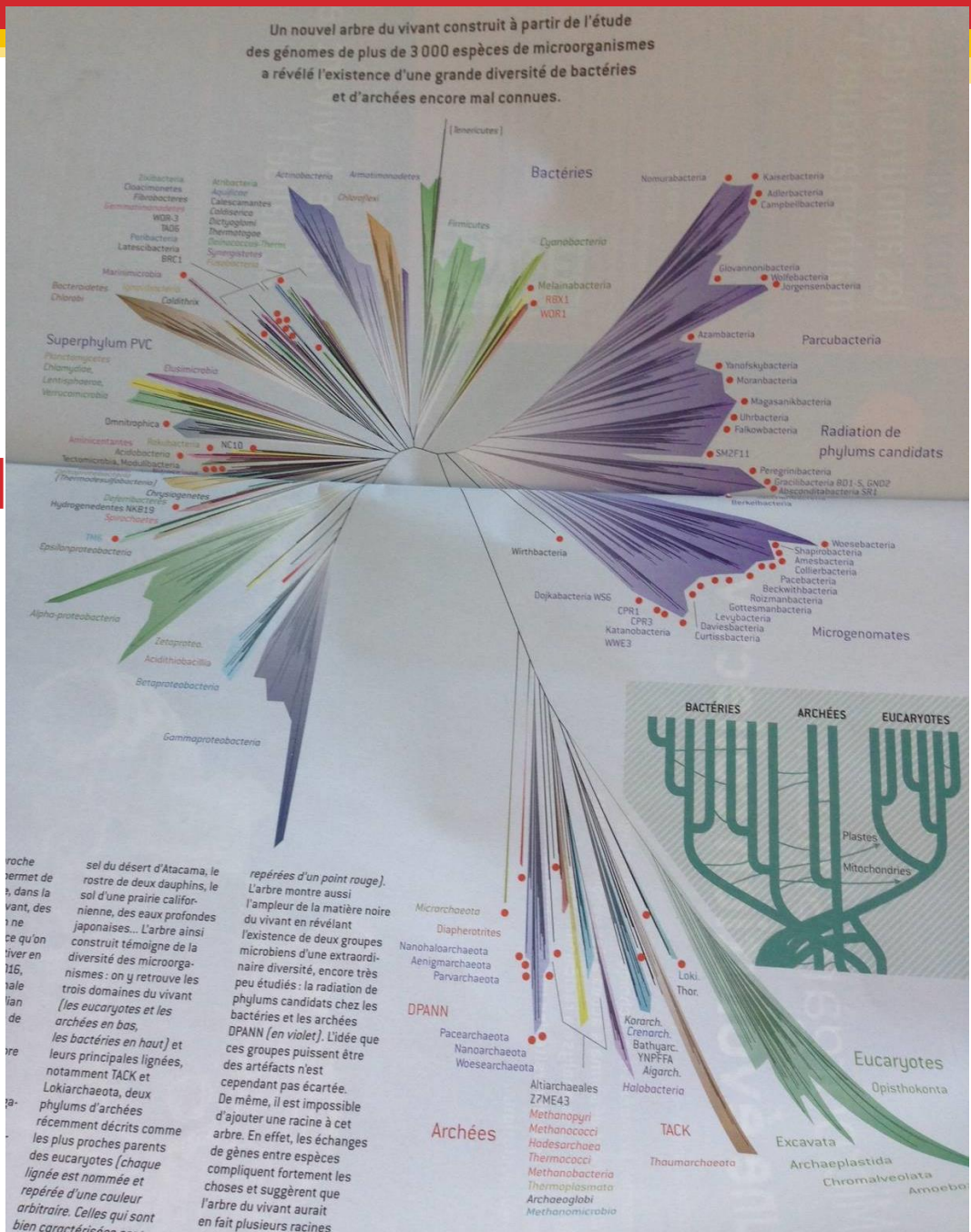
... e gènes hori-  
... sont rares, ils  
... icatif. Même  
... on 80 % des  
... nsfert hori-  
... es transferts  
... ements très  
... t difficile à  
... des excep-  
... s ceufs sont  
... mes, ce qui  
... ctes, vers,  
... is, chez ces  
... rizontaux  
... eux gènes  
... avantage

... provenant  
... rbre de la  
... caryotes a  
... t laquelle  
... particulier

... tions  
... l'organisme hôte.  
Réciproquement, le transfert de gènes  
au sein des microbiotes peut aussi faci-  
liter l'adaptation de l'organisme hôte à  
un environnement incertain et fluctuant.  
Ainsi, un transfert des gènes entre un para-  
site microbien des algues et une bactérie  
du microbiote intestinal caractéristique  
de la population japonaise a favorisé la  
digestion des algues par les Japonais.  
Le transfert des gènes et son rôle dans  
l'évolution des eucaryotes existent donc  
à deux échelles : au niveau cellulaire par  
l'endosymbiose et au niveau du micro-  
biote par la symbiose entre l'organisme  
et les microbes qu'il héberge.

Tout ce que nous venons d'évoquer  
montre que, désormais, l'évolution des  
espèces doit être envisagée en tenant  
compte de la proximité dans laquelle  
les formes vivantes ont toujours évolué et  
continuent à le faire. Cette proximité est  
particulièrement forte avec les microorga-  
nismes, dont nous commençons à peine  
à connaître l'immense diversité. ■

# Le transfert horizontal transforme « l'arbre » du vivant en réseau!



# À lire, à voir ...

- « Quand Homo sapiens peupla la planète » Arte (oct-nov 2015)
- Pour La Science n° 445 Novembre 2014
- Pour La Science n° 430 Août 2013
- DOSSIER POUR LA SCIENCE - N° 76 - JUILLET - SEPTEMBRE 2012
- E. Grundmann. Article « l'apprentissage chez les chimpanzés ». *La Recherche*.



[www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=8240](http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=8240)

- vidéo - Université de tous les savoirs - Michel Morange - L'Homme et le Singe - Une conférence passionnante où sont évoqués les « gènes candidats » impliqués dans une différence Homme/Chimpanzé

<https://www.youtube.com/watch?v=Obwvez2mhFk>

- vidéo « les bipédies » - Pascal Picq - Plate-forme vidéo des sciences et des technologies

[www.universcience-vod.fr/media/2627/les-bipedies.html](http://www.universcience-vod.fr/media/2627/les-bipedies.html)

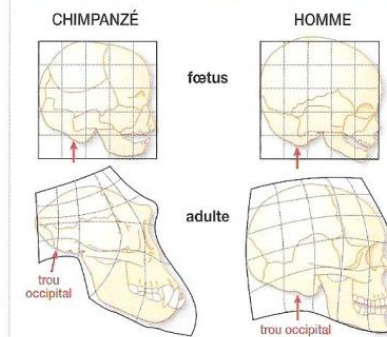
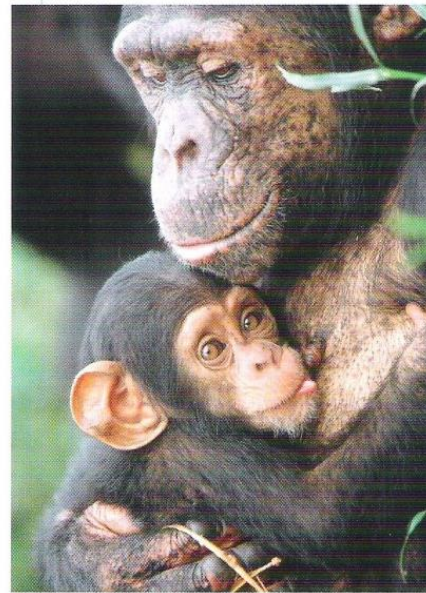
- animation pour visualiser la caractéristique buissonnante de l'arbre pour le genre Homo

[www.biologieenflash.net/animation.php?ref=geo-0016-3](http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=geo-0016-3)

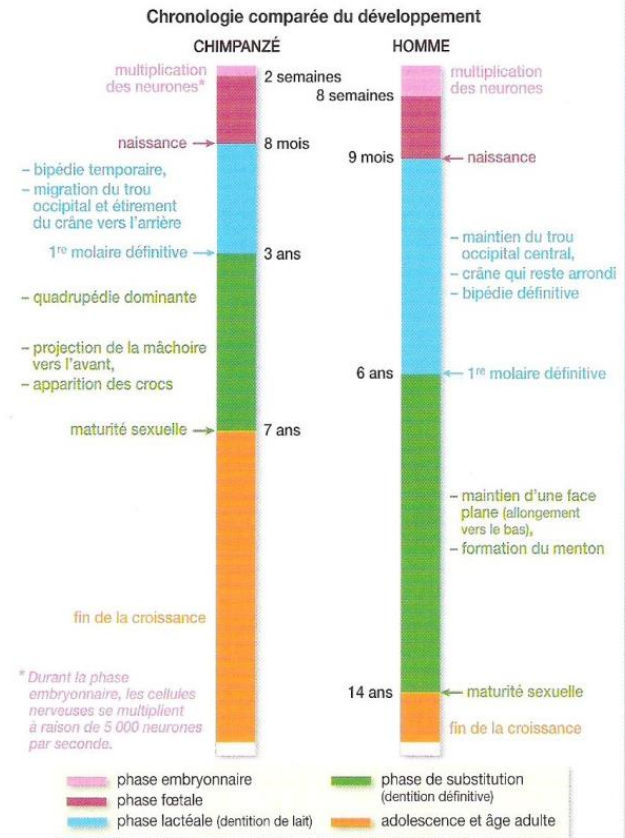
<http://www.becominghuman.org/node/human-lineage-through-time>

# Les mécanismes qui ont pu être à l'origine de la diversification Homme/Chimpanzé à partir de leur dernier ancêtre commun

## A Un développement propre à chaque espèce



Sur ces schémas, la déformation du quadrillage illustre les poussées de croissance, importantes chez le Chimpanzé, très ralenties chez l'Homme, qui expliquent les différences de morphologie crânienne observées chez l'adulte.



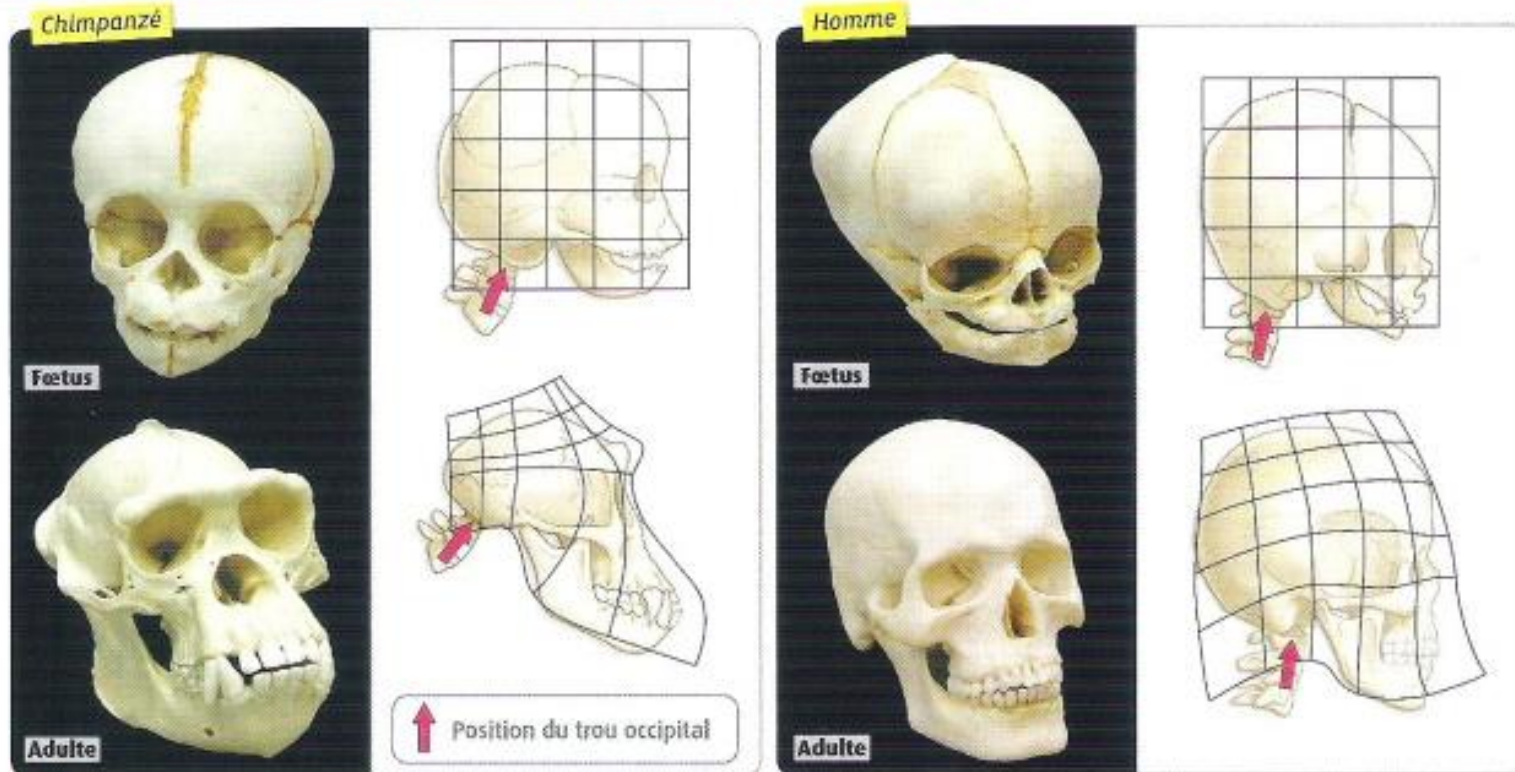
Le crâne du jeune Chimpanzé est très différent de celui de l'adulte. Relativement rapidement après la naissance, les caractères typiquement simiens se développent : déplacement vers l'arrière du **trou occipital** (ce qui favorise la **quadrupédie** alors que le jeune Chimpanzé est volontiers bipède), étirement du crâne, etc.

Chez l'Homme, la phase embryonnaire et la phase juvénile (qui s'étend jusqu'à la maturité sexuelle), sont plus longues, de telle sorte que le développement est ralenti, ce qui maintient la bipédie et une morphologie crânienne relativement proche de celle du fœtus.

Doc. 1 Les principales étapes du développement de l'Homme et du Chimpanzé.

# Une chronologie de développement différente

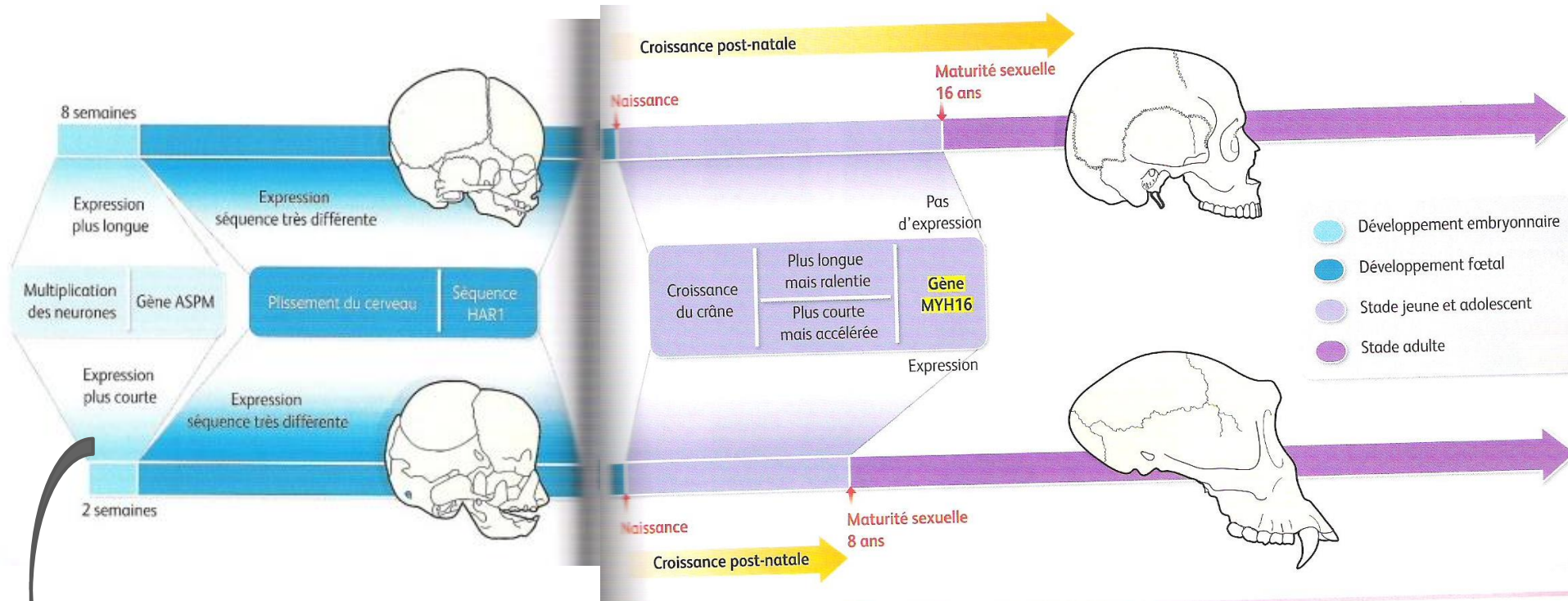
## La construction du phénotype morphologique



**1** Comparaison du crâne du fœtus et de l'adulte chez l'Homme et un chimpanzé. Lors du développement post-natal, certaines parties du crâne ne se développent pas de la même façon. L'une des conséquences est que, chez un chimpanzé, la zone où le crâne s'articule avec la colonne vertébrale (trou occipital) migre vers l'arrière vers l'âge de trois ans, alors que chez l'Homme, le trou occipital reste centré sous le crâne. La tête est ainsi à l'aplomb du reste du corps, ce qui constitue un caractère lié à la station bipède.



# L'acquisition du phénotype Homme vs Chimpanzé



Mise en évidence d'une hétérochronie chez l'Homme = acquisition de la maturité sexuelle tardive chez un phénotype juvénile.  
Cause: expression différentielle des gènes , par exemple retard de l'expression du gène MYH16.

# L'importance de l'apprentissage dans l'acquisition du phénotype humain

## La construction du phénotype comportemental



**4** Image tirée du film *L'enfant sauvage* (François Truffaut, 1970). Ce film est inspiré de l'authentique histoire d'un garçon découvert en 1800 dans les bois de l'Aveyron, nu et couvert de cicatrices. Âgé alors d'environ 12 ans, il aurait été abandonné vers l'âge de 4-5 ans et aurait tout oublié de sa prime enfance. Il fut pris en charge par le docteur Itard qui le baptisa Victor et le décrit comme un enfant asocial. Victor ne parlera jamais, malgré tous les efforts déployés.



**5** Un jeune chimpanzé observe sa mère attraper des termites à l'aide d'une baguette de bois. Les jeunes chimpanzés sont allaités et élevés par leur mère jusqu'à 4-5 ans, puis restent en famille jusque vers 10-11 ans. Ils apprennent ainsi, par imitation, de nombreuses techniques et acquièrent la capacité à communiquer avec leurs congénères. La communication est fondée sur un large registre verbal (cris d'alerte, grognements, etc.), des postures, des gestes et des expressions faciales.

Comportement et outil associé	Population		
	Boussu (Guinée)	Tai (Côte-d'Ivoire)	Gombe (Ouganda)
Manger du miel récupéré avec une baguette	-	+	+
Utiliser une boule de feuilles comme une éponge	+	+	+
Récupérer la moelle des os avec une baguette	nd	+	-
Casser des noix à l'aide d'une pierre ou d'un bout de bois et d'une enclume	+	+	nd
Écraser à l'aide d'un pilon	+	-	-
Utiliser un bâton en forme de crochet pour attraper quelque chose	+	-	-
Attraper des termites avec une brindille	-	nd	+

- le comportement est observé; - le comportement n'est pas observé; nd ressource non disponible

**6** L'utilisation d'outils chez plusieurs populations de chimpanzés. Les chimpanzés et l'Homme sont les seuls animaux qui utilisent une grande variété d'outils pour accomplir des tâches telles que boire, écraser, récupérer de la nourriture, etc. L'observation de populations de chimpanzés géographiquement isolées a permis de mettre en évidence des différences de comportement dans l'utilisation des outils. Ces comportements sont transmis de génération en génération par imitation.

