

Chapitre 06

Un regard sur l'évolution de l'Homme

Thème B Génétique et évolution

Homo sapiens, notre espèce peut être regardé, au plan évolutif, comme toute autre espèce. Il a une histoire évolutive et est en perpétuelle évolution. Cette histoire fait partie de celle, plus générale, des Primates.

Comment retracer l'histoire évolutive de l'espèce humaine ?

I. La place de l'espèce humaine au sein de la biosphère actuelle

A. Les caractéristiques des Primates

L'étude comparative de ses caractéristiques morpho-anatomique permet de replacer (=classer) les primates au sein de la biosphère actuelle :

c'est un

Eucaryote, Vertébré, Tétrapode,

Amniote, Mammifère, Placentaire...

Points communs
des primates :

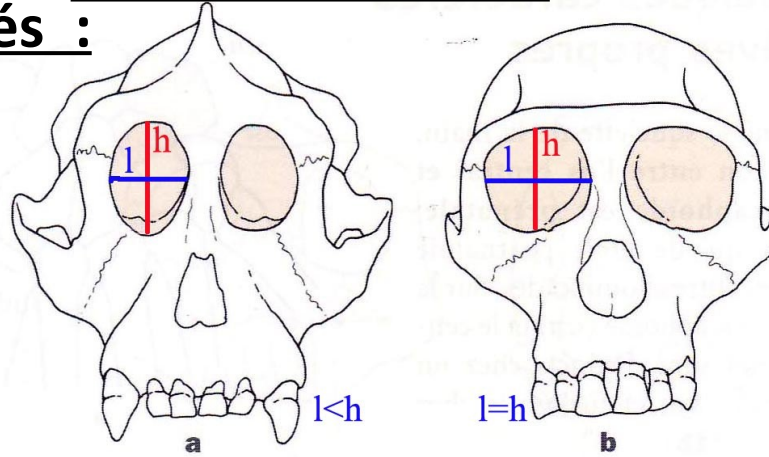
Pouce opposable
aux autres doigts
et ongles



Quelques
candidats
contemporains
parmi les
primates

Quelques caractères utilisés :

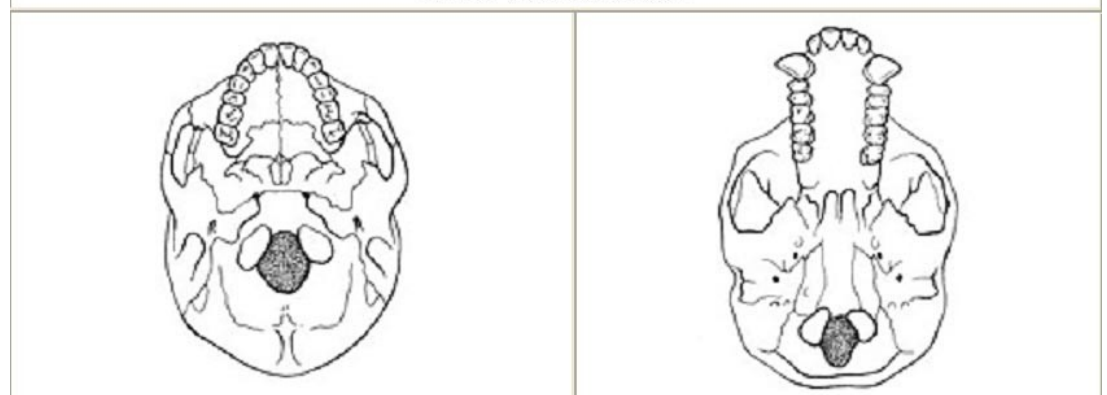
Forme des orbites



Présence
d'un coccyx
et non d'une
queue :

position du trou occipital :
centrale à gauche, en arrière à droite

Crâne vu du dessous



Primate

Phylogène - Collection sélectionnée : Archontes (Primates)

Fichier Observer Comparer Construire Polariser Classer Établir des parentés Étude moléculaire

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

arbre phylogénétique des Primates

Hominoïdes Catarhiniens Haplorhiniens Primates

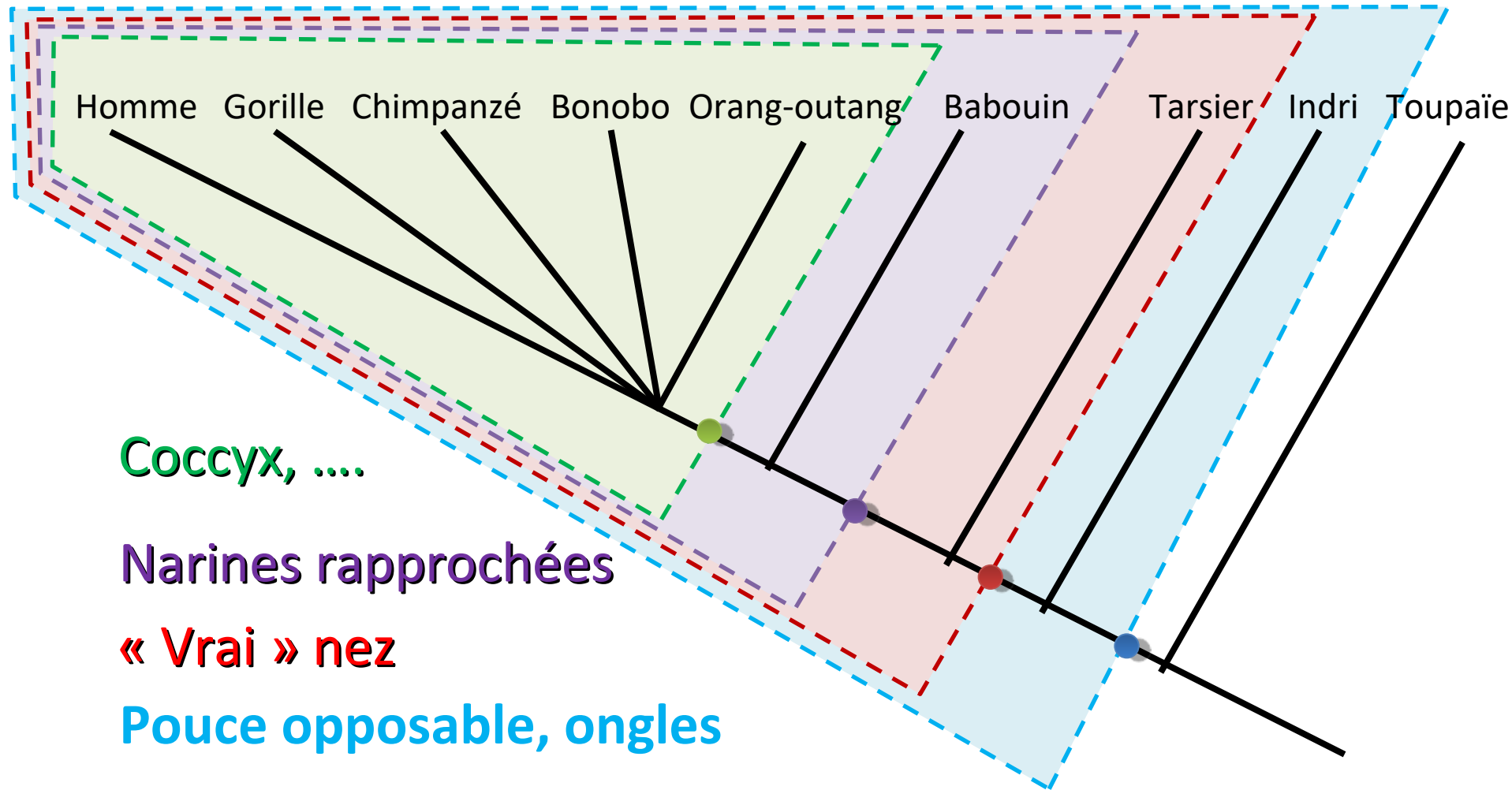
Homme Gorille Chimpanzé Bonobo Orang-outang Babouin Tarsier Indri Toupaïe

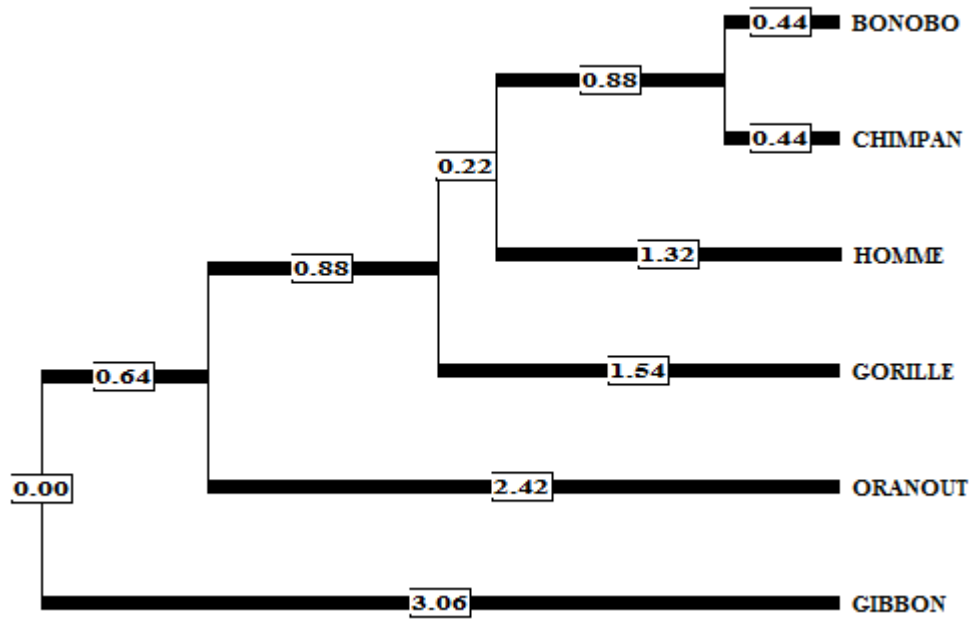
Coccyx,

Narines rapprochées

« Vrai » nez

Pouce opposable, ongles





Arbre phylogénétique
obtenu avec la protéine
Enzymatique:
La cytochrome oxydase

Molécules comparées Espèces comparées à l'homme	NAD	Globine G	Autre molécule Cytochrome oxydase
Chimpanzé	89,0 %	100,0 %	97.6 %
Gorille	86,5 %	98,0 %	96 %
Orang-outang	75,5 %	98,4 %	94.2 %

Un doute? Les données moléculaires sont là pour nous aider. La globine epsilon est produite au cours du développement embryonnaire, jusqu'au troisième mois de grossesse. Elle présente une affinité pour le dioxygène plus forte que celle de la globine beta produite par l'adulte, ce qui permet la captation du dioxygène transporté par le sang maternel, au niveau du placenta.

Présente chez tous les primates, la protéine est isolée puis séquencée pour chaque taxon. On compare ensuite les séquences. La portion de la molécule étudiée est représentative des résultats obtenus sur l'ensemble de la molécule.

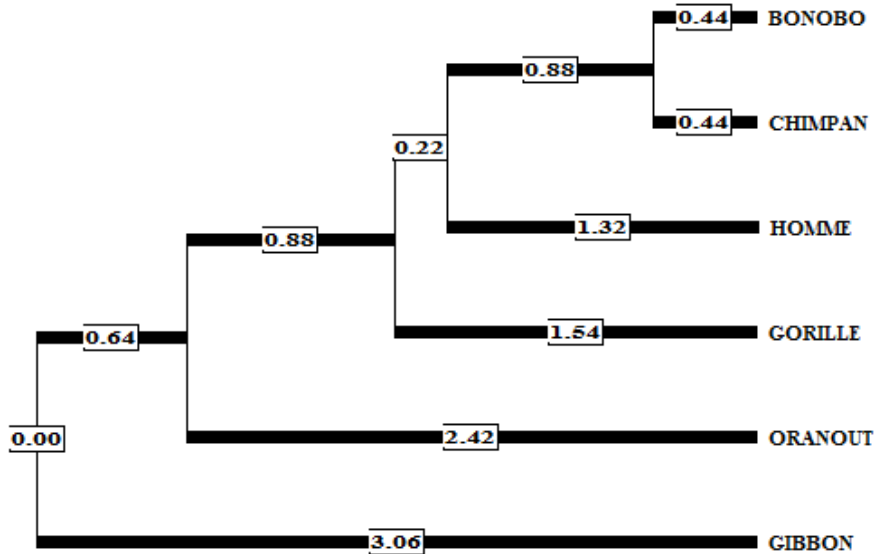
Rang \ Taxon																				
	80					88					135					140				
Homme	...	Asp	Asn	Leu	Lys	Pro	Ala	Phe	Ala	Lys	...	Val	Ser	Ala	Val	Ala	Ile	Ala	...	
Gorille	...	Asp	Asn	Leu	Lys	Pro	Ala	Phe	Ala	Lys	...	Val	Ser	Ala	Val	Ala	Ile	Ala	...	
Chimpanzé	...	Asp	Asn	Leu	Lys	Pro	Ala	Phe	Ala	Lys	...	Val	Ser	Ala	Val	Ala	Ile	Ala	...	
Orang-outan	...	Asp	Asn	Leu	Lys	Thr	Thr	Phe	Ala	Lys	...	Val	Ser	Ala	Val	Ala	Ile	Ala	...	
Tarsier	...	Asp	Asn	Leu	Lys	Gly	Ala	Phe	Ala	Lys	...	Val	Ser	Gly	Val	Ala	Thr	Ala	...	

En plus... Pour confirmer

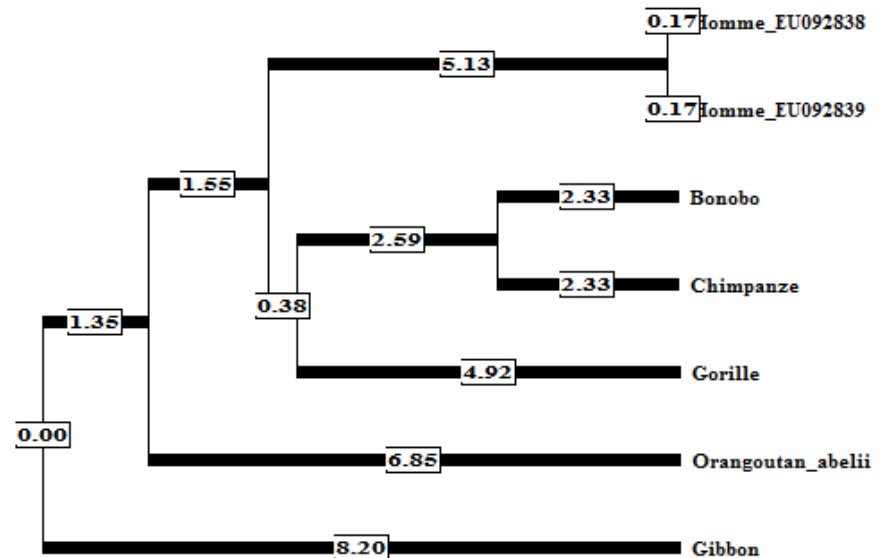
% de différence entre les gènes codant pour l'opsine S

	Cebus	Aloutta	Saimiri	Homme	Gorille	Bonobo	Chimpanzé	Macaque
Cebus	0	2.31	4.05	7.23	7.51	7.23	7.23	7.51
Aloutta		0	2.89	6.65	6.94	6.65	6.65	6.94
Saimiri			0	8.09	8.38	8.09	8.09	7.8
Homme				0	0.289	0	0	3.76
Gorille					0	0.289	0.289	4.05
Bonobo						0	0	3.76
Chimpanzé							0	3.76
Macaque								0

Arbre phylogénétique
obtenu avec la protéine
Enzymatique:
La cytochrome oxydase

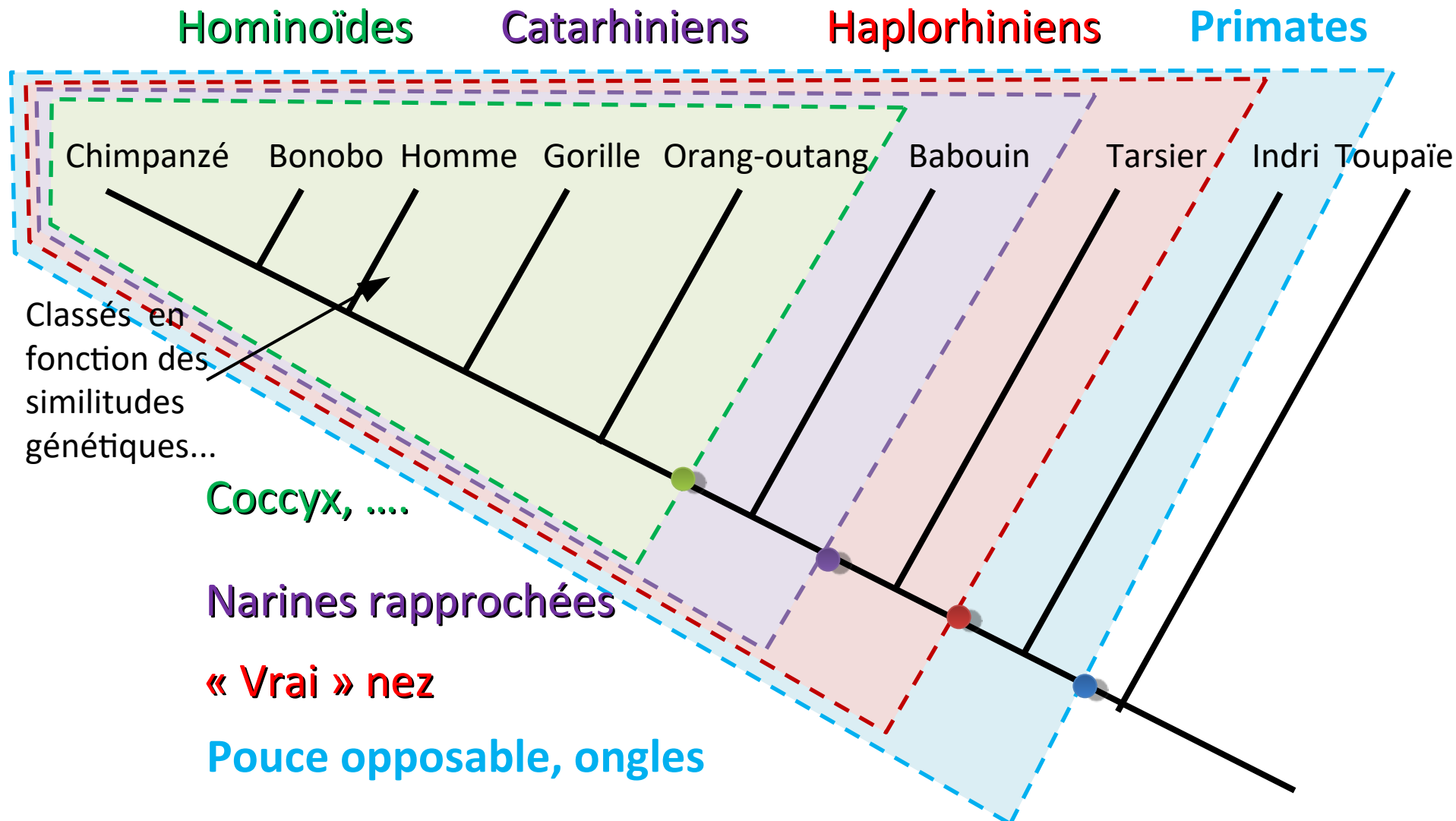


Arbre phylogénétique
obtenu avec la protéine
Enzymatique: COI



On doit donc poser des hypothèses sur le degrés de parenté et travailler sur un grand nombre de gènes.

arbre phylogénique des Primates



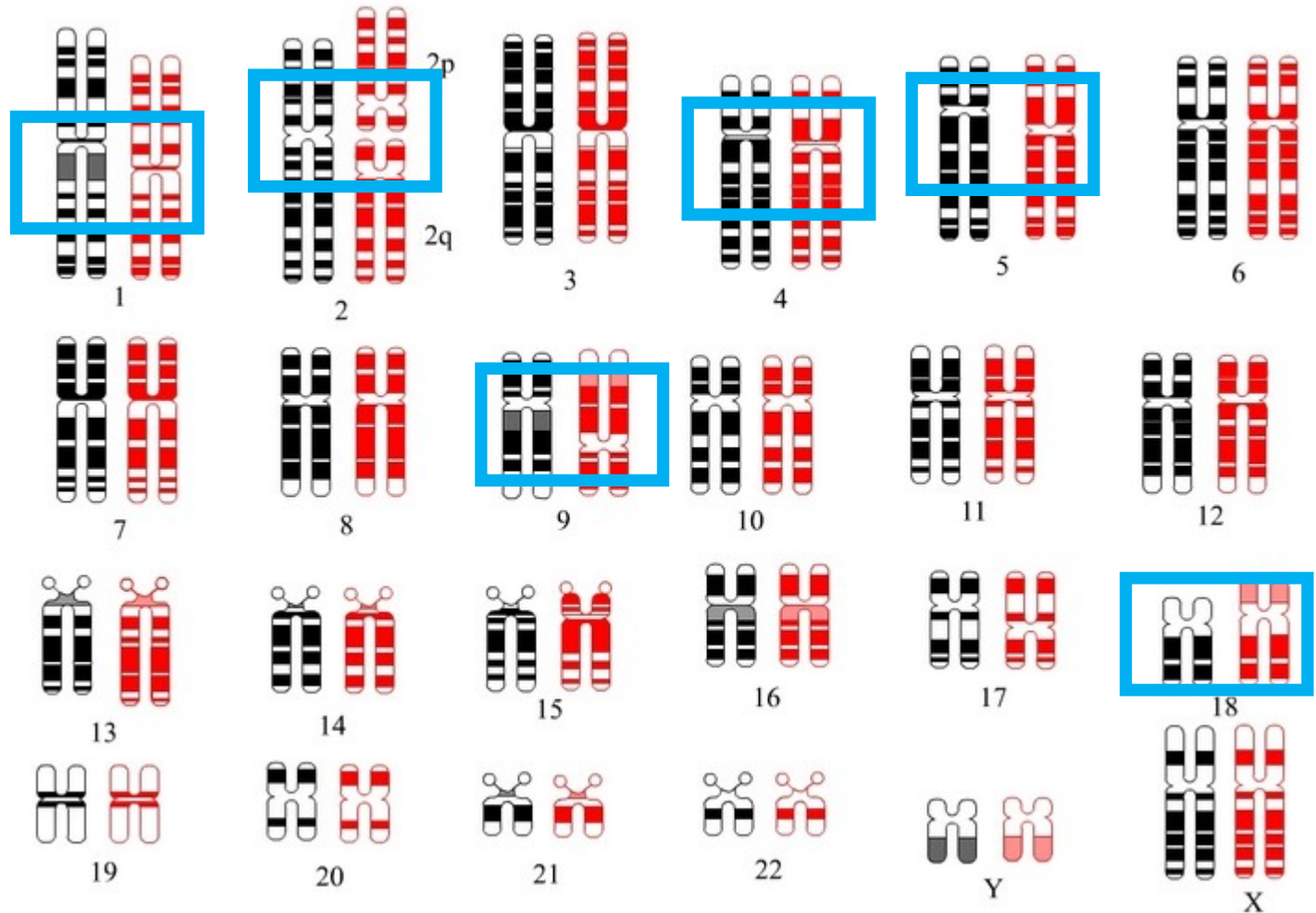
I. La place de l'espèce humaine au sein de la biosphère actuelle

B. Homme et Chimpanzé, deux espèces très proches

Caractère	Chimpanzé	Homme
Colonne vertébrale	1 point de courbure	4 points de courbure
Trou occipital	A l'arrière du crâne	A la base du crâne
Forme du crâne	Prognathe, présence de bourrelets sus- orbitaires	Face plate, menton, absence de bourrelet sus orbitaires
Capacité crânienne	350 cm ³	1450 à 1600cm ³
Locomotion :	quadrupède	aptitude à la course à pied
Langage articulé	non	oui

Comparaison caryotype humain/chimpanzé

Caryotypes très proches
Qq remaniements/
1 fusion

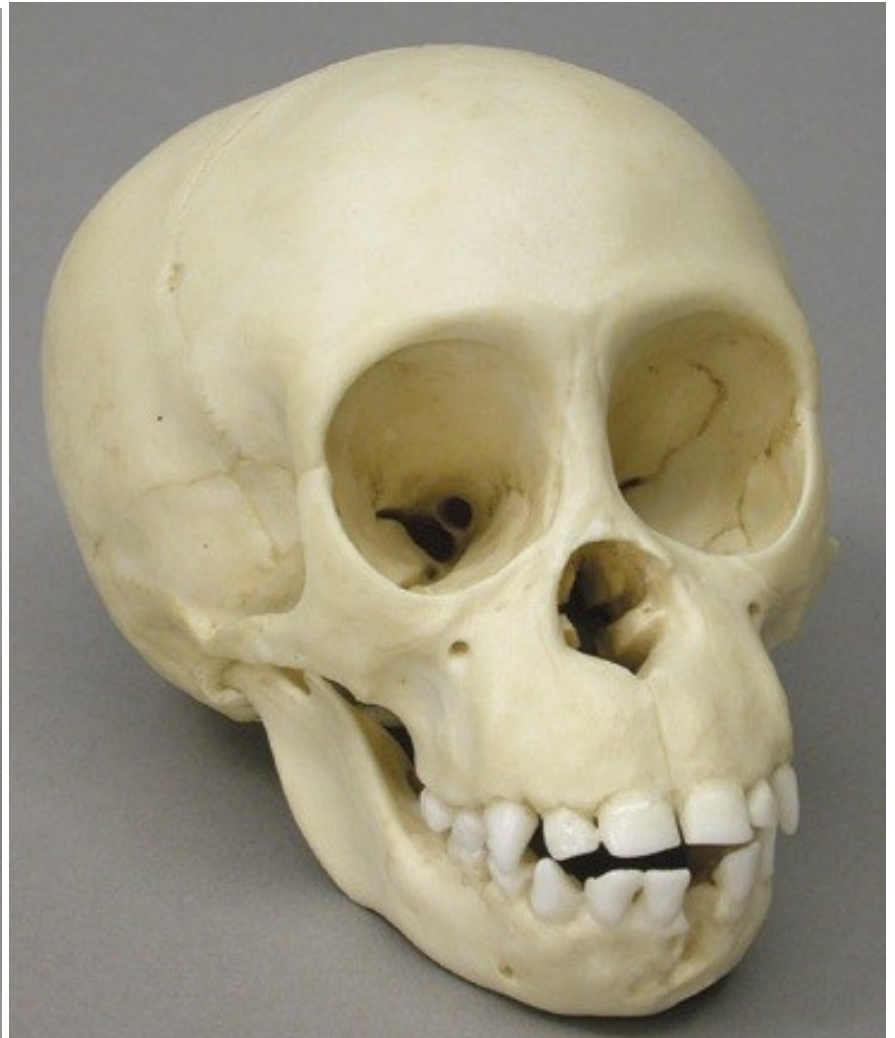


Comparaison génétique entre l'Homme et le chimpanzé (chromosome 1)



98,77% des séquences codantes similaires

PETIT JEU : Attribuez ces crânes à l'espèce Homo sapiens ou Pan troglodytes.



Chimpanzés.... Les deux !

Les phases de développement sont les mêmes :

Embryonnaire :

organogenèse globale(dont cérébrale)

Fœtale :

développement des organes pour devenir fonctionnels.

Lactéale :

naissance à l'apparition de la première molaire sup.

de substitution :

changements du corps qui se terminent à la puberté.

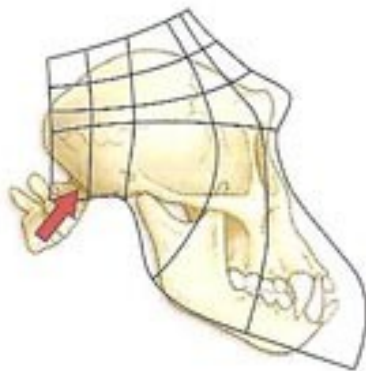
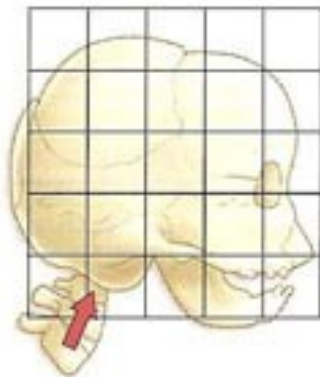
Chronologie comparée du développement Homme-Chimpanzé

caractéristiques	Chimpanzé	Homme
durée de multiplication des neurones:	2 semaines	8 semaines
phase foétale:	30 semaines (7,5 mois)	28 semaines (7 mois)
âge 1ère première molaire:	3 ans	6 ans
migration du trou occipital	Vers l'arrière	Abs de migration
locomotion	Bipédie temporaire Quadrupédie (6 ans)	Bipédie définitive (3 ans)
âge de la maturité sexuelle	7 ans	14 ans

Chimpanzé



Fœtus



Adulte

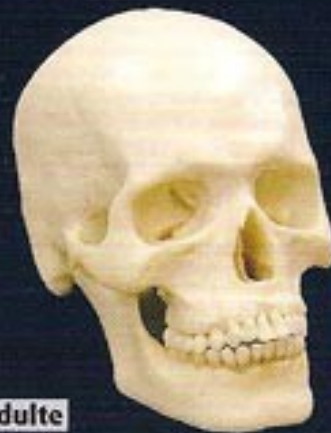
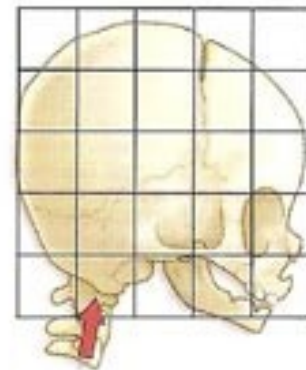


Position du trou occipital

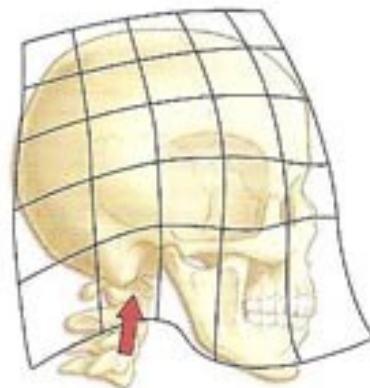
Homme



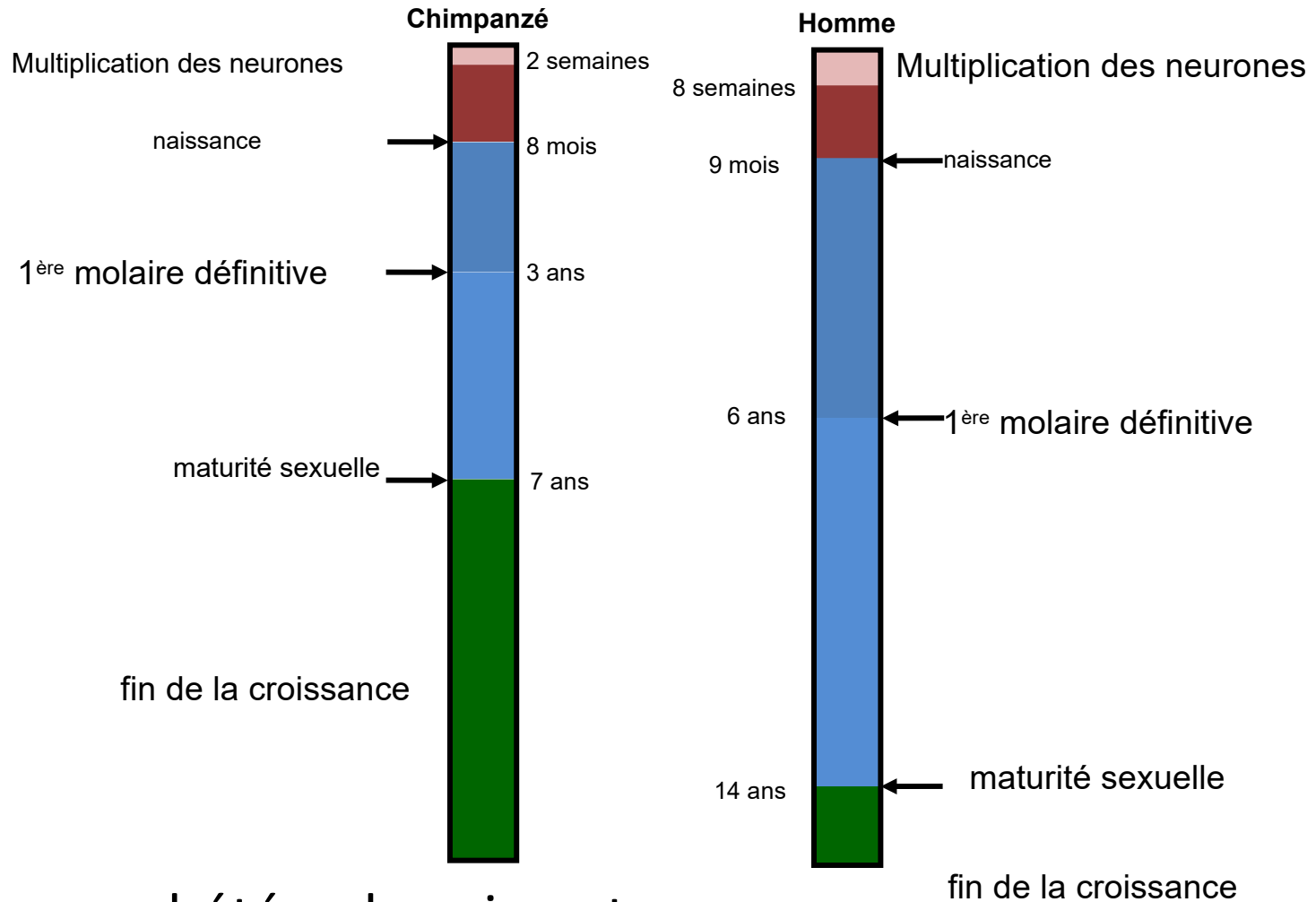
Fœtus



Adulte



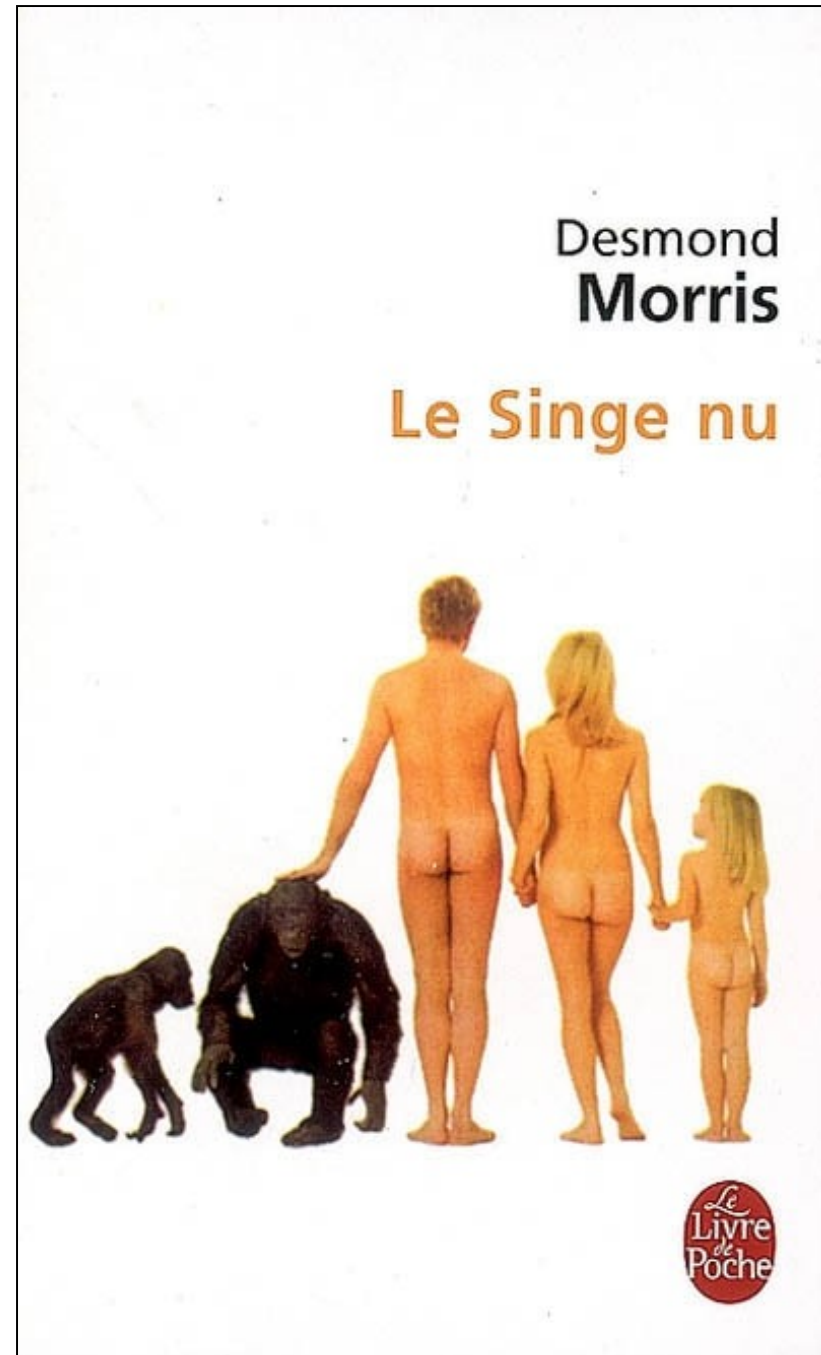
Chronologie comparée du développement Homme-Chimpanzé

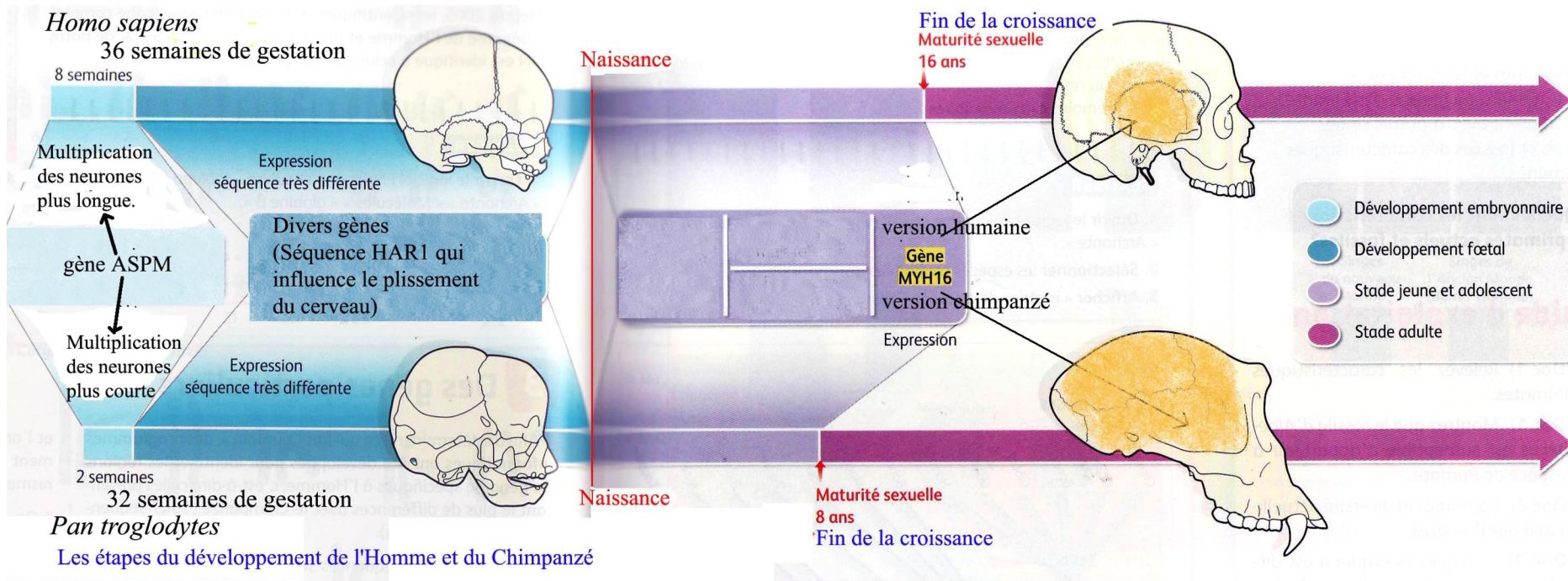


Il existe donc une **hétérochronie** entre ces deux espèces...

Quelques définitions:

- ***Hétérochronie :***
modification évolutive de la chronologie et de la vitesse de la mise en place d'un caractère.
- ***Néoténie :***
conservation de caractéristiques juvéniles chez les adultes d'une espèce.





Le gène MYH16 code pour une protéine musculaire. Chez l'Homme, le gène MYH16 est muté ce qui l'inactive. Les muscles de la mâchoire croissent moins, il y a alors une surface d'insertion crânienne de ces muscles qui est plus petite et par conséquent les os crâniens où s'insèrent les muscles sont moins massifs.

Comment expliquer les phénotypes différents malgré ces similitudes génétiques ?

D'un point de vue génétique, l'Homme et le Chimpanzé se distinguent surtout par la position et la chronologie d'expression de certains gènes.

Le phénotype humain s'acquiert au cours du développement pré et postnatal, sous l'effet de l'interaction entre l'expression de l'information génétique et l'environnement.

Comment expliquer le phénotype humain/ Chimpanzé?

La comparaison des séquences de nucléotides humaines avec celles du chimpanzé montre qu'un petit nombre de différences est à l'origine des différences de phénotype.

Ces « petites » différences engendrent des phénotypes très différents : lorsque les gènes du développement sont variants, la forme adulte sera très différente du fait d'expressions et de durées d'expressions différentes → l'hétérochronie engendre notamment une néoténie chez l'humain...

II La place de l'espèce humaine au sein de la biosphère passée

A. La diversité passée des Primates

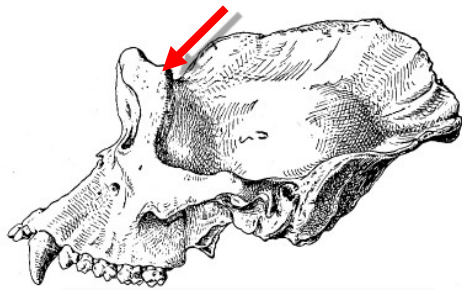
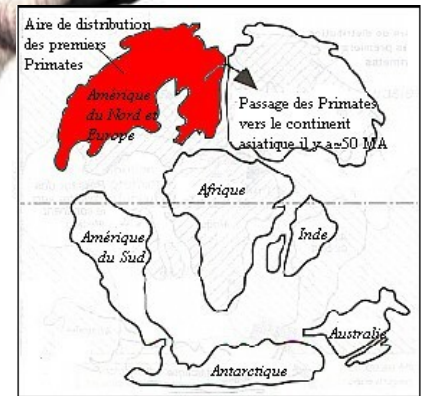
**Hors
Programme !!!**

LES PROTO-PRIMATES FIN DU CRETACE-DEBUT TERTIAIRE

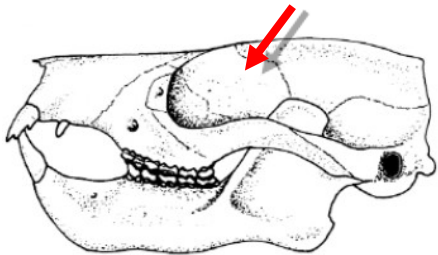
Les Plésiadapiformes (Paléocène) – 65 Ma



Purgatorius: -90 à -80 Ma



Crâne d'un Gorille



Crâne d'un Plésiadapiforme

- Pouces non opposables

- Griffes ? Ongles ?

- Yeux sur les côtés: pas de vision en relief

Hors Programme !!

Hors

Programme !!!

LES PRIMATES DE L'EOCENE (-55 Ma)

Archicebus achilles(découvert en 2013, le plus vieux actuel)



au début de l'Éocène,
une époque chaude où une grande partie des terres
était couverte de forêts tropicales.
La forme de ses dents laisse penser à un régime insectivore.
Une taille de 7cm + 13cm de queue...

Hors Programme !!!

LES PRIMATES DE L'EOCENE (-50 Ma)

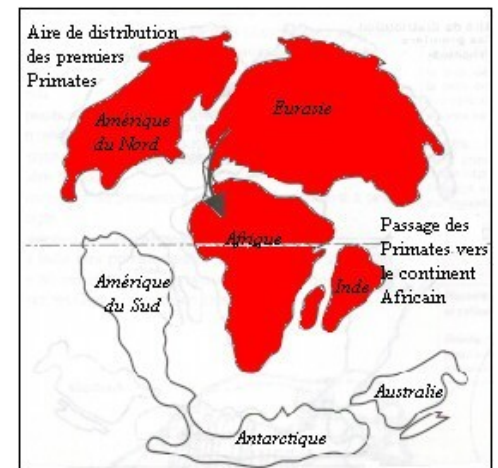
Les Adapiformes

- Pouces opposables

Primates

Part 1

Part 2



Hors Programme !!!

LES PRIMATES DE L'EOCENE
apparition des vrais singes (-45 Ma)

Algeripithecus



- Présence d'un nez

- Pouces opposables

Haplorhiniens

Primates

Hors Programme !!!

LES PRIMATES DE L'OLIGOCENE
apparition des Catarrhiniens (-30 Ma)

Aegyptopithecus



- Narines rapprochées

- Présence d'un nez

- Pouces opposables

Catarrhiniens

Haplorhiniens

Primates

Hors Programme !!!

LES PRIMATES DU MIOCENE

Apparition des premiers Grands Singes (-20 Ma)

Proconsul



- coccyx

- Narines rapprochées

- Présence d'un nez

- Pouces opposables

Hominoïdes

Catarhiniens

Haplorhiniens

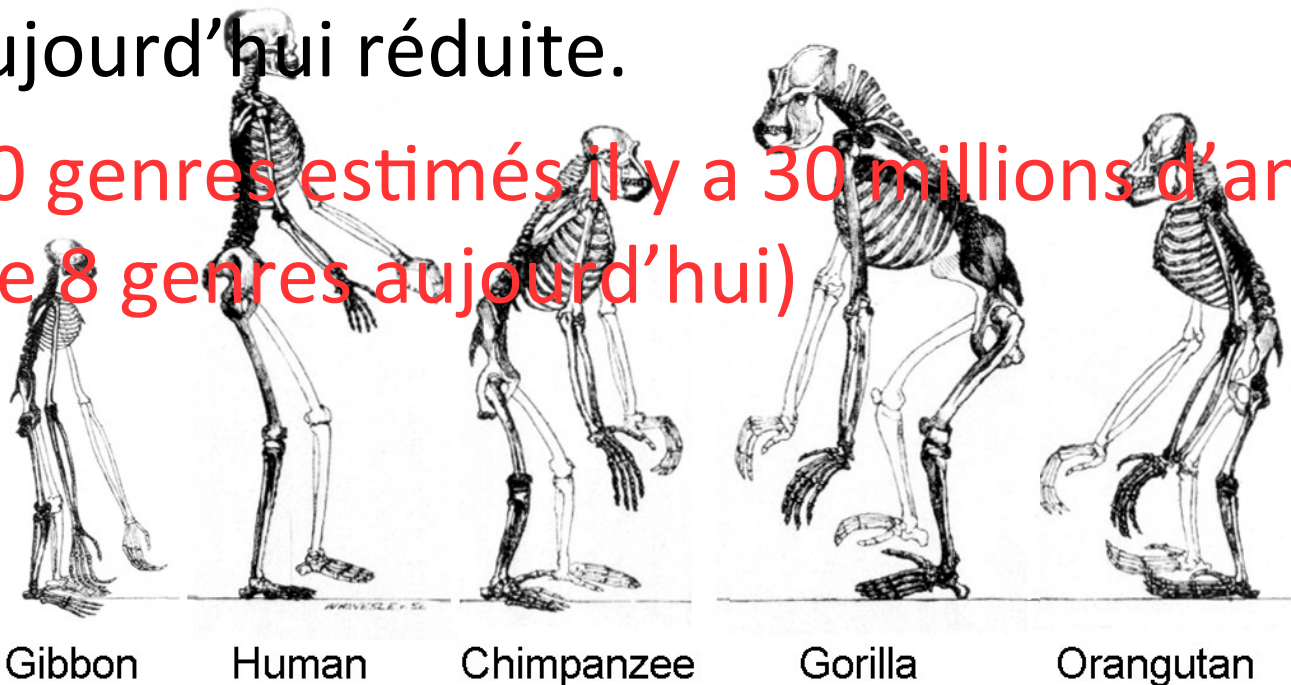
Primates

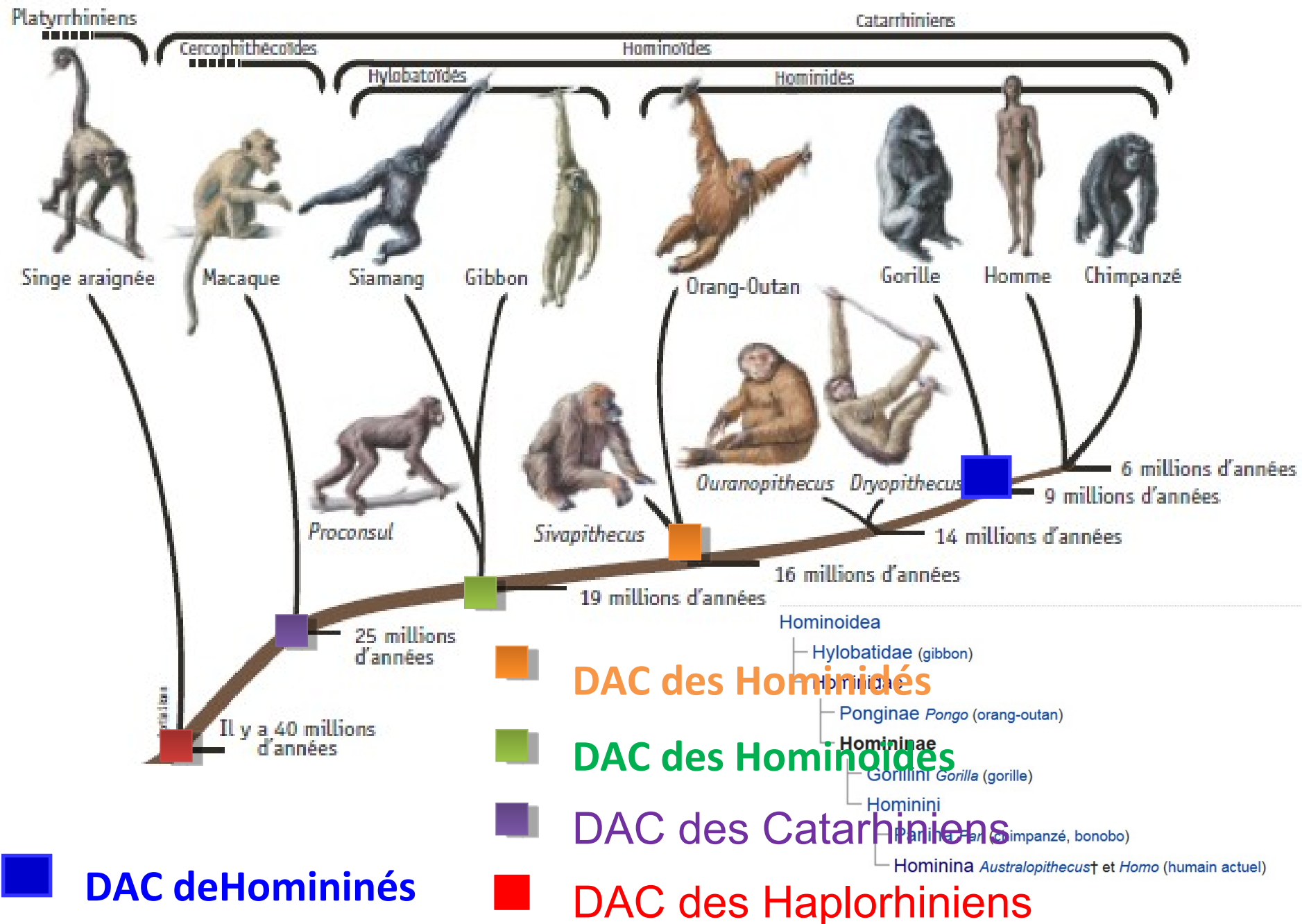
Les premiers primates fossiles datent de -65 à -50 millions d'années.

Ils sont variés et ne sont identiques ni à l'Homme actuel, ni aux autres singes actuels.

La diversité importante des « Grands Primates » (Hominoïdes) connue par les fossiles est aujourd'hui réduite.

(→ 40 genres estimés il y a 30 millions d'années contre 8 genres aujourd'hui)





II La place de l'espèce humaine au sein de la biosphère passée

B. Les caractéristiques de l'ancêtre commun de l'Homme et du Chimpanzé

→ possède des caractères communs à l'Homme et au Chimpanzé mais ne ressemble ni à l'un ni à l'autre.

La description demeure globalement imprécise
→ elles ont évolué depuis leur séparation.

(TP10)

→ La description demeure globalement imprécise du fait de l'évolution sur chaque lignée depuis 7 millions d'années.

Aucun fossile ne peut être à **coup sûr** considéré comme un ancêtre de l'Homme ou du Chimpanzé. Nous pouvons juste énumérer les points communs aux deux espèces actuelles et les attribuer au DAC.

La comparaison du chimpanzé et de l'humain a permis :

- De tracer un portrait robot du DAC

- Mais aussi de mettre en évidence les caractéristiques propres aux humains et à tous ses cousins proches : les Homininés.
(seuls les caractéristiques « Homo » seront mises en avant.

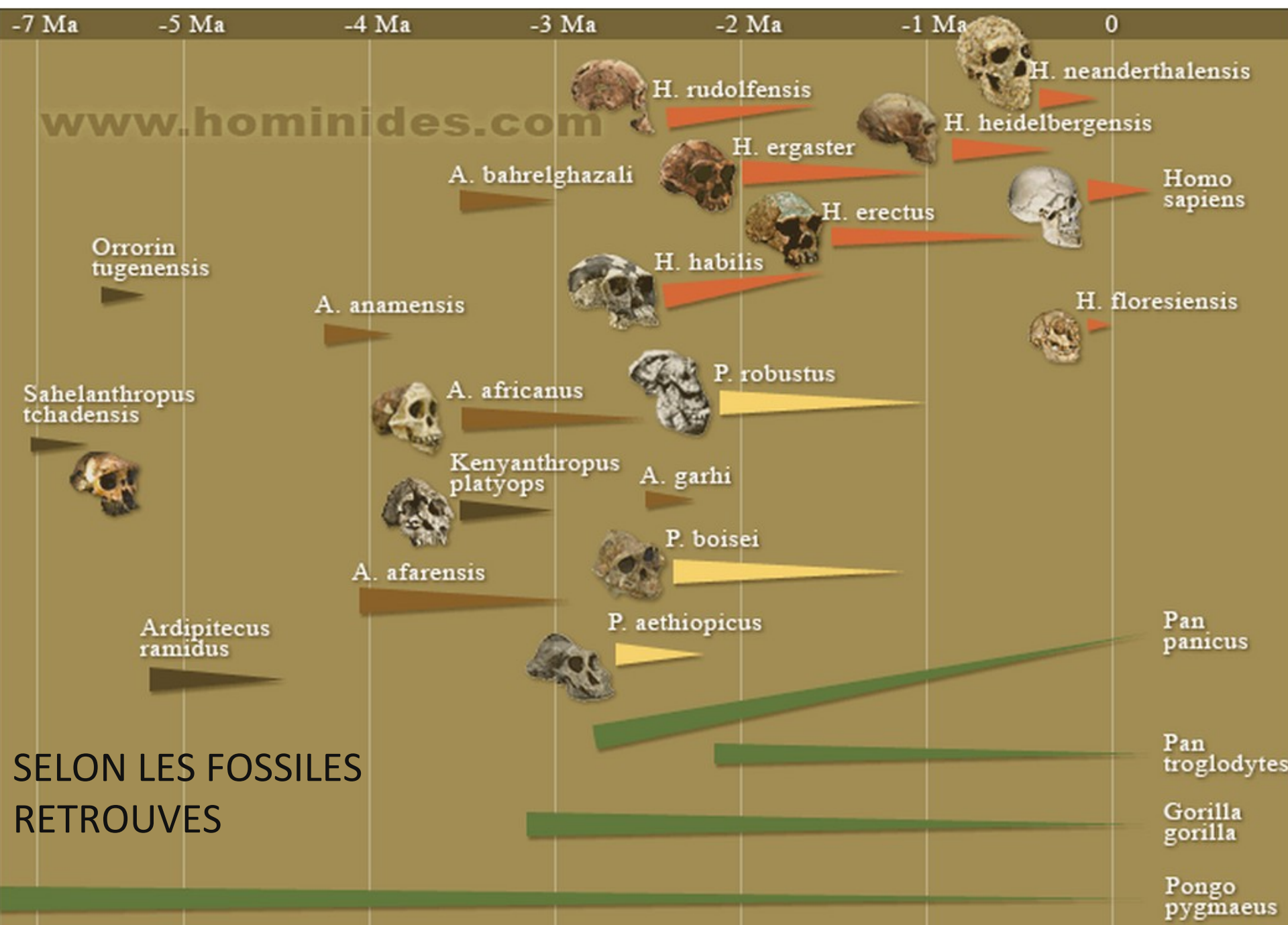
II La place de l'espèce humaine au sein de la biosphère passée

**C. La construction d'une phylogénie du genre
Homo et de ses cousins...**

Tentative(s) de construction de la phylogénie des hominins

C'est un sujet en devenir,

La communauté scientifique ne cesse de couvrir de nouveaux indices qui remettent en question les « vérités » d'avant....



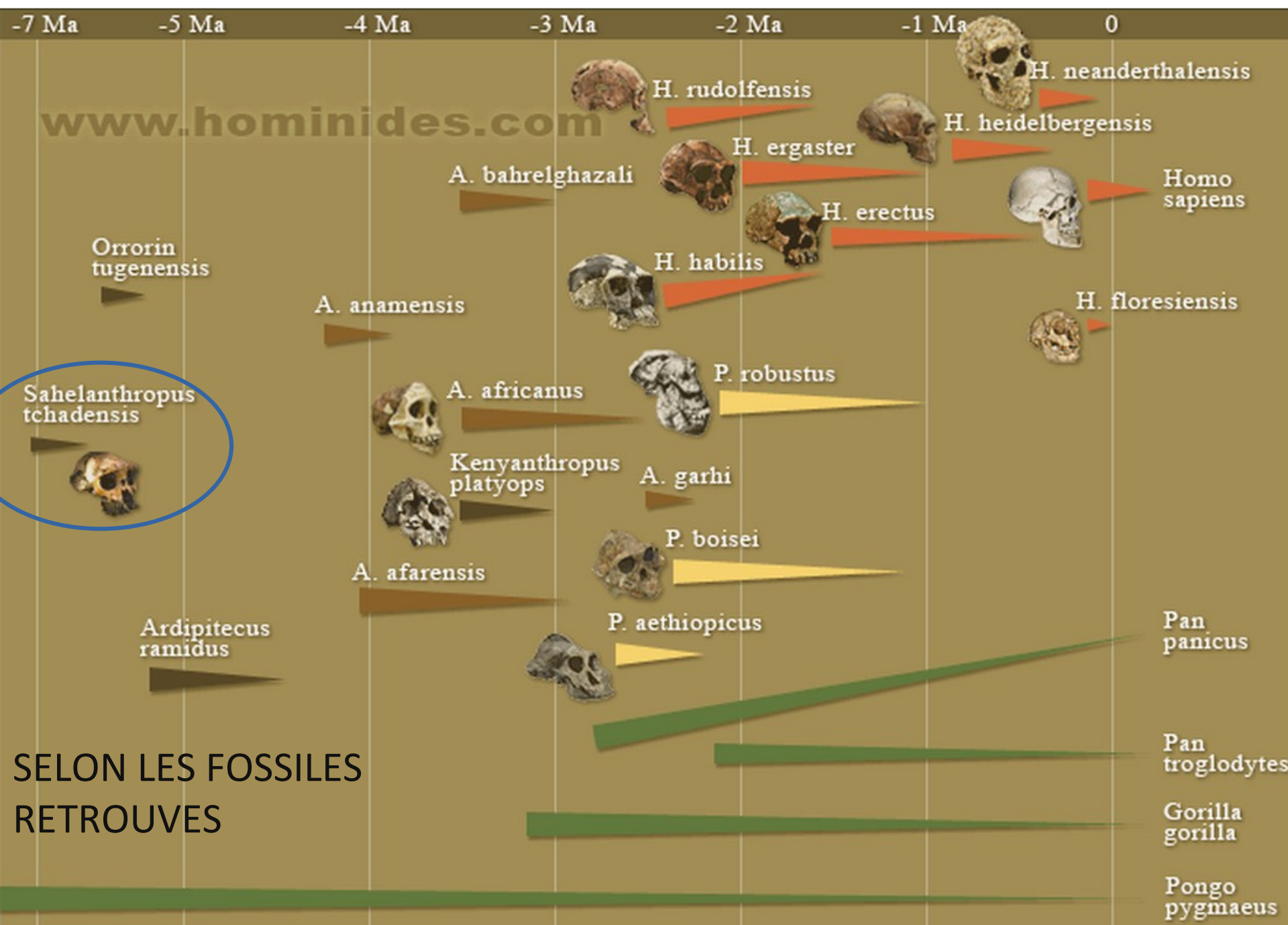
Sahelanthropus tchadensis (Toumaï)

-7 Ma

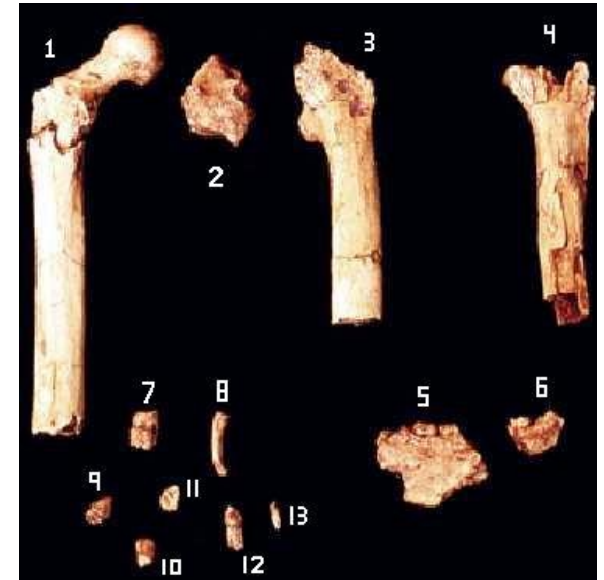


Taille :	Masse:	Cap. crânienne :	Habitat :	Feux :	Outils :
1,15 /1,25 m	23-35 kg	340/360 cm ³	Zone boisée	non	?

Le trou occipital en position déjà très antérieure est un indice de bipédie. Aucun os des membres n'a été décrit (bipédie à confirmer...)



Orrorin tugenensis (-6 Ma)

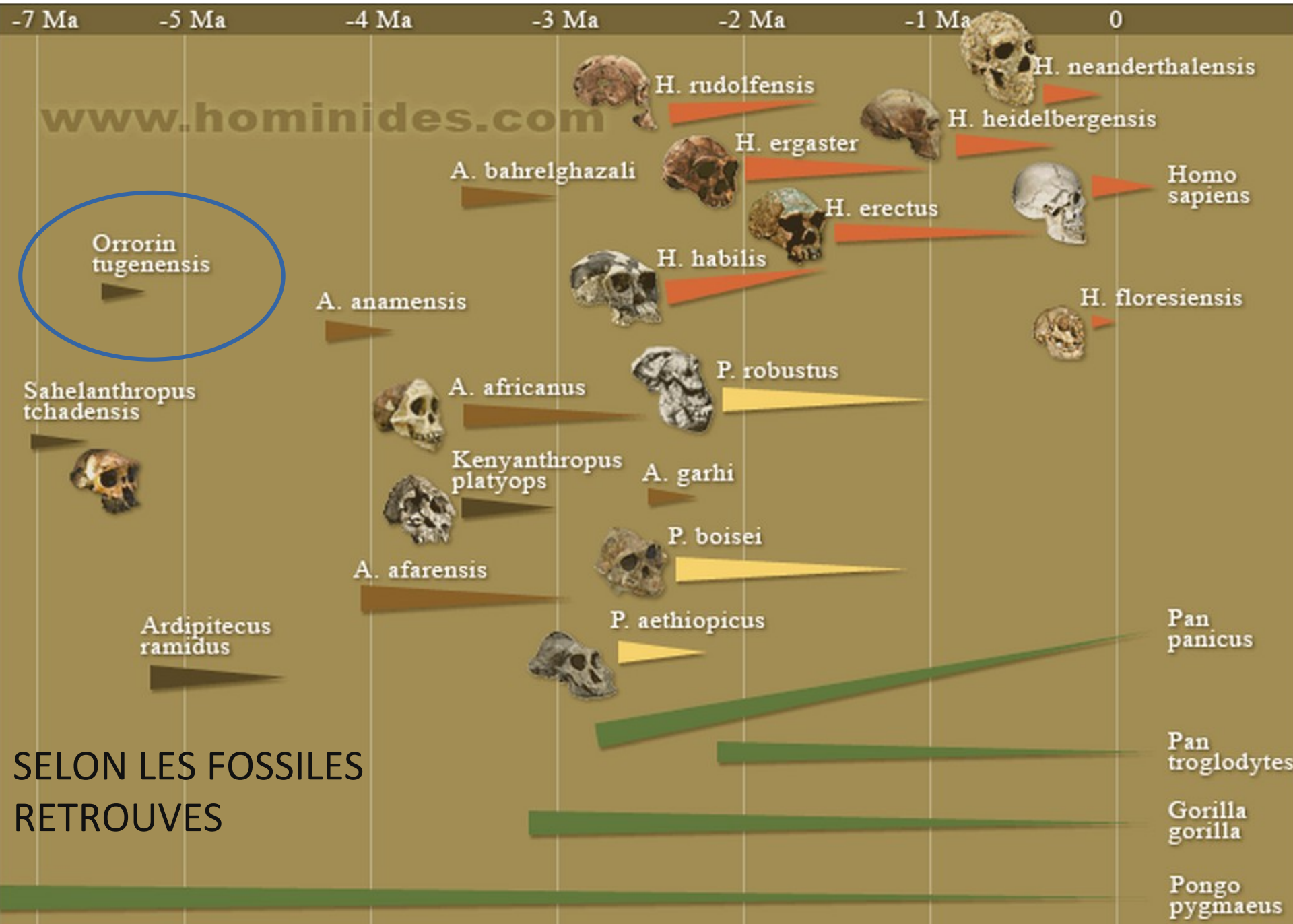


Taille : 1,15 /1,25 m	Masse: 30-45 kg	Cap. crânienne : ?? cm ³	Habitat : Zone boisée	Feux : non	Outils : ?
---------------------------------	---------------------------	---	---------------------------------	----------------------	----------------------

Pas de crâne.

La forme de son fémur évoque la bipédie.

Sa première phalange, longue et incurvée, indique qu'Orrorin se suspendait parfois aux arbres.. Il était donc également arboricole



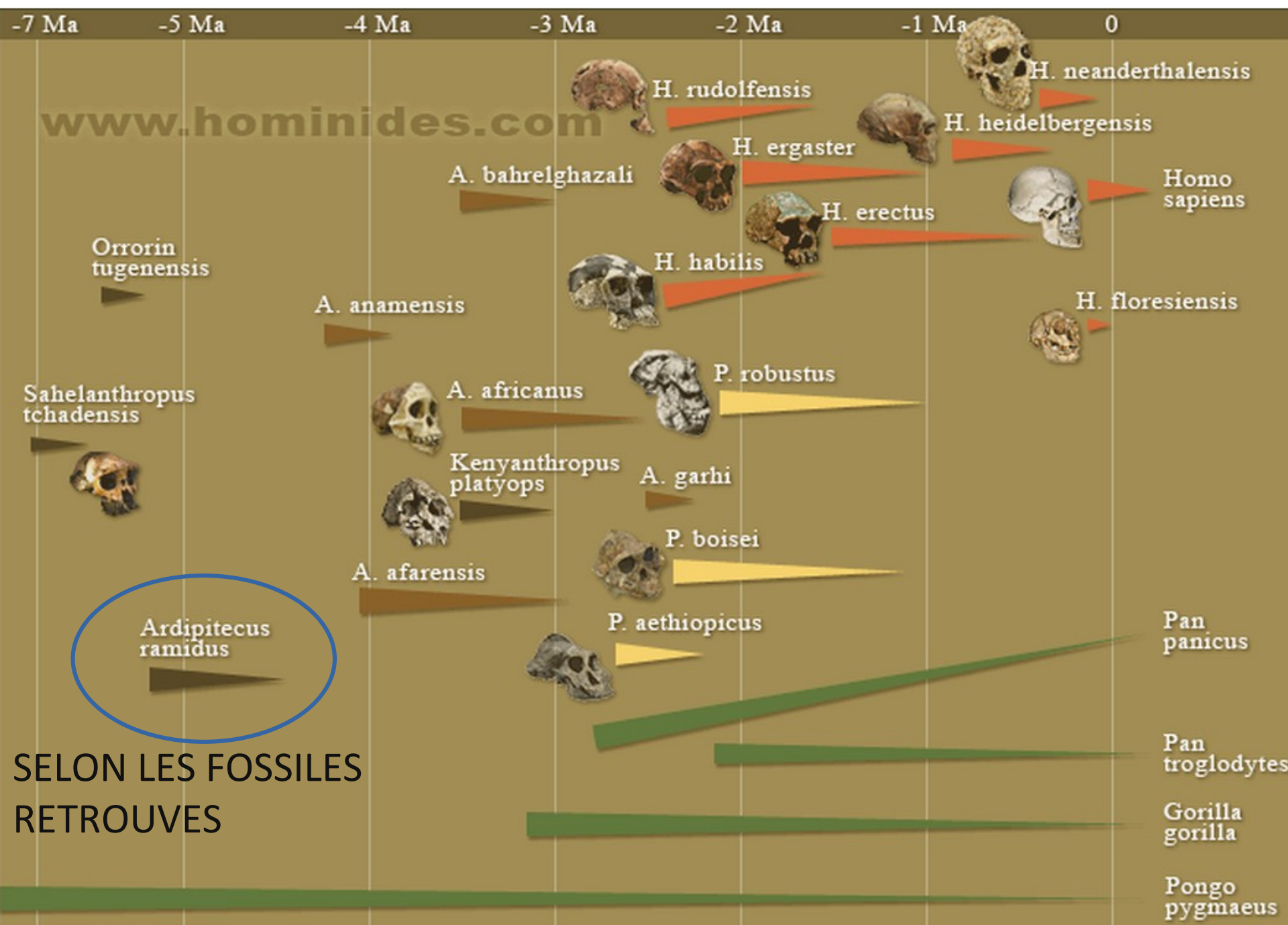
Ardipithecus ramidus

(-4,4 Ma)



Taille :	Masse:	Cap. crânienne :	Habitat :	Feux :	Outils :
1,10 - 1,20 m	50 kg	300/350 cm ³	Arboré	non	non

Le bassin et les mains d'Ardipithecus ramidus montrent qu'il était bipède mais qu'il pouvait également se déplacer (ou grimper) dans les arbres. La forme de sa voûte plantaire montre qu'il ne pouvait pas marcher ou courir de longues distances à pied



Le genre australopithèque



1976, Mary Leakey, Richard L. Hay (en)découvrent une piste d'empreintes de pas d'Hominina, conservée grâce à une succession de conditions favorables :
→ le dépôt d'une couche d'environ 15 cm de fines cendres provenant de l'éruption du volcan Sadiman, distant de 20 km ; -→ le passage d'un groupe d'Hominina et d'autres animaux ; -→ une averse légère qui a cimenté la couche ; → le scellement de la piste par d'autres dépôts de cendre venus la recouvrir et la protéger.

Les pas d'Hominina correspondent à trois individus, dont un marchant dans les traces d'un autre, ce qui rend difficile la lecture de certaines empreintes...

Interprétation libre(famille...)

Une étude 3D sur ces empreintes en 2011 suggère une bipédie bien verticale affirmée.

Les empreintes de Laetoli ont été datées en 2011 de **3,66 millions d'années**, par la méthode du potassium-argon appliquée à la couche de cendre.

Le genre australopithèque

Chimpanzé



Homme

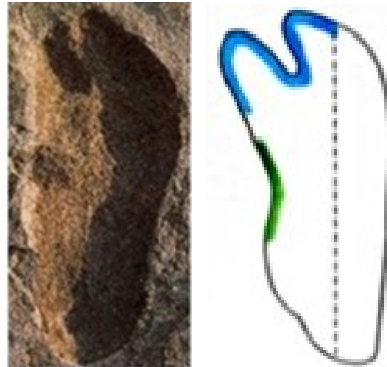


Le genre australopithèque

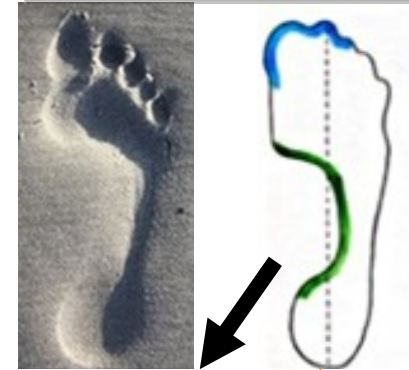
Chimpanzé



Australopithèque

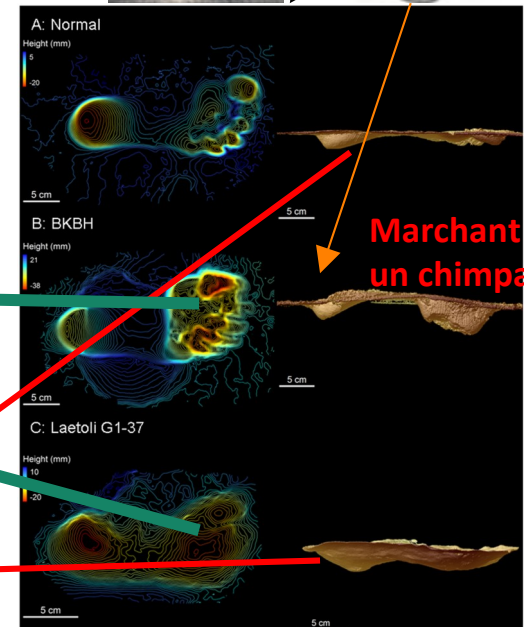


Homme



Écart gros orteil
interprété comme une
marche bipède
maintenue mais
légèrement courbée.

MAIS, étude 3D se rapproche
d'une station debout affirmée



Marchant comme
un chimpanzé...

Le genre Australopithèque

Locomotion		Bipède Arboricole
Volume crânien		350 à 510 cm ³
Caractéristiques du crâne		trou occipital un peu avancé
Angle facial		56° à 75°
Culture	Outils	non?
	Larynx permettant un langage articulé	non?
	Aire cérébrale du langage	non?
	Feu	non?
	Sépultures	non?
	Art	non?

Australopithecus afarensis



Taille :
1,05 à 1,35m

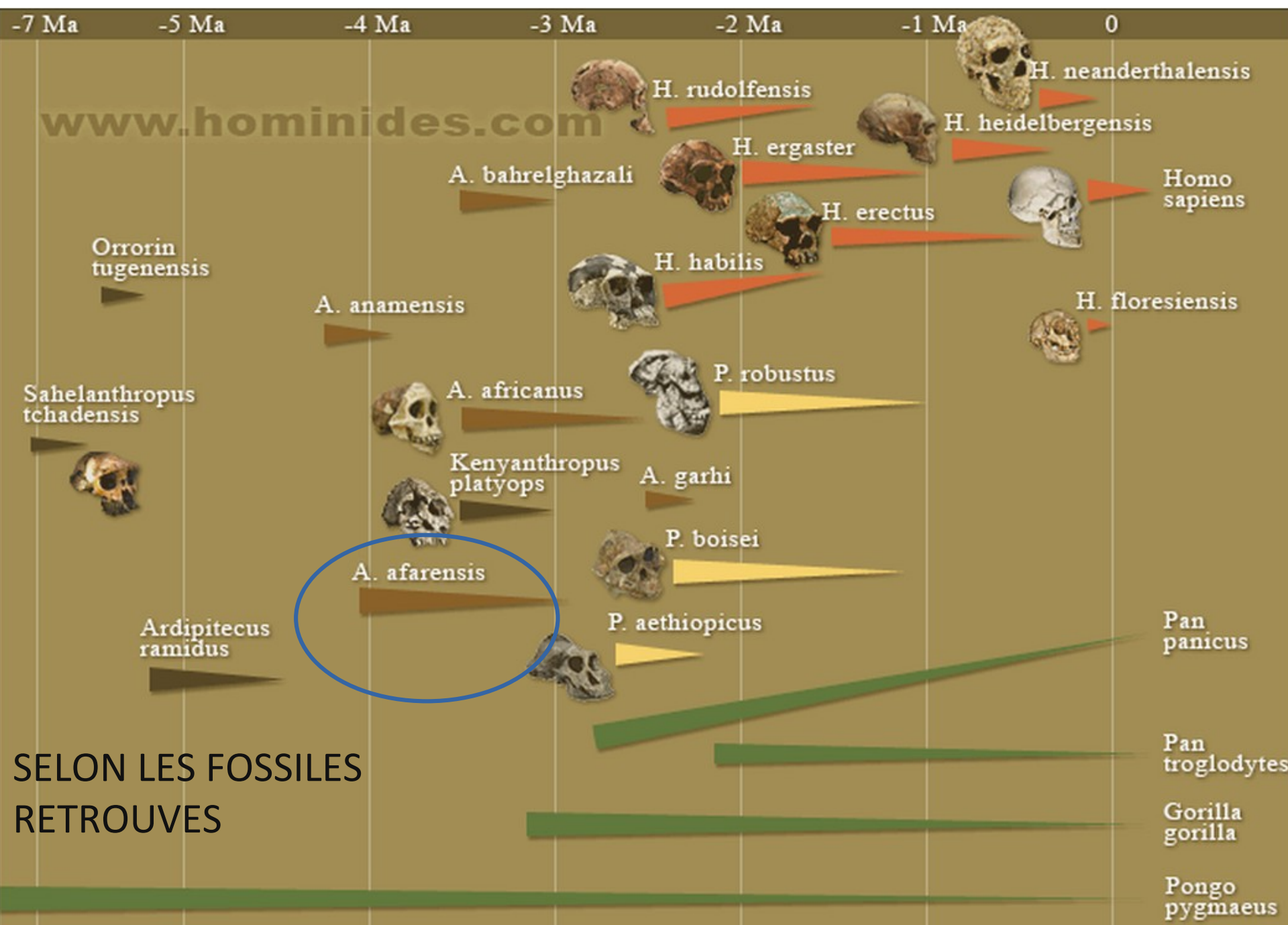
Masse :
30 à 45 kg

Vol crânien :
390-500 cm³

Habitat :
Arboré

Feux :
non maîtrisé

Outils :
??



SELON LES FOSSILES
RETROUVES

Le genre Homo

**Revoyons ses caractéristiques :
faut que ça rentre !!!**

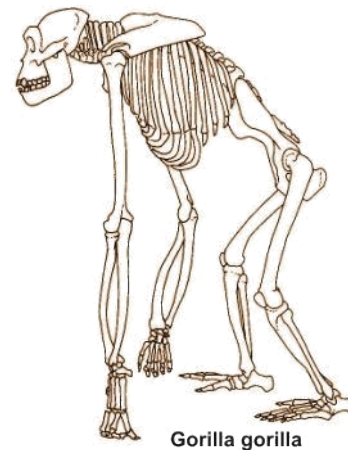
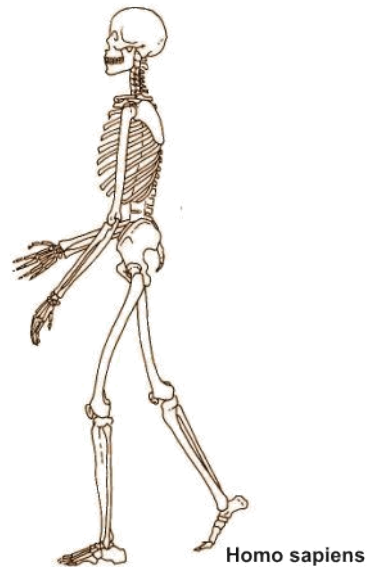
genre *Homo*

- Il regroupe l'Homme actuel et les fossiles qui possèdent :

Mode de locomotion

Les grands singes sont parfois bipèdes (environ 10% à 20% du temps chez les chimpanzés), mais ils sont peu adaptés à ce mode de locomotion. Ils se déplacent surtout à quatre pattes ou suspendus par les bras aux branches.

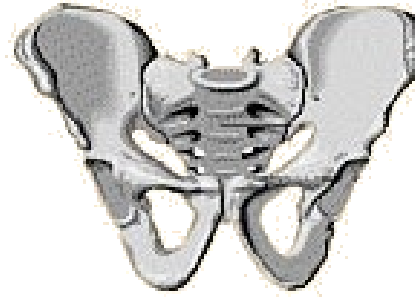
Les humains sont uniquement bipèdes et aptes à la course à pied.



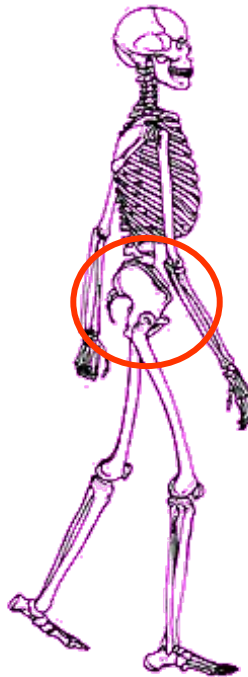
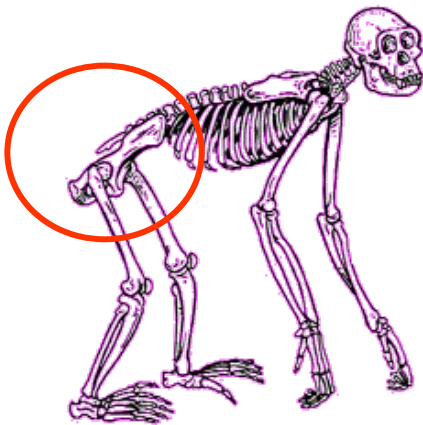
Bassin



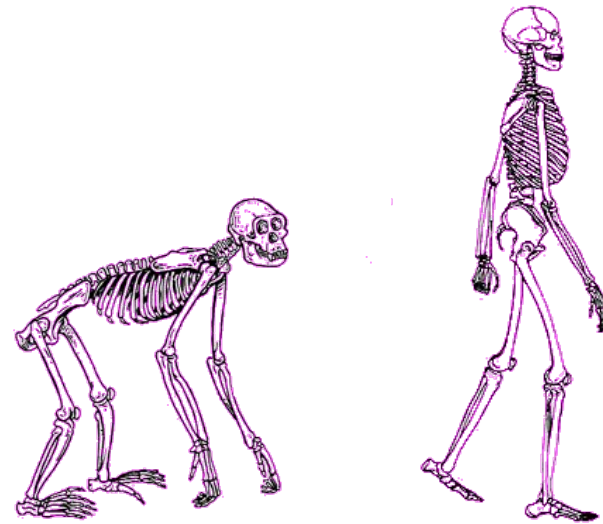
grand singe



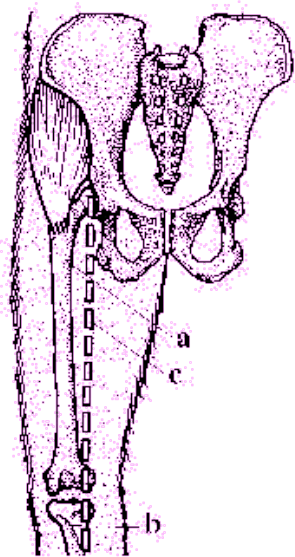
homme



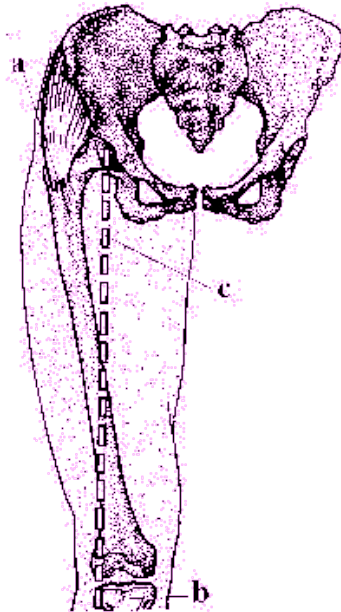
Bassin humain plus large et plus court (doit supporter presque tout le poids du corps en position redressée)
Sacrum plus robuste



Le fémur est orienté différemment par rapport au bassin:
Fémur formant un angle droit par rapport à l'horizontale chez le Chimpanzé.

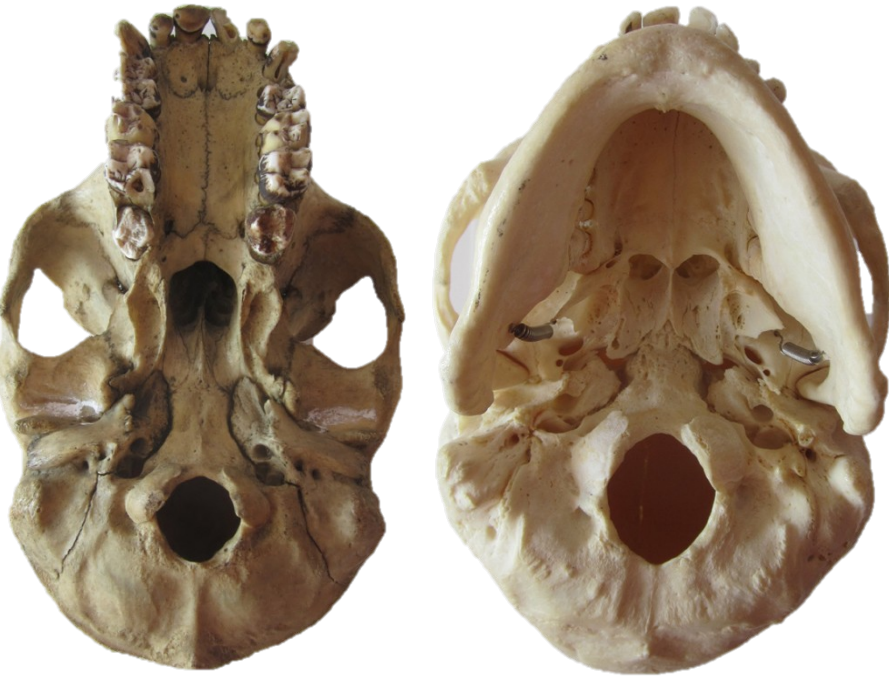


Chimpanzé

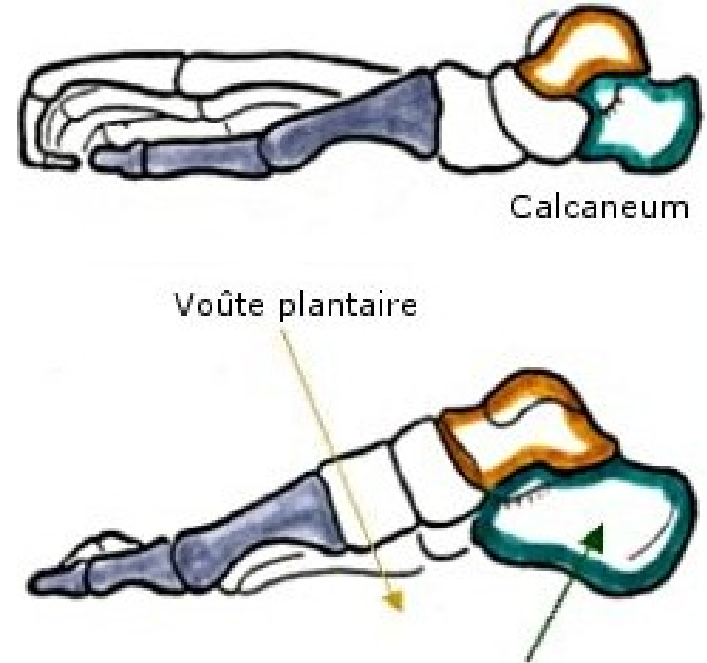


Humain

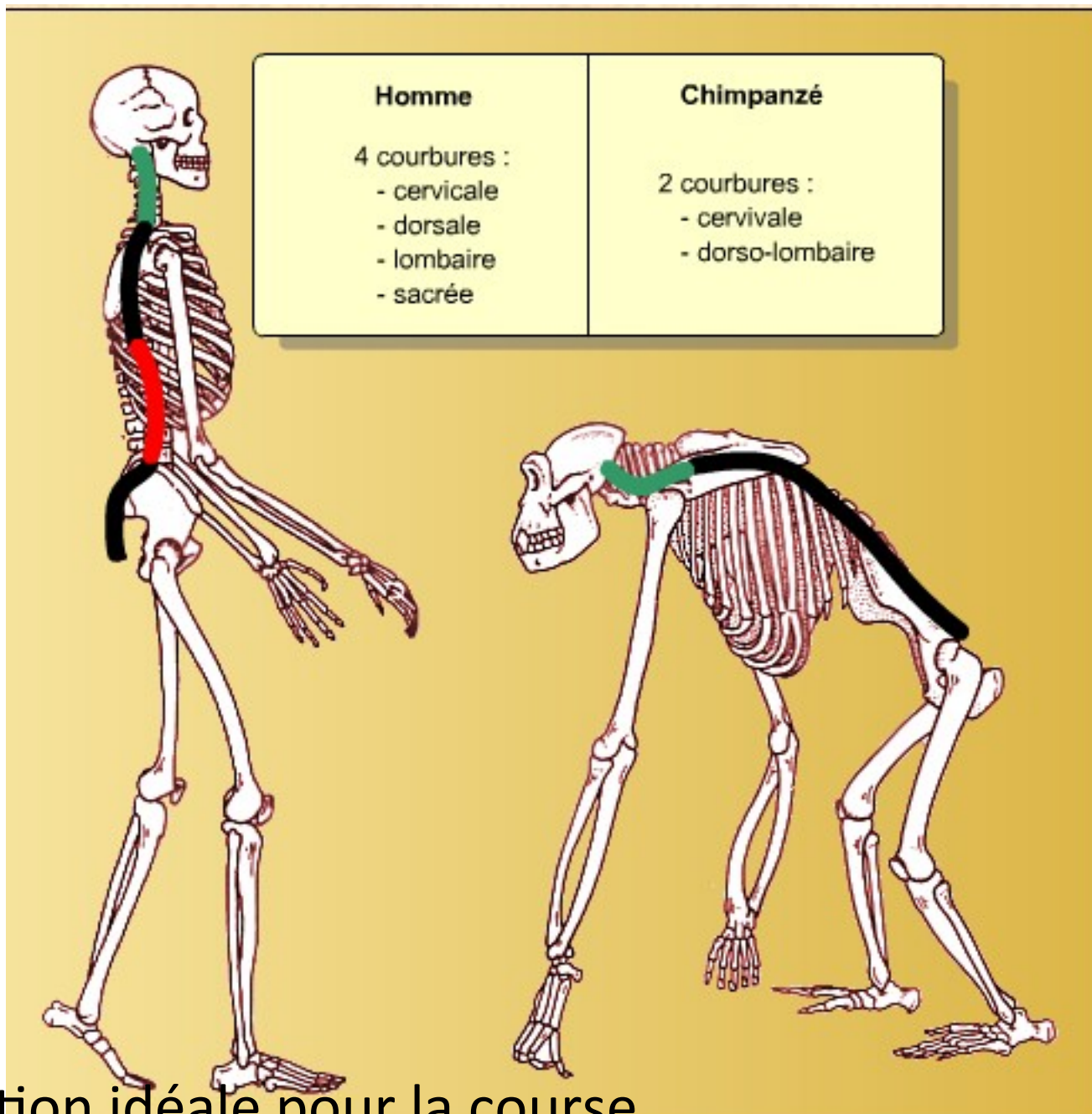
Un « style » de bipédie



Trou occipital

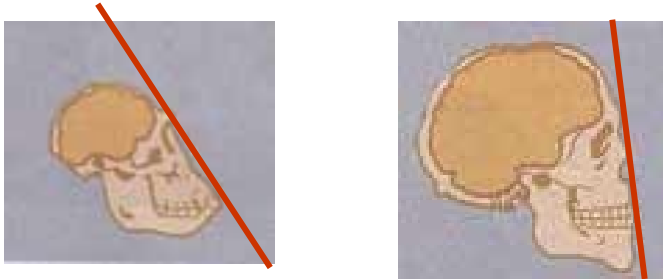


Le calcanéum est gros et aplati et repousse (voûte plantaire)
L'appui du pied se fait sur les orteils et sur le calcanéum extrêmement développé
→ disposition est idéale pour la course



Volume du cerveau

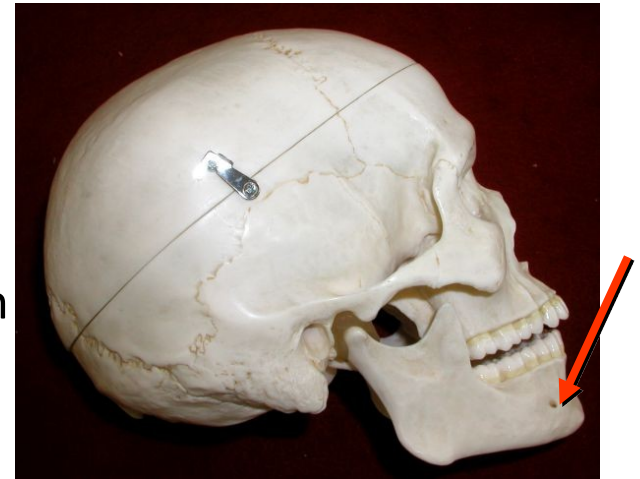
Homme : capacité crânienne importante (~1400 cc).



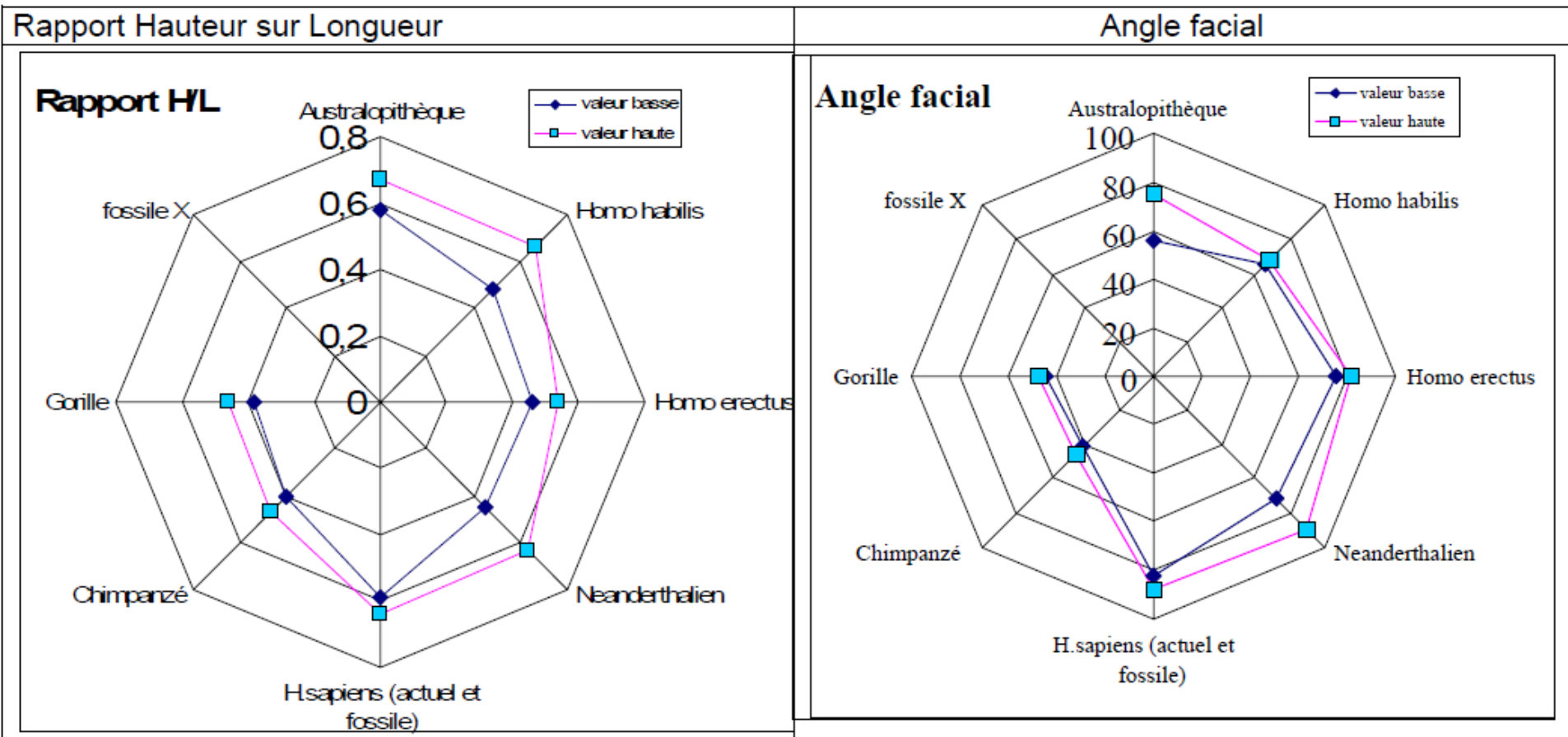
Chez l'humain, le crâne est rond et mince.

L'angle de la face est faible et la face réduite.
Pas de bourrelet sus-orbitaire.

La réduction de la mâchoire au cours de l'évolution humaine est responsable de la formation du menton.



Caractéristiques de la boîte crânienne



Forme de la mâchoire

Chimpanzé

Homo sapiens



Mâchoire inférieure (mandibule)
en U

Mâchoire inférieure (mandibule)
parabolique

dimorphisme sexuel peu marqué

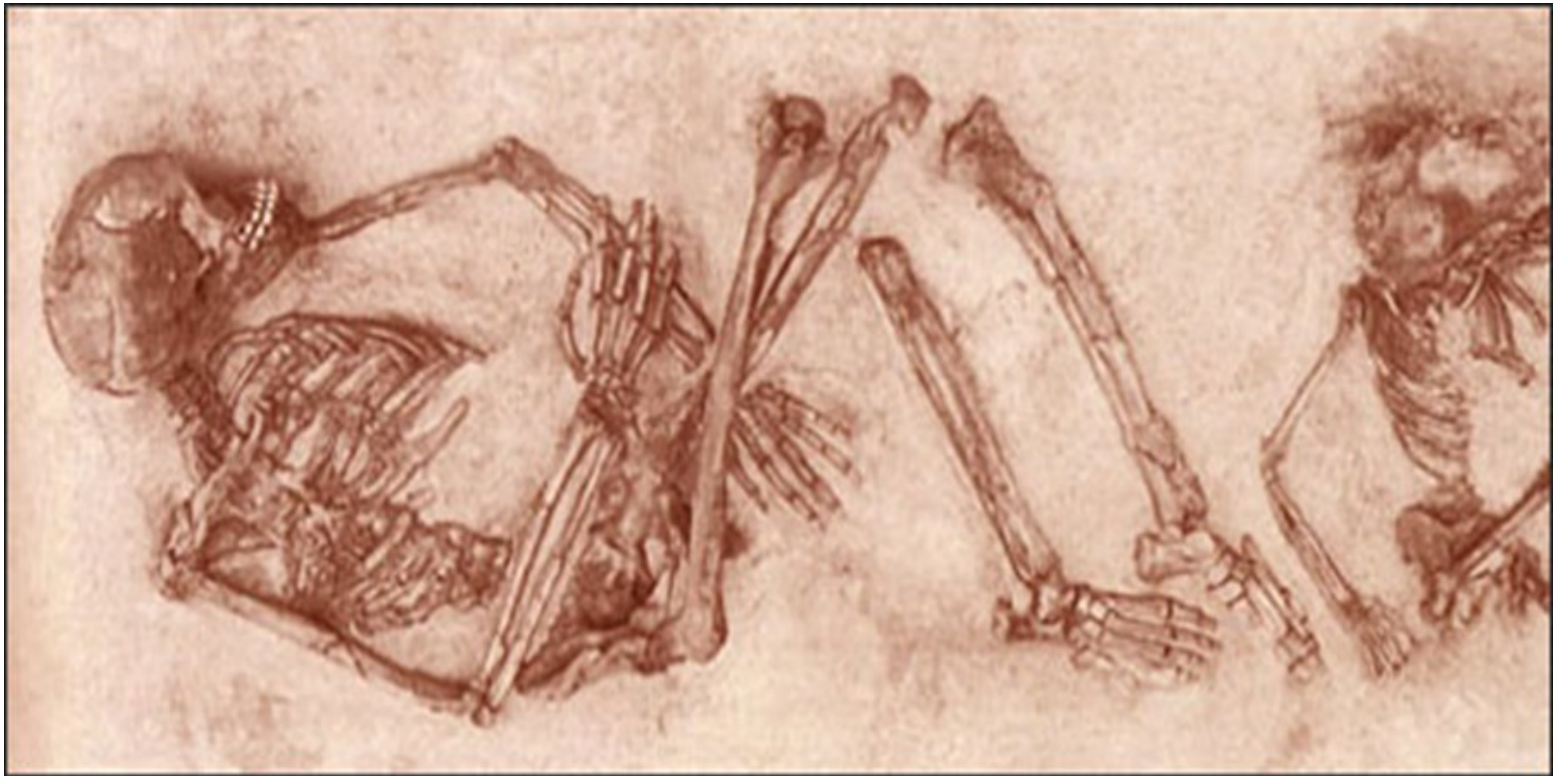


A l'âge adulte :

Mâle
Pan troglodytes

Femelle
Pan troglodytes

variété des pratiques culturelles



Production d'outils complexes



genre *Homo*

Il regroupe l'Homme actuel et les fossiles qui possèdent :

- un style de bipédie avec trou occipital avancé et aptitude à la course à pied,
- une face réduite associée à un volume cérébral +++
- une mandibule parabolique
- un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette,
- Production d'outils complexes
- variété des pratiques culturelles

On interprète que leur ancêtre commun partage des caractéristiques

Homo habilis (-2,4 Ma à -1,6 Ma)



Homo habilis

Locomotion		Bipède/Aptitudes au grimper
Volume crânien		550 à 680 cm ³
Caractéristiques du crâne		Début de réduction de la face/trou occipital avancé
Angle facial		65° à 68°
Culture	Outils	Oui simple
	Larynx permettant un langage articulé	?
	Aire cérébrale du langage	Oui
	Feu	non?
	Sépultures	non?
	Art	non?

Homo erectus

(-1,8 Ma à -0,2 Ma)



Taille :
1.50 à 1.65 m

Masse:
45 à 55 kg

Vol. crânien :
1000 cm³

Habitat :
Savanes, forêts

Feux :
maitrisés

Outils :
fabriqués

Homo erectus

Locomotion		Bipède « course à pied »
Volume crânien		850 à 900 cm ³
Caractéristiques du crâne		trou occipital avancé/réduction de la face
Angle facial		75° à 81°
Culture	Outils	Oui biface
	Larynx permettant un langage articulé	Oui
	Aire cérébrale du langage	Oui
	Feu	Oui
	Sépultures	non?
	Art	non?

Homo neanderthalensis

(-120 000 à – 30 000 ans)



Taille :
1.55 à 1.65 m

Poids :
70 à 90 kg

Vol. crânien :
1500 à 1750 cm³

Habitat :
Tempéré

Feux :
maîtrisés

Outils :
fabriqués

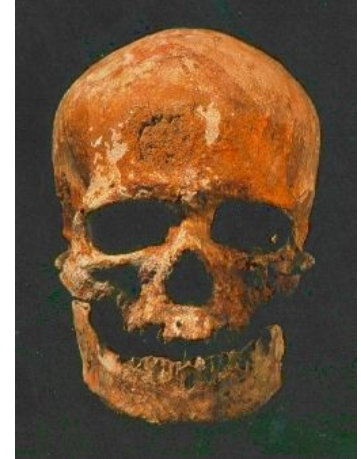
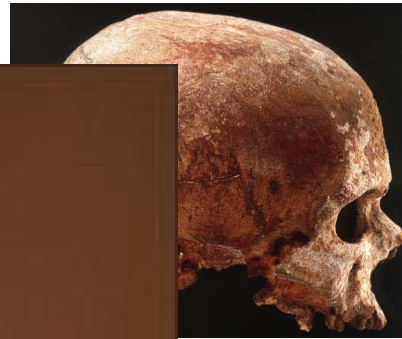
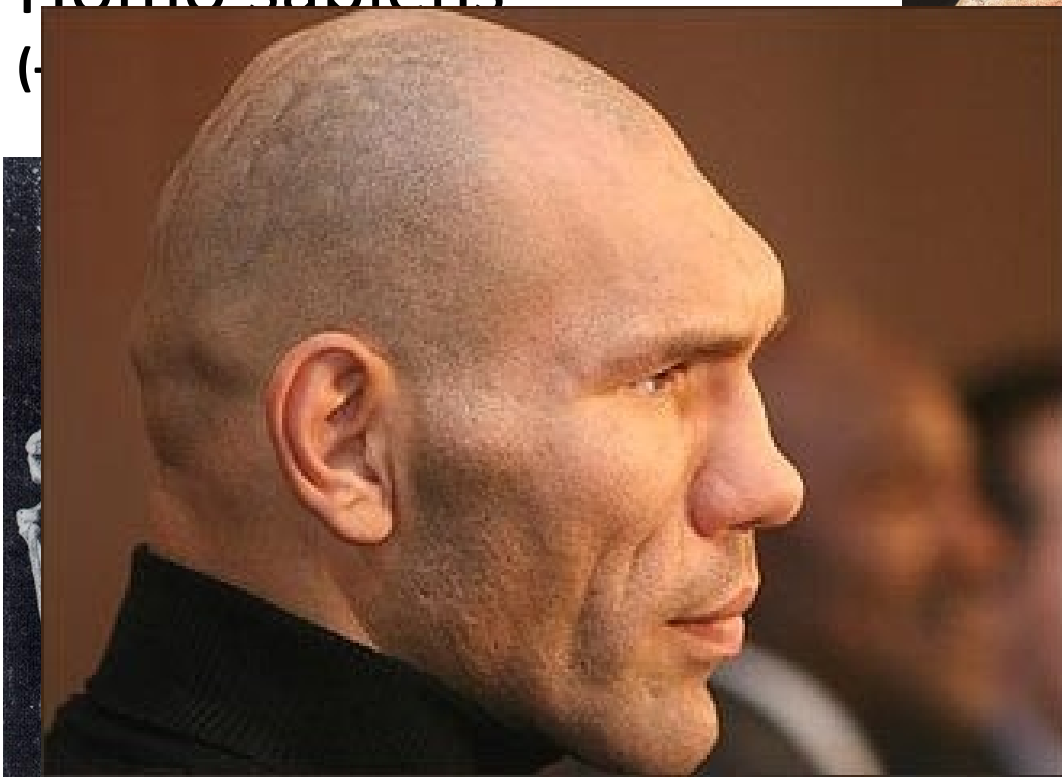
Age à modifier (Fossiles datés à 315 000 ans découverts au Maroc en juin 2017) site de Jebel Irhoud, au Maroc, par l'équipe de Jean-Jacques Hublin

et trajets migratoires remis en question ...

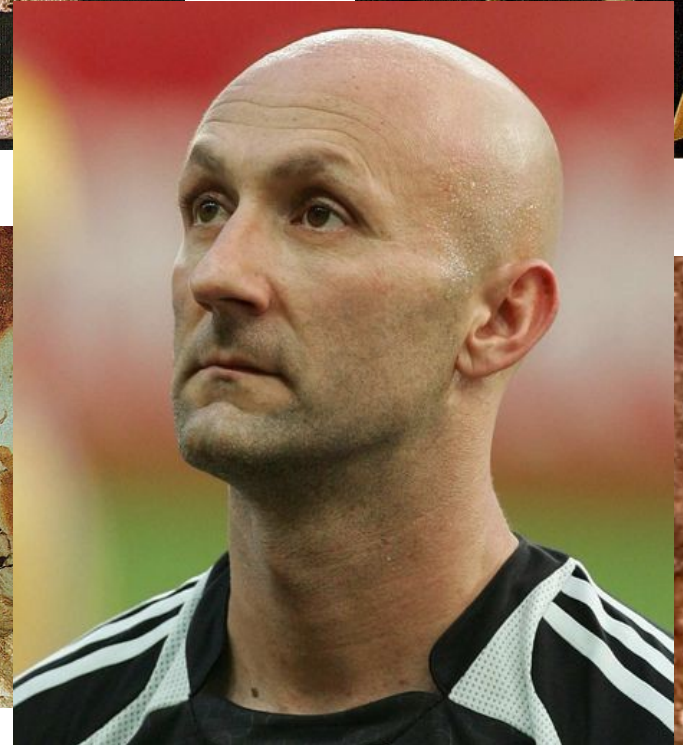
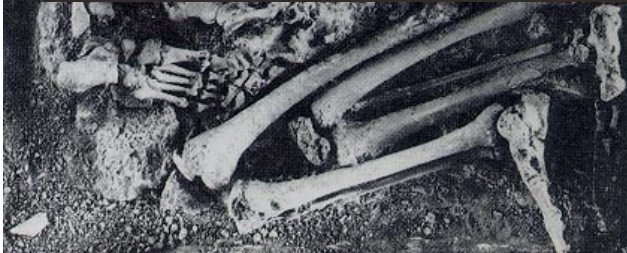
Homo neanderthalensis

Locomotion		Bipède « course à pied »
Volume crânien		1200 à 1800 cm ³
Caractéristiques du crâne		trou occipital avancé/réduction de la face
Angle facial		71° à 89°
Culture	Outils	Oui Bifaces, pointes de flèches, racloirs, percuteurs
	Larynx permettant un langage articulé	Oui
	Aire cérébrale du langage	Oui
	Feu	Oui
	Sépultures	Oui
	Art	Oui

Homo sapiens



crânien : 1650 → 1350 cm³



Homo sapiens

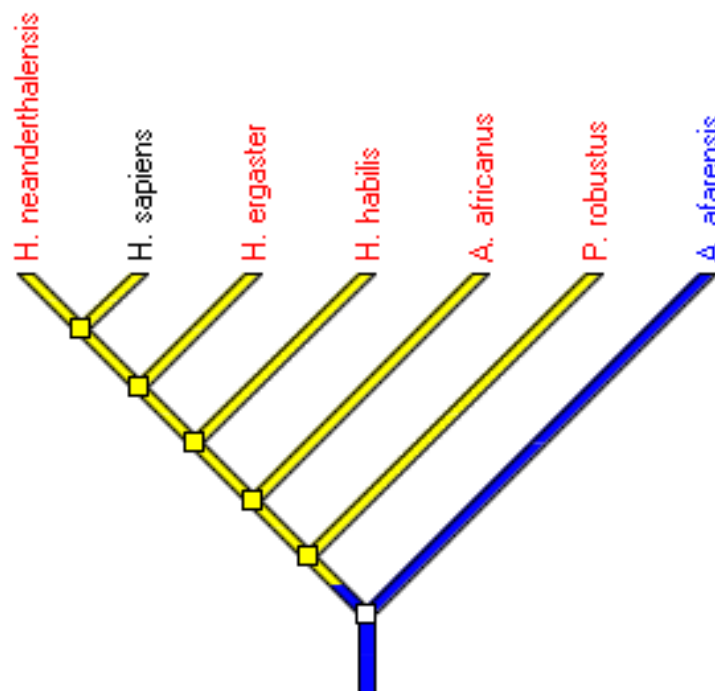
Locomotion		Bipède « course à pied »
Volume crânien		1200 à 1800 cm ³
Caractéristiques du crâne		Réduction de la face, trou occipital avancé, menton, mandibule légère
Angle facial		82° à 88°
Culture	Outils	Oui Bifaces, pointes de flèches, racloirs, percuteurs
	Larynx permettant un langage articulé	Oui
	Aire cérébrale du langage	Oui
	Feu	Oui
	Sépultures	Oui
	Art	Oui

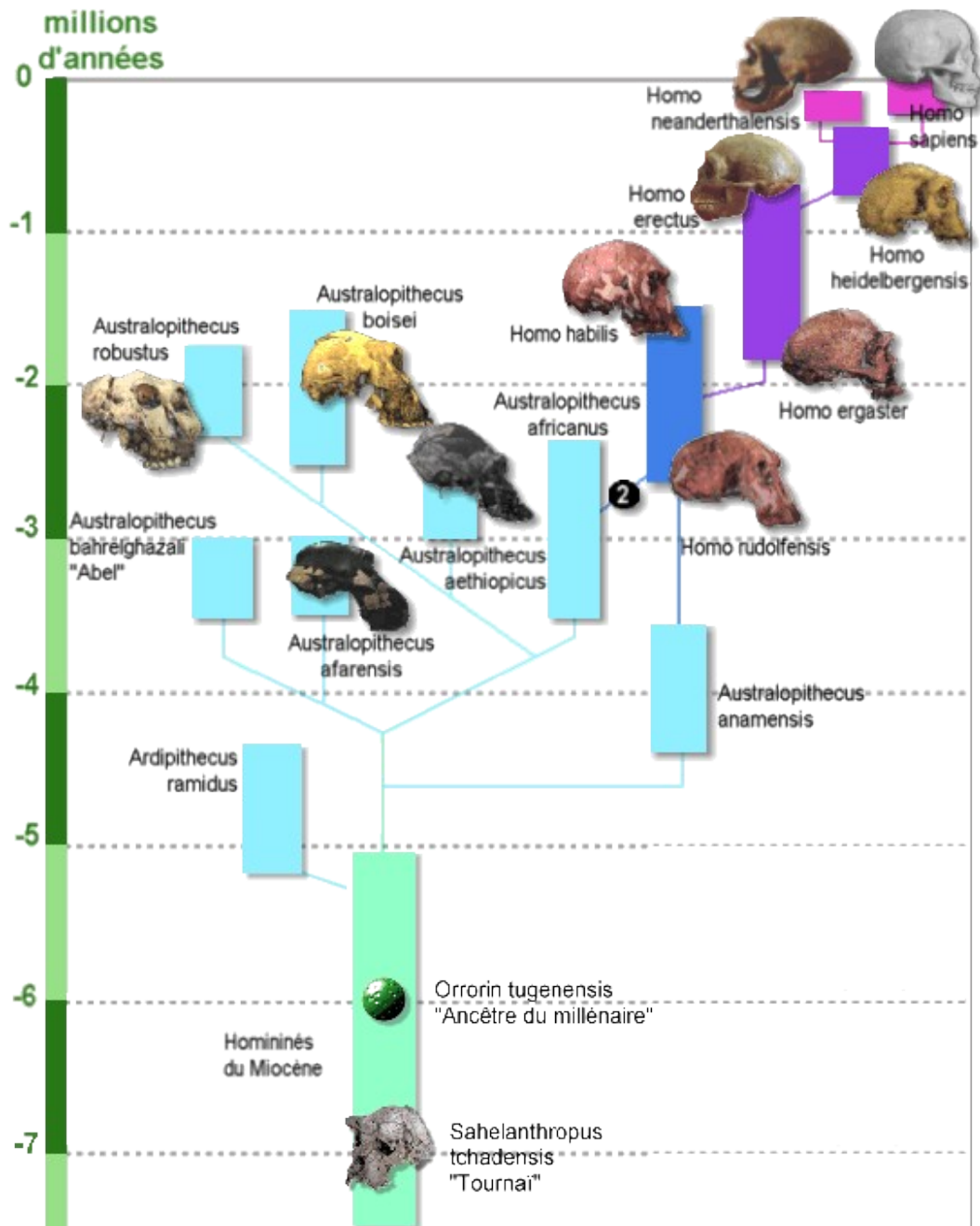
	Canines	Arcade dentaire	Capacité cérébrale	Prognathisme	Cage thoracique	Bourrelet susorbitaire	Front	Menton
<i>A. afarensis</i>	Développées	En U	Faible	Marqué	Tronc de cône	Développé	Fuyant	Absent
<i>P. robustus</i>	Réduites	En U	Moyenne	Marqué	Tronc de cône	Développé	Fuyant	Absent
<i>A. africanus</i>	Réduites	Parabolique	Faible	Marqué	Tronc de cône	Développé	Fuyant	Absent
<i>H. habilis</i>	Réduites	Parabolique	Moyenne	Réduit	Tronc de cône	Développé	Fuyant	Absent
<i>H. ergaster</i>	Réduites	Parabolique	Forte	Réduit	Tronc de cône	Développé	Fuyant	Absent
<i>H. neanderthalensis</i>	Réduites	Parabolique	Forte	Absent	Tonneau	Développé	Fuyant	Absent
<i>H. sapiens</i>	Réduites	Parabolique	Forte	Absent	Tonneau	Absent	Haut	Présent

C'est toujours le même principe pour retrouver les liens de parentés :

On classe les fossiles grâce à leurs caractères partagés mais il y a des lacunes partout.

D'où le désaccord dans la communauté scientifique et l'évolution de ce qui est la « vérité » !!!





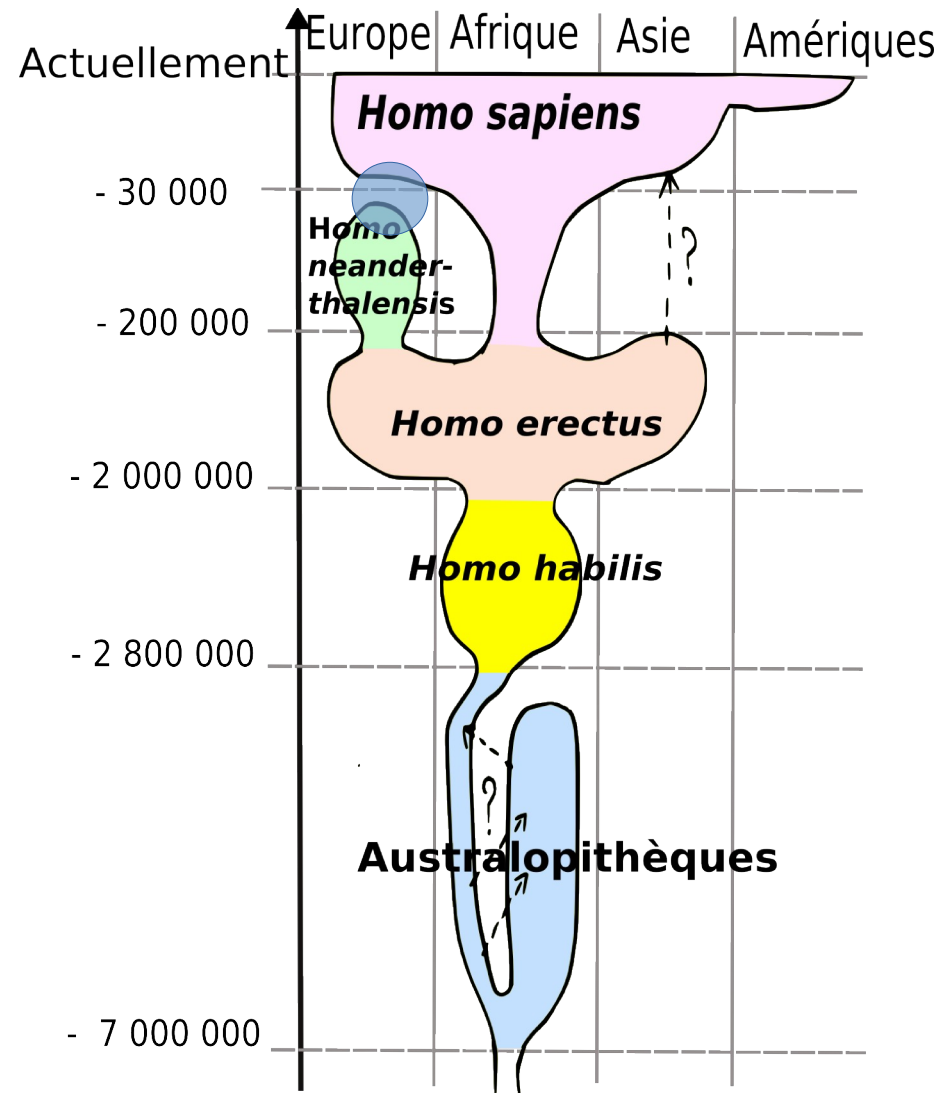
Trajets migratoires remis en question
Distinctions en espèces de
néandertaliens, sapiens et
denisoviens part en lambeaux.
(hybridations importantes entre les
populations révélées par la présence
de 0 à 5 % de gènes
« néanderthaliens » dans notre
génomme d'occidental, 0 % chez les
Yuruba...)

Dernières trouvailles : flux migratoire des Homo en deux phases principales :

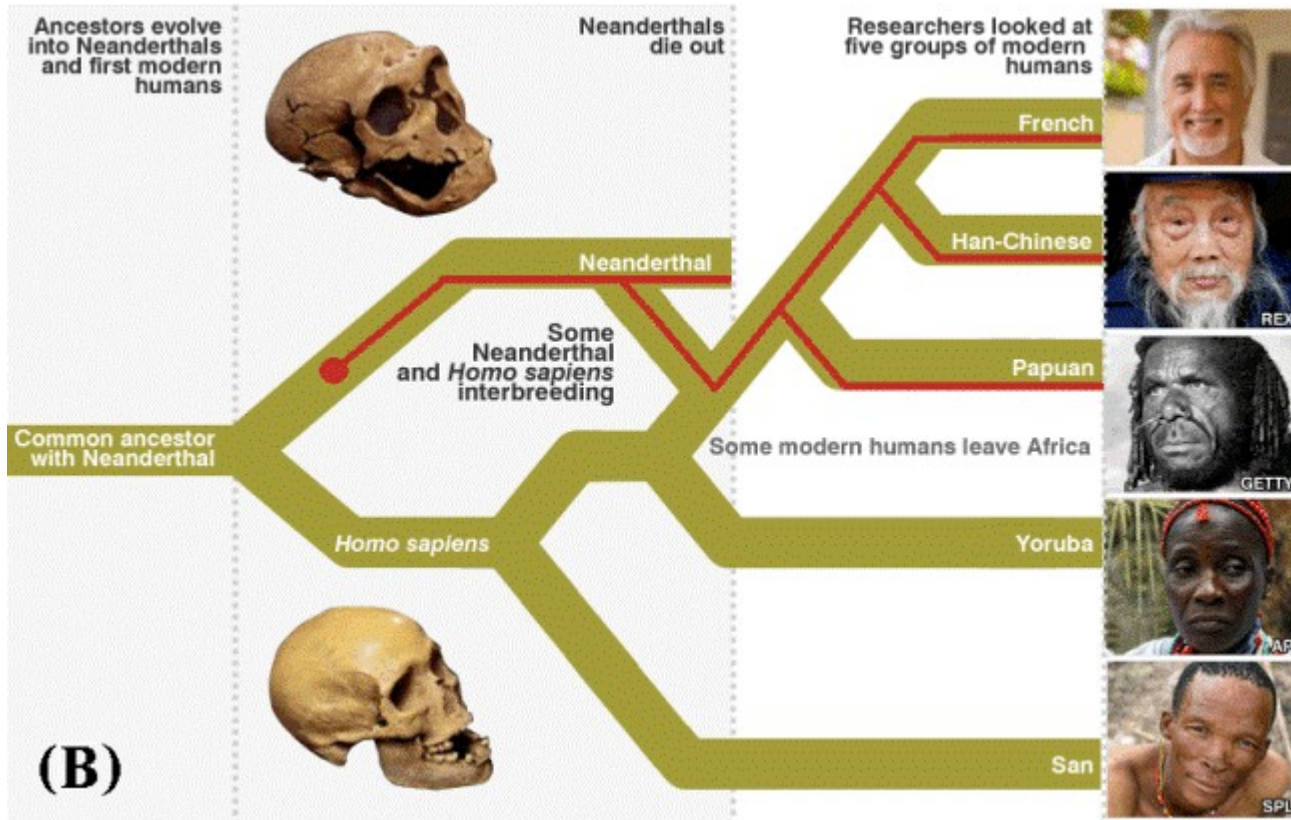
1- Erectus quitte l'Afrique et envahit le moyen orient et l'Europe entre 1,5 et 2 Ma/
Néanderthalien est issu de cette population.

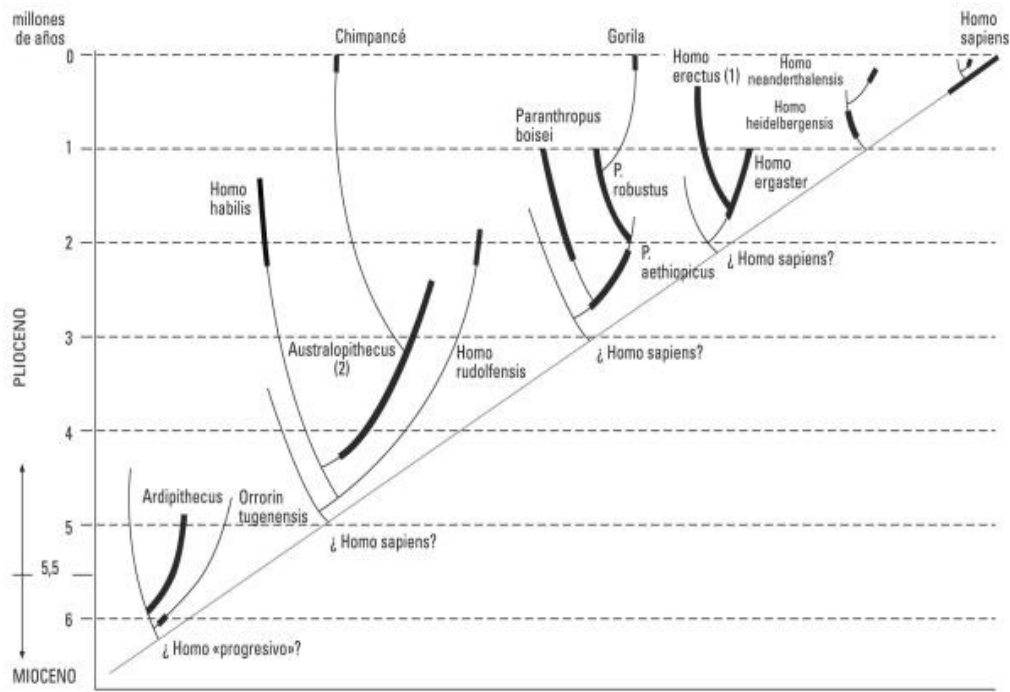
2- sortie de sapiens de l'Afrique, premières hybridations néandertaliens/sapiens vers 60 000ans au proche orient mais peut être quelques dizaines de milliers d'années après la sortie d'Afrique... ???

Puis migration vers tous les coins du globe et certainement d'autres hybridations avec ce qu'on appelait avant 2010 d'autres espèces, mais qui sont en réalité d'autres populations de la même espèce.

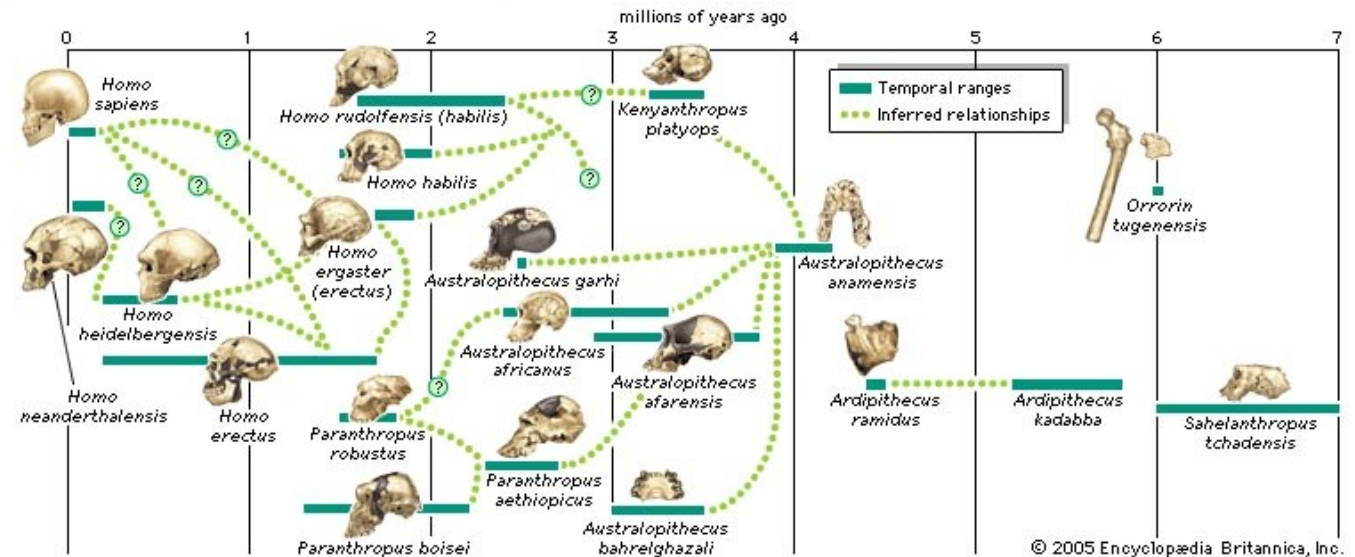


Après 2010 :

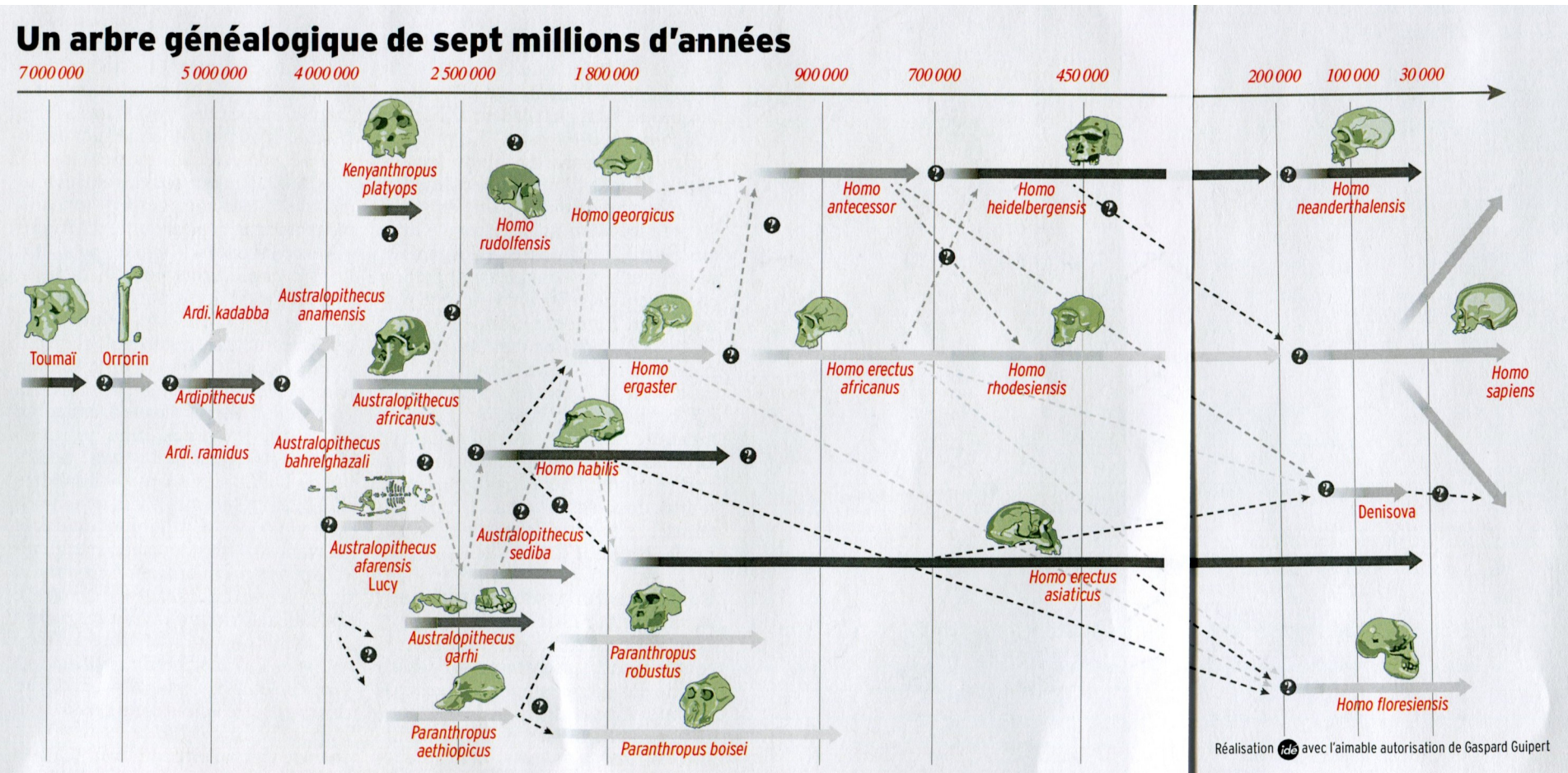




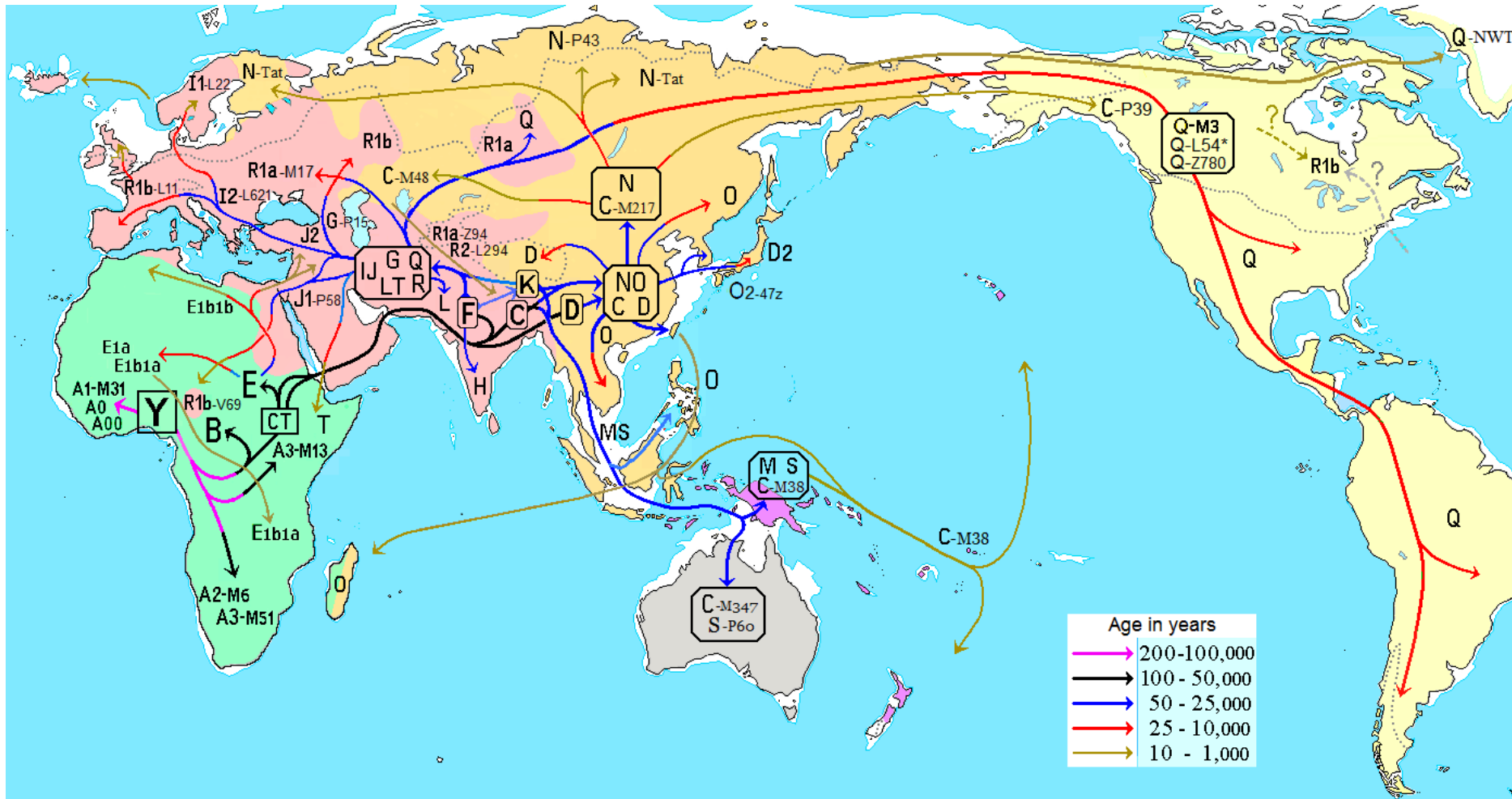
Avec esprit critique...



Encore plus récent...



D'après l'étude des ADN des mitochondries sur des individus contemporains.

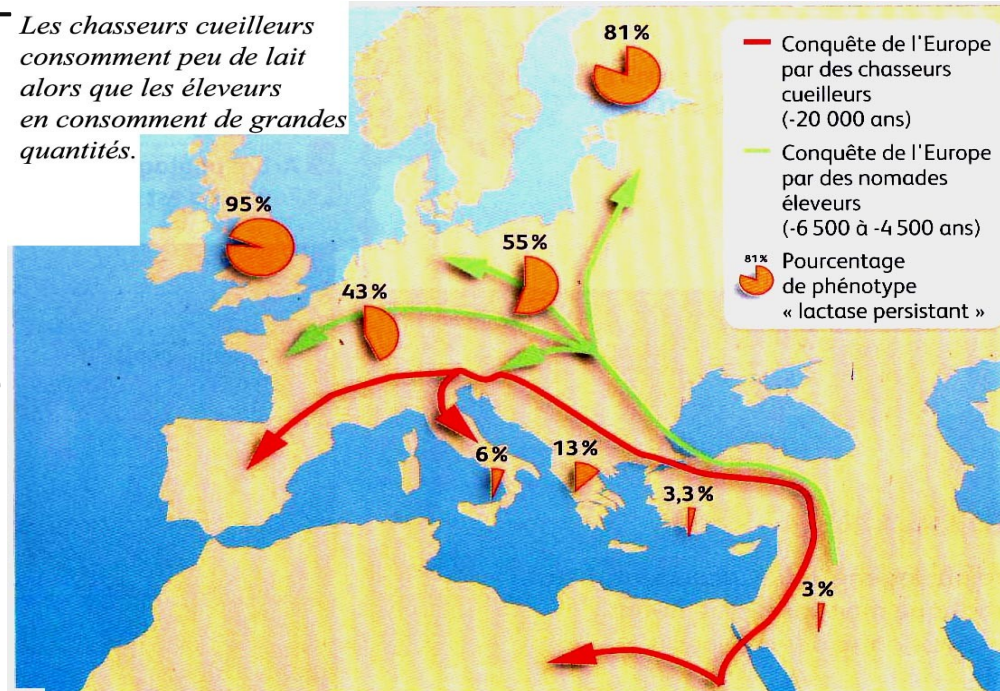


c- Quel peut être l'influence de l'environnement sur le phénotype de l'espèce *Homo sapiens* ?

Chez tous les primates, le gène LCT permet la synthèse de la lactase (enzyme qui permet de digérer le lactose) qui cesse d'être produite à 4 ans. Chez certains *Homo sapiens*, on a découvert une mutation datée d'il y a 10000 ans qui engendre une version de LCT qui permet de continuer à fabriquer la lactase toute leur vie.

On distingue donc chez les enfants un seul phénotype : lactose tolérant, chez les adultes deux phénotypes : lactose tolérant et intolérant. Un adulte lactose intolérant ne produit plus de lactase après 3 à 5 ans.

Les chasseurs cueilleurs consomment peu de lait alors que les éleveurs en consomment de grandes quantités.



Carte de répartition du phénotype « lactase persistant » en relation avec les flux migratoires de l'*Homo sapiens*.

2 Expliquer l'origine de la divergence génétique des deux populations étudiées ici.