

Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme

L'Homme, Homo sapiens

- résultat de l'évolution
- perpétuelle évolution.

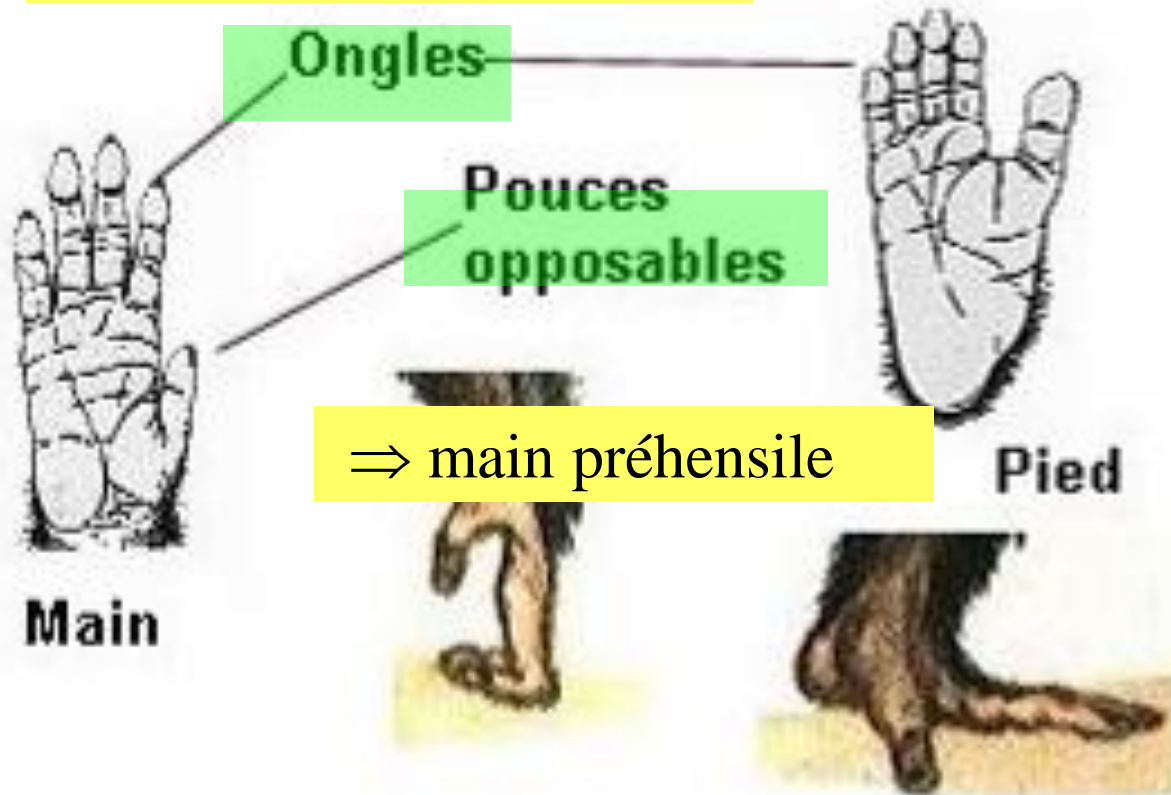
Son histoire évolutive fait partie de celle des primates.

Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

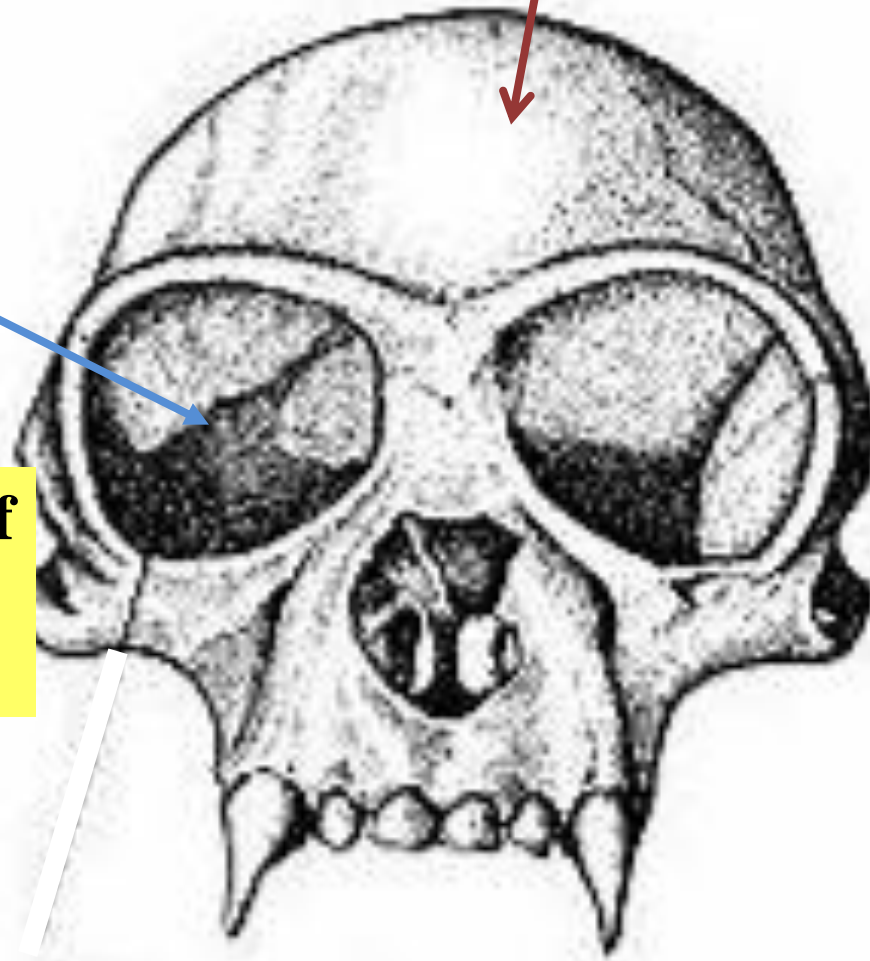
Caractéristiques des primates

⇒ remplacent les griffes



Caractéristiques des primates

cortex cérébral développé



**Grande orbite
+ cortex visuel
développé**

**une vision en relief
et en couleur**

Plus anciens fossiles de primates

Les premiers primates fossiles datent de – 65 à – 50 Ma.



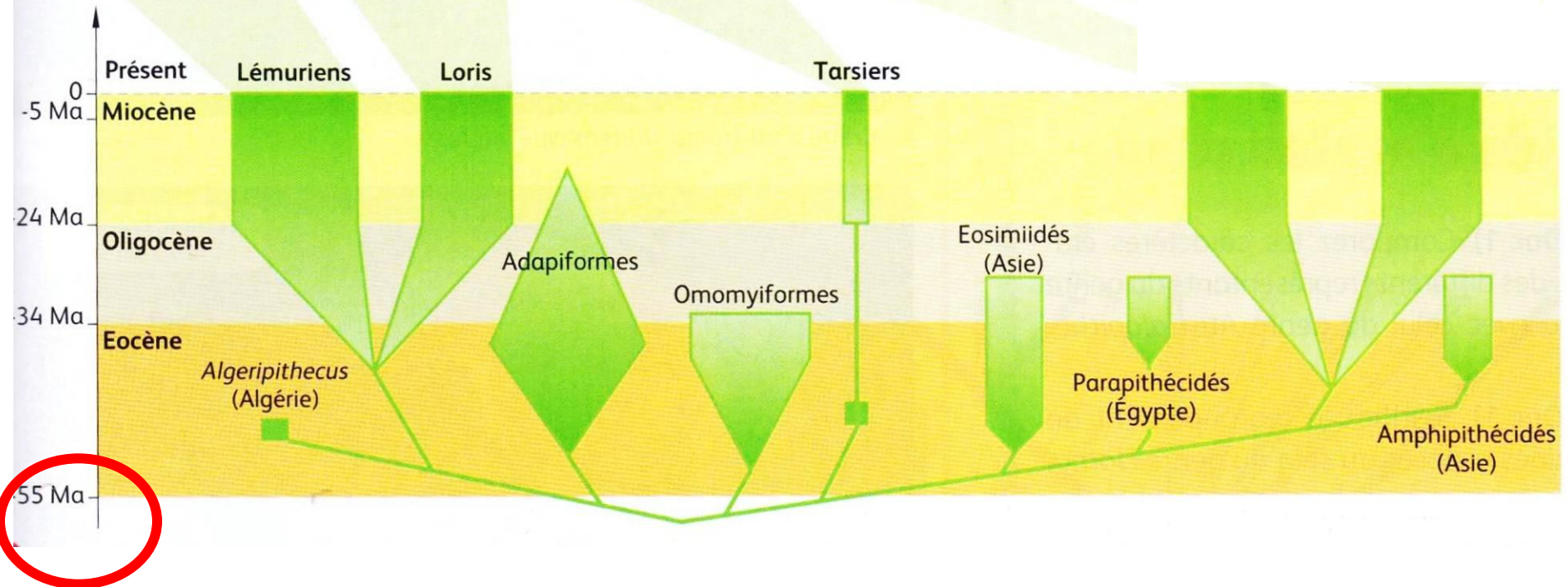
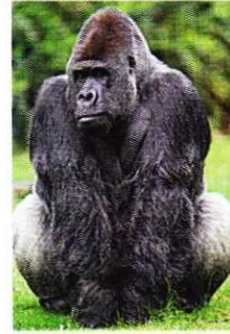
Darwinius masillae - 47 Ma



Algeripithecus - 50 Ma

ils n'étaient identiques ni aux singes actuels ni à l'homme actuel.

Les primates, un groupe très diversifié dans le passé



Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive (phylogénie) .

On peut reconstituer une histoire évolutive (phylogénie) en comparant

- caractères morphologiques
- caractères anatomiques.

Au cours de l'évolution, les caractères se **transforment**:

Pour un caractère, on peut définir:

- un état ancestral (ou primitif)
- un état dérivé (qui résulte d'une innovation).

Si 2 espèces possèdent la même innovation → même état dérivé d'un caractère → hérité d'un ancêtre commun qui possédait déjà cette innovation.

2 espèces seront d'autant plus étroitement apparentées qu'elles partageront de caractères à l'état dérivé.



un arbre phylogénétique.

Reconstituer une histoire évolutive

Taxons--	caractères		
	vertèbres	amnios	placenta
Chien	1	1	1
Mésange	1	1	0
Sardine	1	0	0

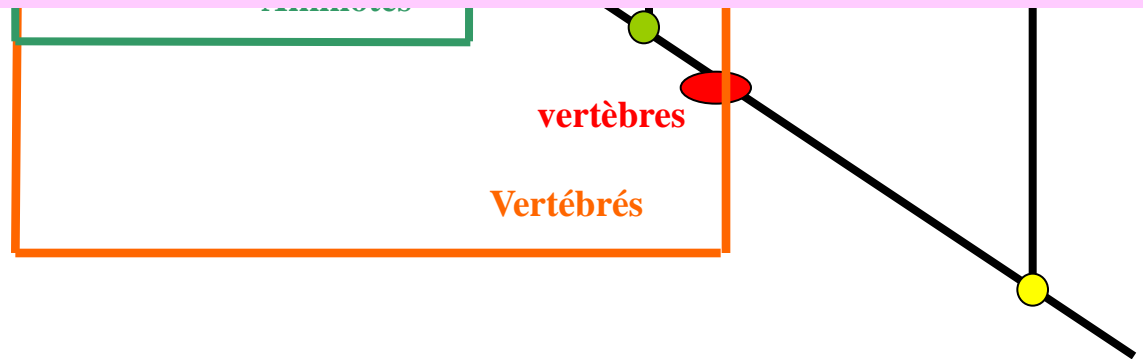
les **innovations** (caractères dérivés) sont **inscrites sur les branches** de l'arbre.

1 : état dérivé = innovation

0 : état ancestral



les ancêtres communs se trouvent à l'**intersection** des branches, **ce ne sont pas des fossiles**, ce sont des **ancêtres hypothétiques**, on peut déduire leur caractéristiques mais on ne les connaît pas.



Ancêtre commun au chien et à la mésange

Ancêtre commun au chien, à la mésange et à la sardine

Ancêtre commun au chien, à la mésange et à la sardine et au ver de terre

Parenté la plus lointaine



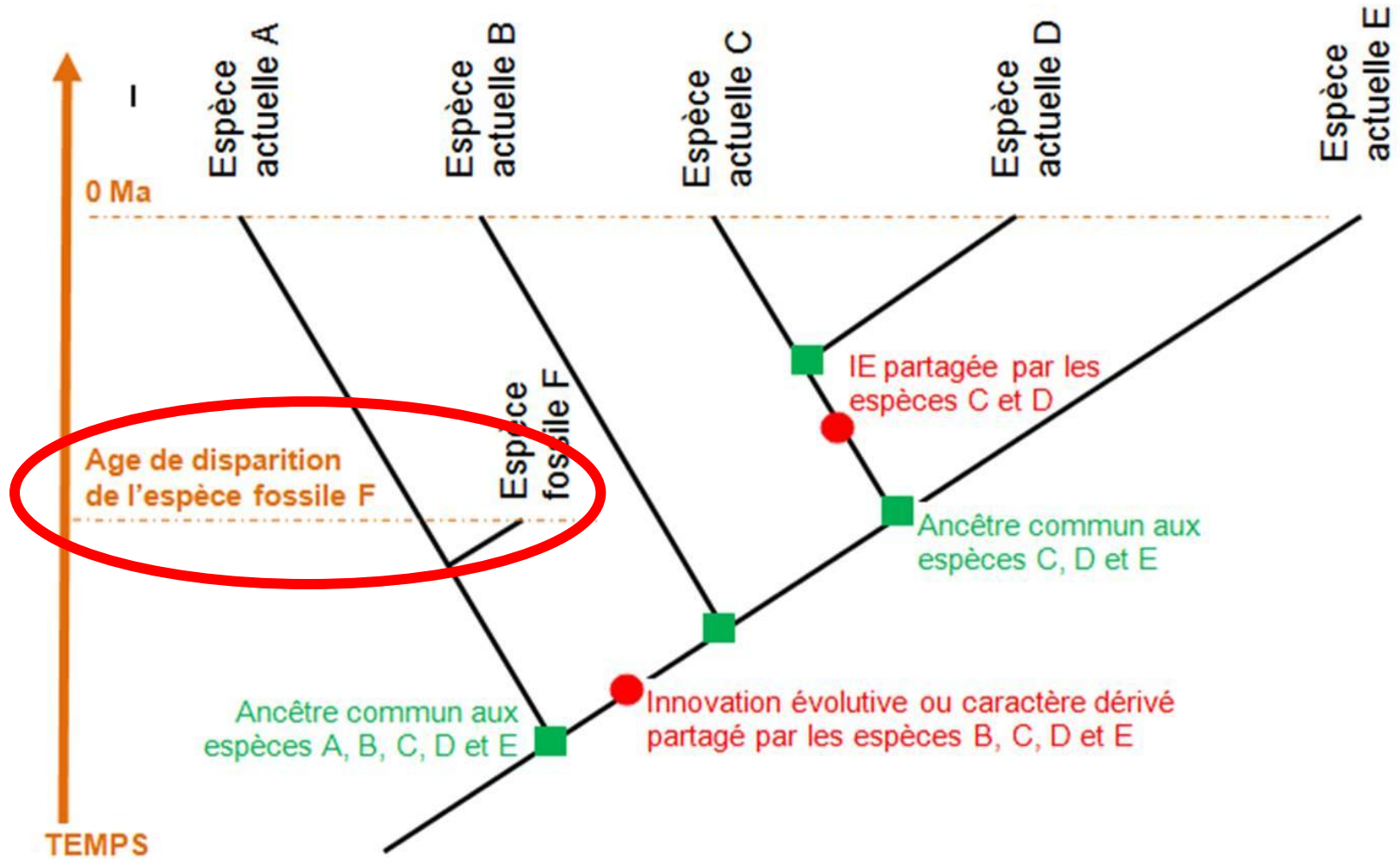
**Peu de caractères
dérivés partagés**

Parenté la plus étroite

**De nombreux caractères
dérivés partagés**



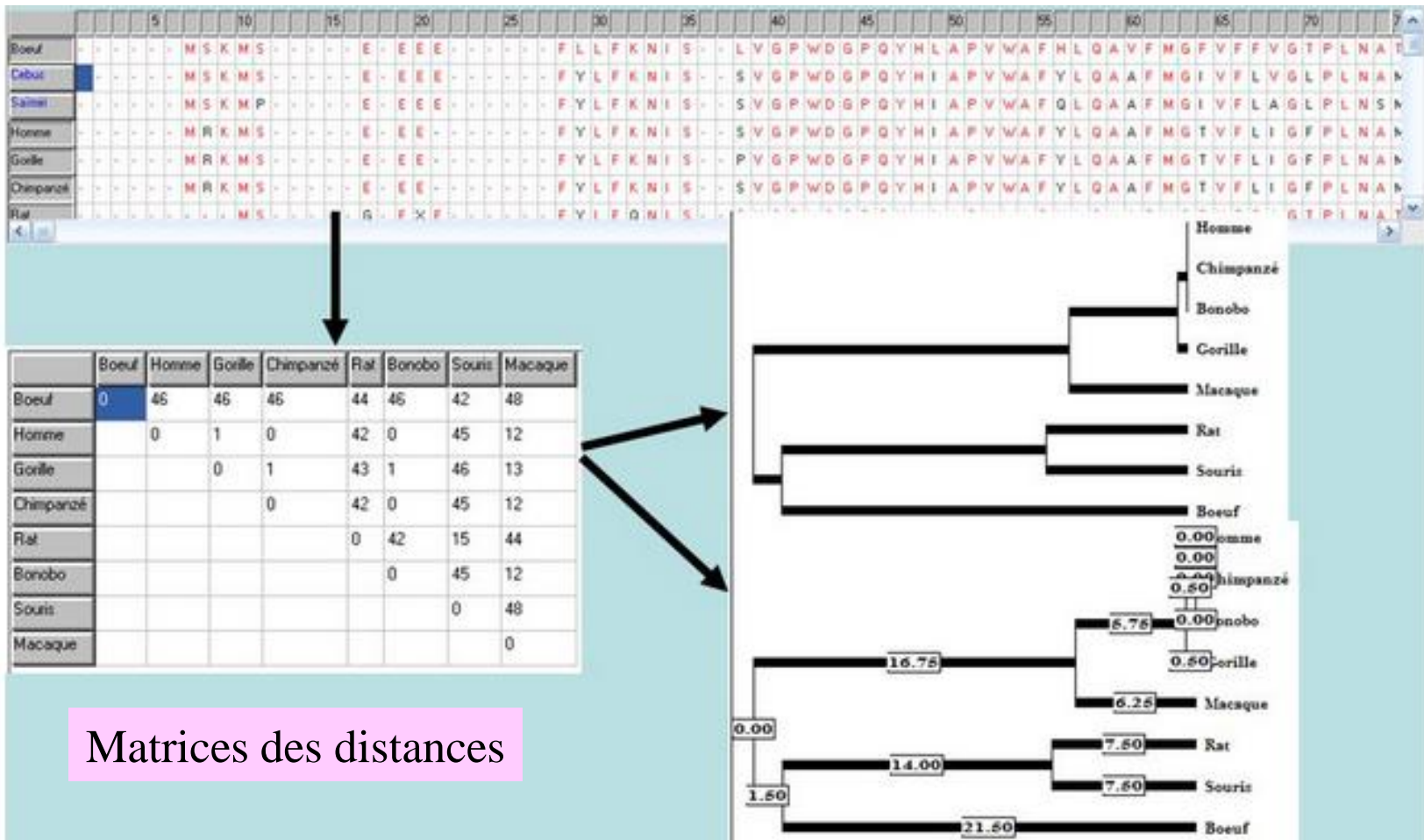
Arbre phylogénétique



les fossiles permettent de dater l'apparition des innovations

Utilisation de données moléculaires

Comparaison de molécules appartenant à des espèces différentes:
Séquence d'un gène ou de la protéine correspondante



Utilisation de données moléculaires

On considère que si 2 molécules ont plus de 20% de leur séquence en commun, elles dérivent d'une molécule ancestrale → possèdent donc un ancêtre commun.

Plus les similitudes sont importantes, plus l'ancêtre commun est récent et plus les espèces sont apparentées

On suppose que les molécules évoluent régulièrement dans le temps et que les mutations s'accumulent à un rythme constant dans l'ADN

Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

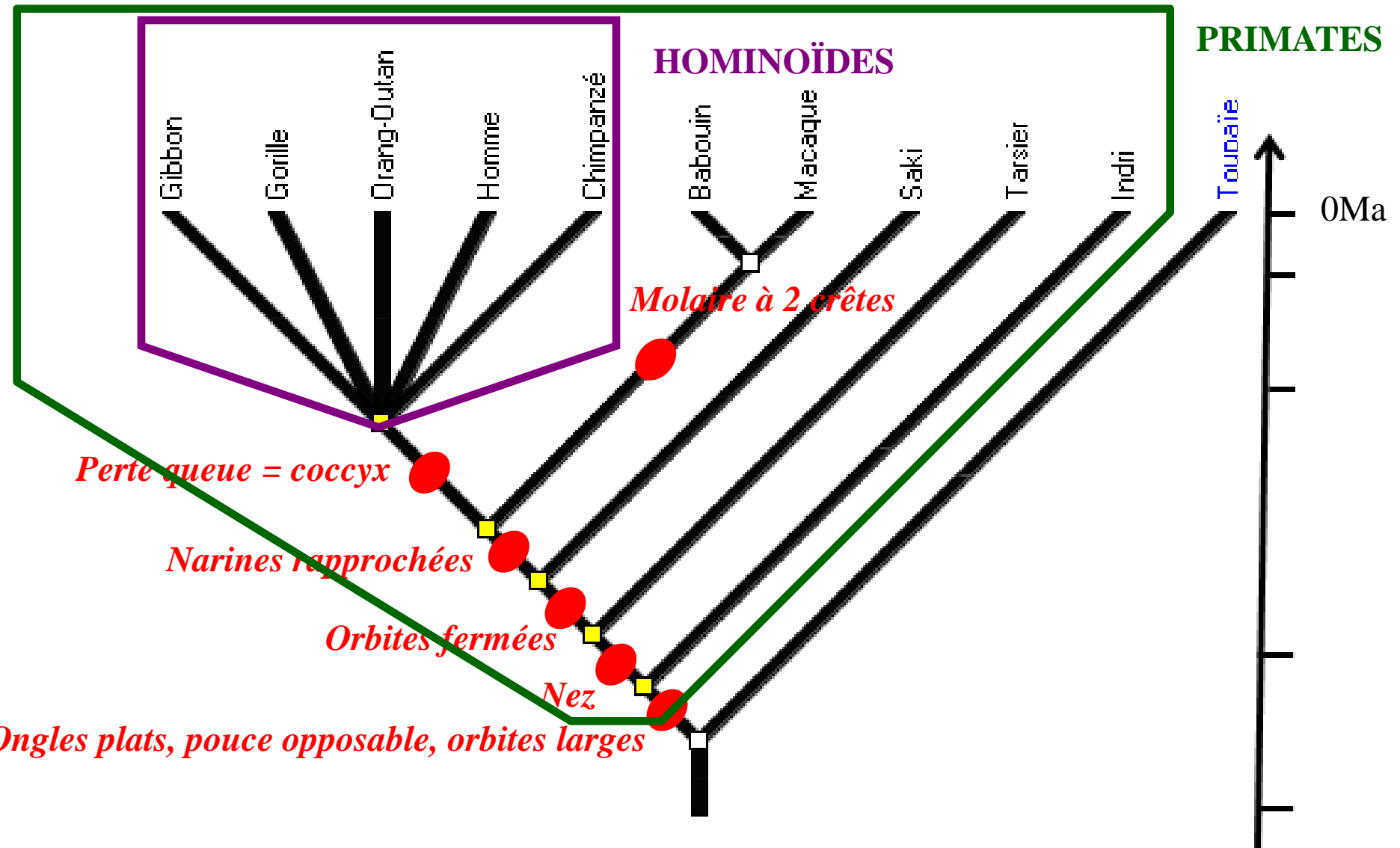
A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

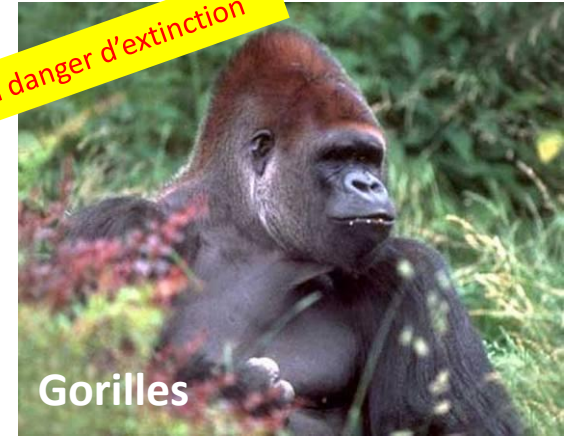
Place de l'Homme parmi les primates : matrice de caractères

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

Arbre phylogénétique obtenu à partir de caractères anatomiques

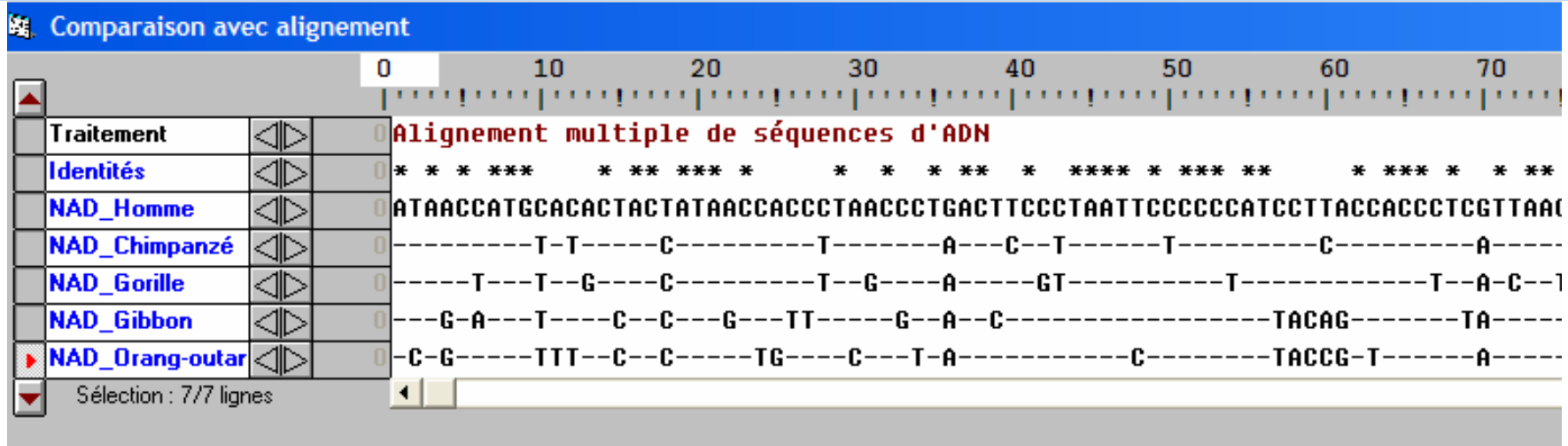


De nombreuses espèces de grands primates sont aujourd'hui menacées d'extinction



Homme

Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes



	Chimpanzé	Gorille	Gibbon	Orang-outang
Pourcentage de ressemblance avec la séquence du gène de la NAD humaine	89 %	86,5 %	75,5 %	75,9 %

Tableau quantifiant les ressemblances entre la séquence de nucléotides du gène de la NAD de différentes espèces de primates et la séquence de nucléotides du gène de la NAD humaine

Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

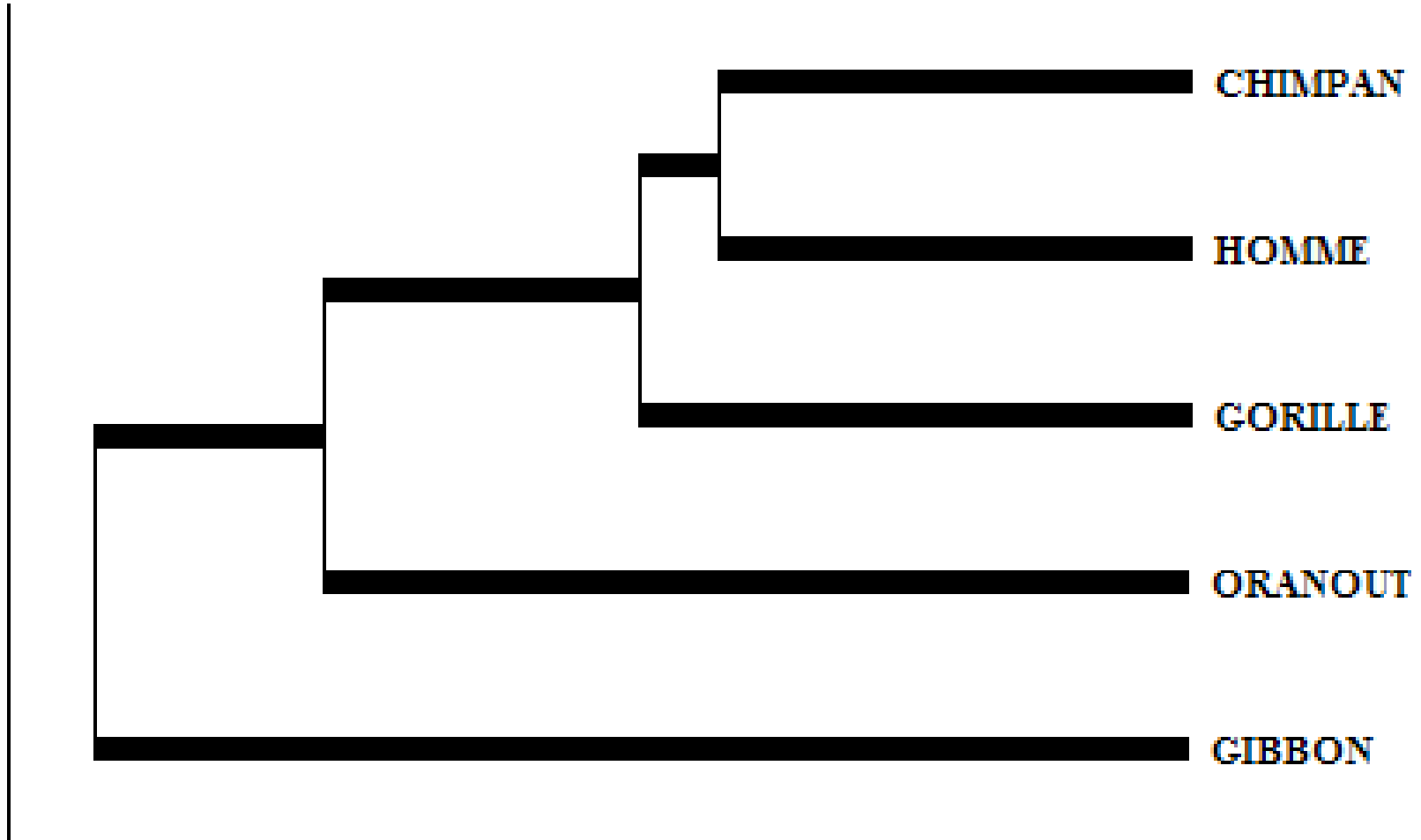
Comparaison de la séquence d'acides aminés d'une enzyme : la cycloxydase

				5				10				15				20				25				30				35				40										
GORILLE	M	A	H	A	A	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	T	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	C	F	L	V	L	Y	A	L
ORANOUT	M	A	H	R	A	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	V	I	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	C	F	L	V	L	Y	A	L
GIBBON	M	A	H	A	T	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	S	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	S	F	L	V	L	Y	A	L
MACAQUE	M	A	H	P	V	Q	L	S	L	Q	D	A	T	S	P	V	M	E	E	L	I	T	F	H	D	H	A	F	M	A	M	S	L	I	S	F	L	V	L	Y	A	L
CEBUS_ALBIFRONS	M	A	T	P	A	Q	L	G	L	Q	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	T	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	I	I
ATELES	M	A	H	P	A	Q	L	G	L	Q	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	T	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	I	I
ALOUATTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	V	I	

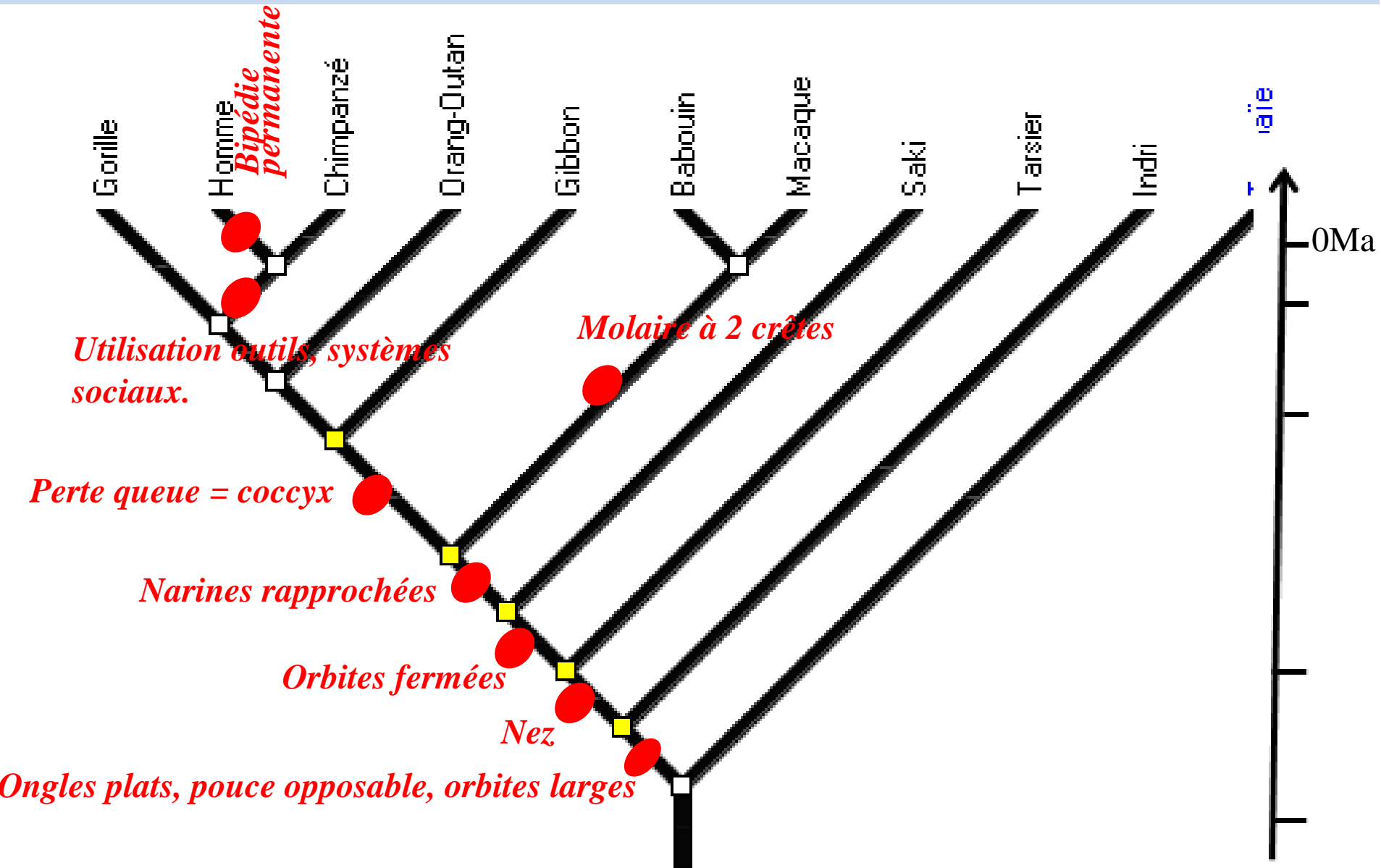
Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

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

Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

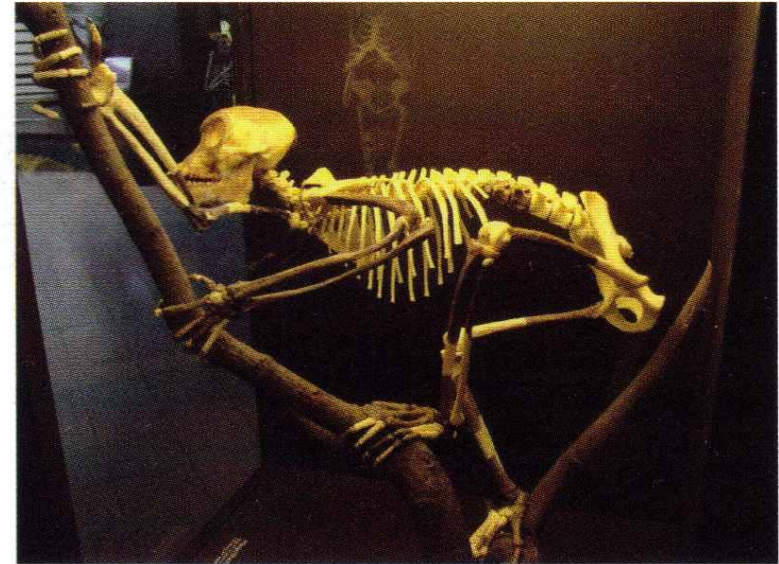
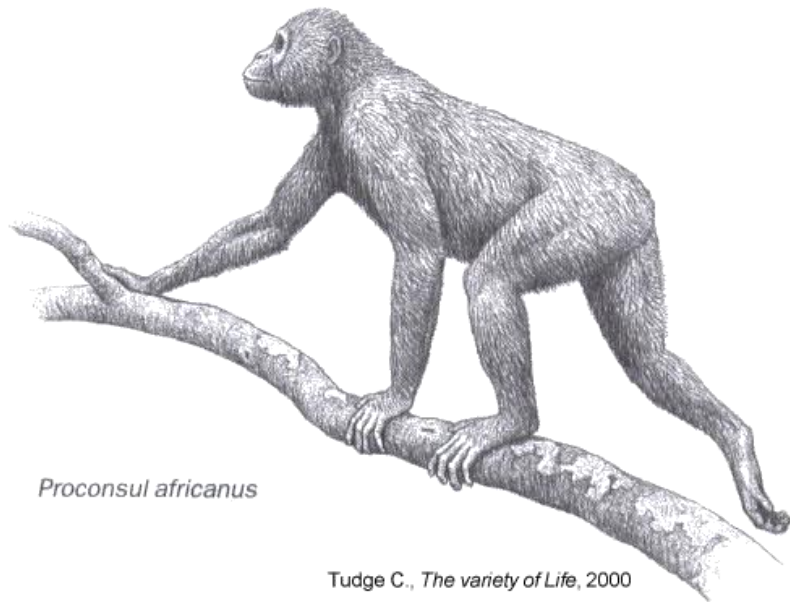


Histoire évolutive des primates



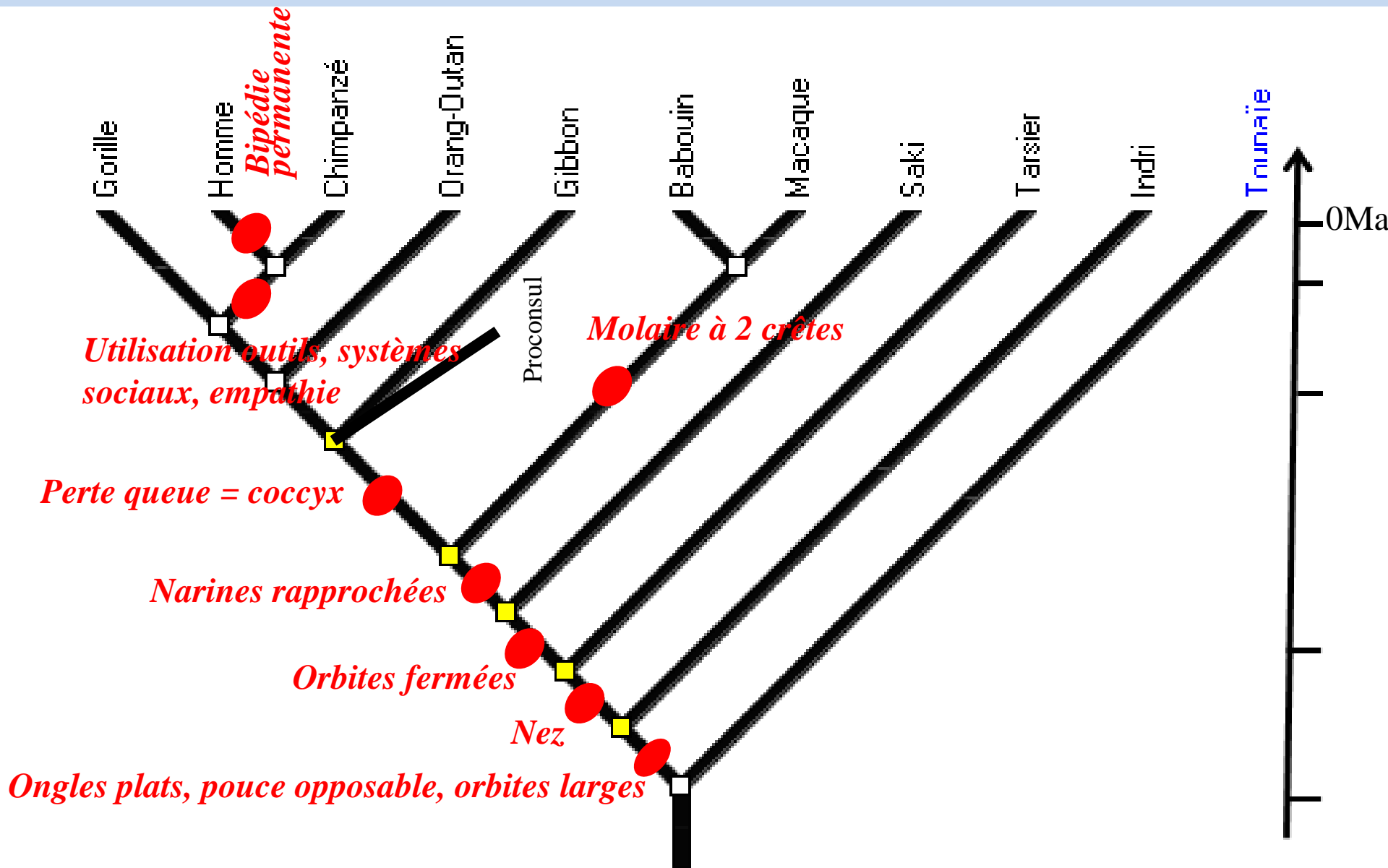
Place du fossile *Proconsul*

La découverte de fossiles révèle une diversité beaucoup plus grande que ne laisse supposer l'observation des espèces actuelles. Quarante-sept espèces différentes d'hominoïdes fossiles sont aujourd'hui répertoriées.



Le principal fossile de *Proconsul africanus* est daté de - 18 Ma. L'étude du squelette montre que cette espèce était quadrupède arboricole et probablement dépourvue de queue. Le crâne, **prognathe** et d'un volume cérébral modeste (180 cm³), ressemble à celui des gibbons. Cependant, les différentes espèces de *Proconsul* présentent certaines caractéristiques que l'on ne retrouve chez aucun autre hominoïde actuel.

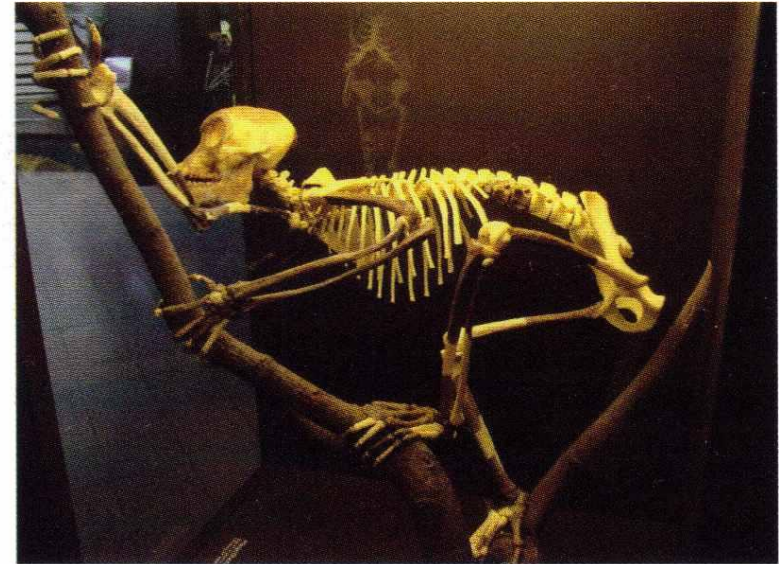
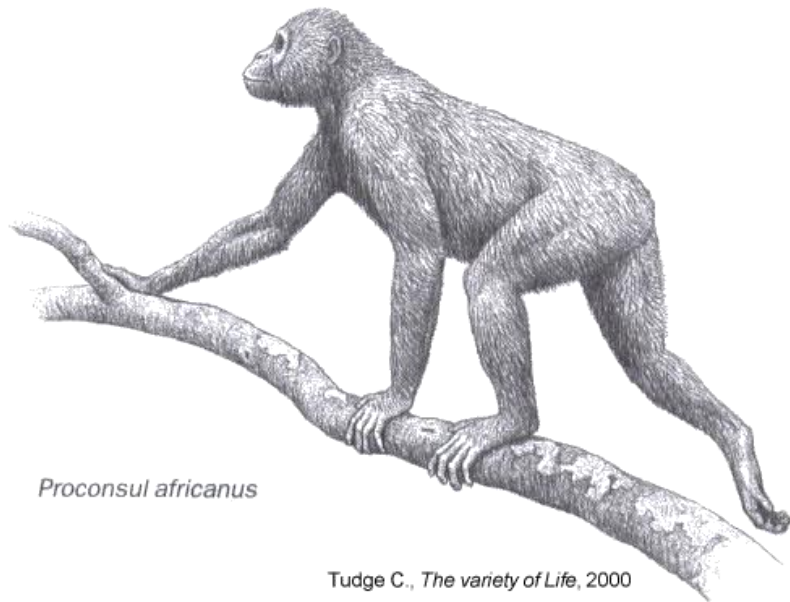
Histoire évolutive des primates



Place du fossile *Proconsul*

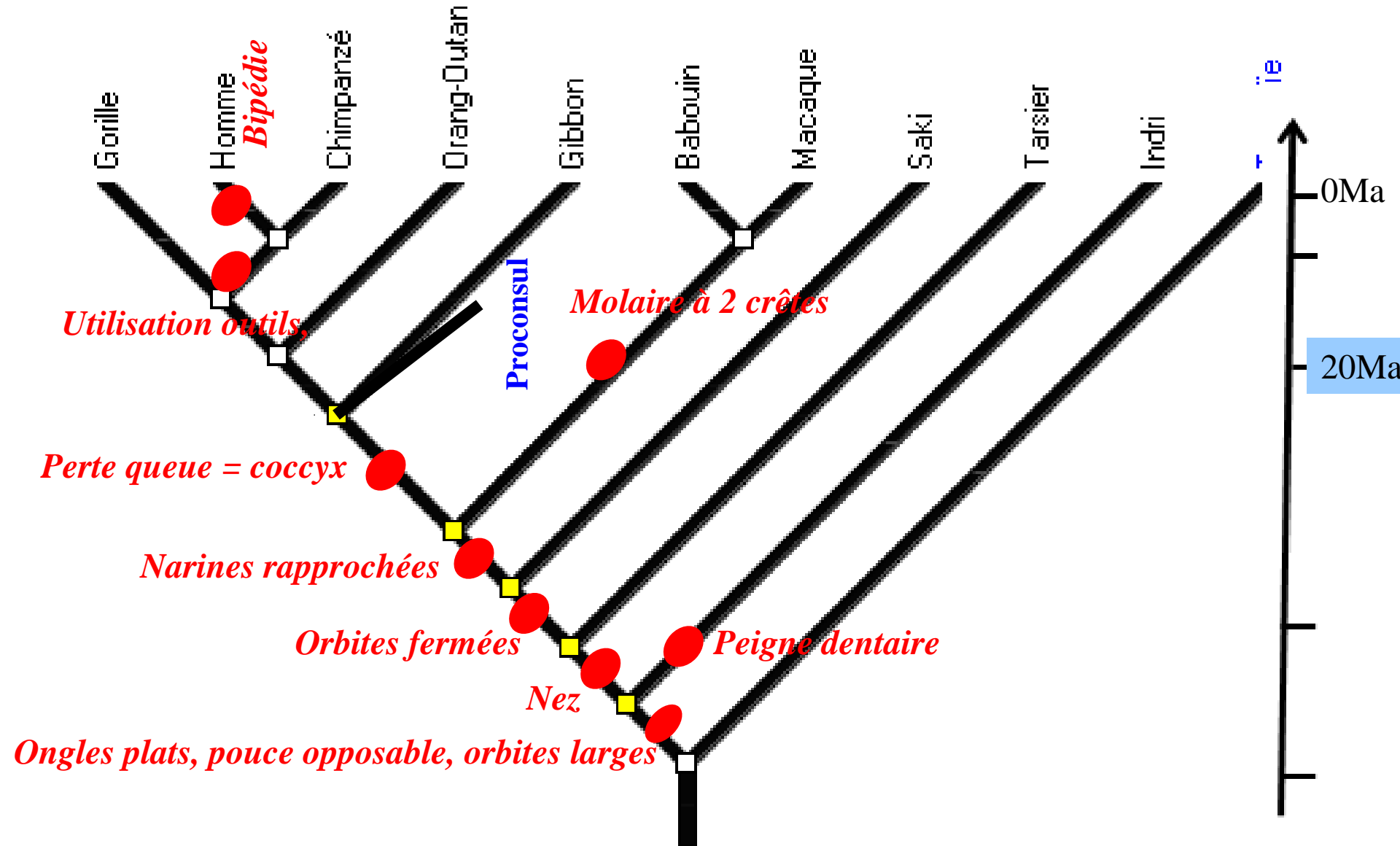
La découverte de fossiles révèle une diversité beaucoup plus grande que ne laisse supposer l'observation des espèces actuelles. Quarante-sept espèces différentes d'hominoïdes fossiles sont aujourd'hui répertoriées.

Proconsul -18 Ma

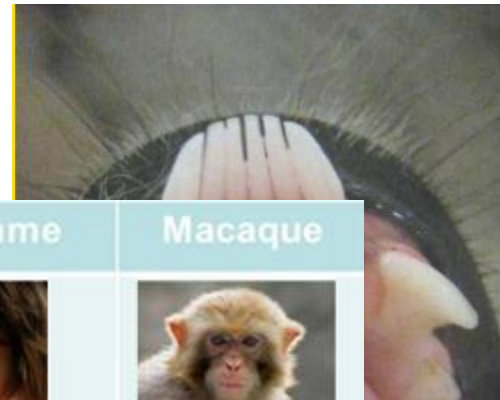


Le principal fossile de *Proconsul africanus* est daté de - 18 Ma. L'étude du squelette montre que cette espèce était quadrupède arboricole et probablement dépourvue de queue. Le crâne, prognathe et d'un volume cérébral modeste (180 cm³), ressemble à celui des gibbons. Cependant, les différentes espèces de *Proconsul* présentent certaines caractéristiques que l'on ne retrouve chez aucun autre hominoïde actuel.

Histoire évolutive des primates



Place du fossile *Darwinius Masillae*



	Babouin	Chimpanzé	Indri	Homme	Macaque
					
Molaires à 2 crêtes	oui	non	non	non	oui
Peigne dentaire	non	non	oui	non	non
Pouce	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable
Queue ou coccyx	Queue	Coccyx	Queue	Coccyx	Queue
Truffe ou nez	Nez	Nez	Truffe	Nez	Nez

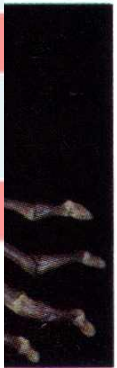
 **État dérivé**

qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « **peigne dentaire** »).

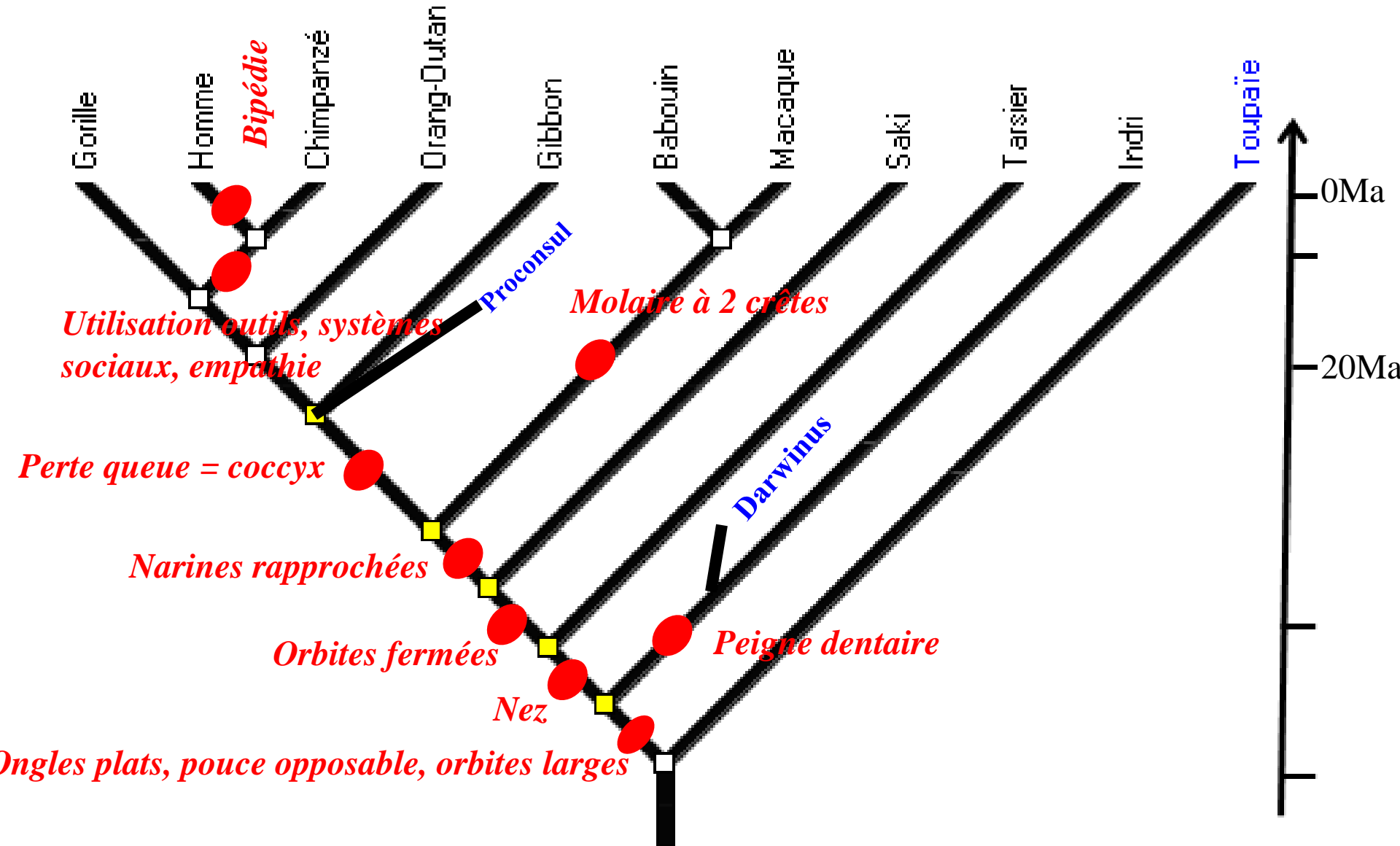
La radiographie du pied de *Darwinius masillae* révèle le caractère opposable du premier orteil et l'absence de griffe.



ossiles :
rtenant
années).
appelé
ert dans



Histoire évolutive des primates



Place du fossile *Darwinius Masillae*

Darwinius -47 Ma



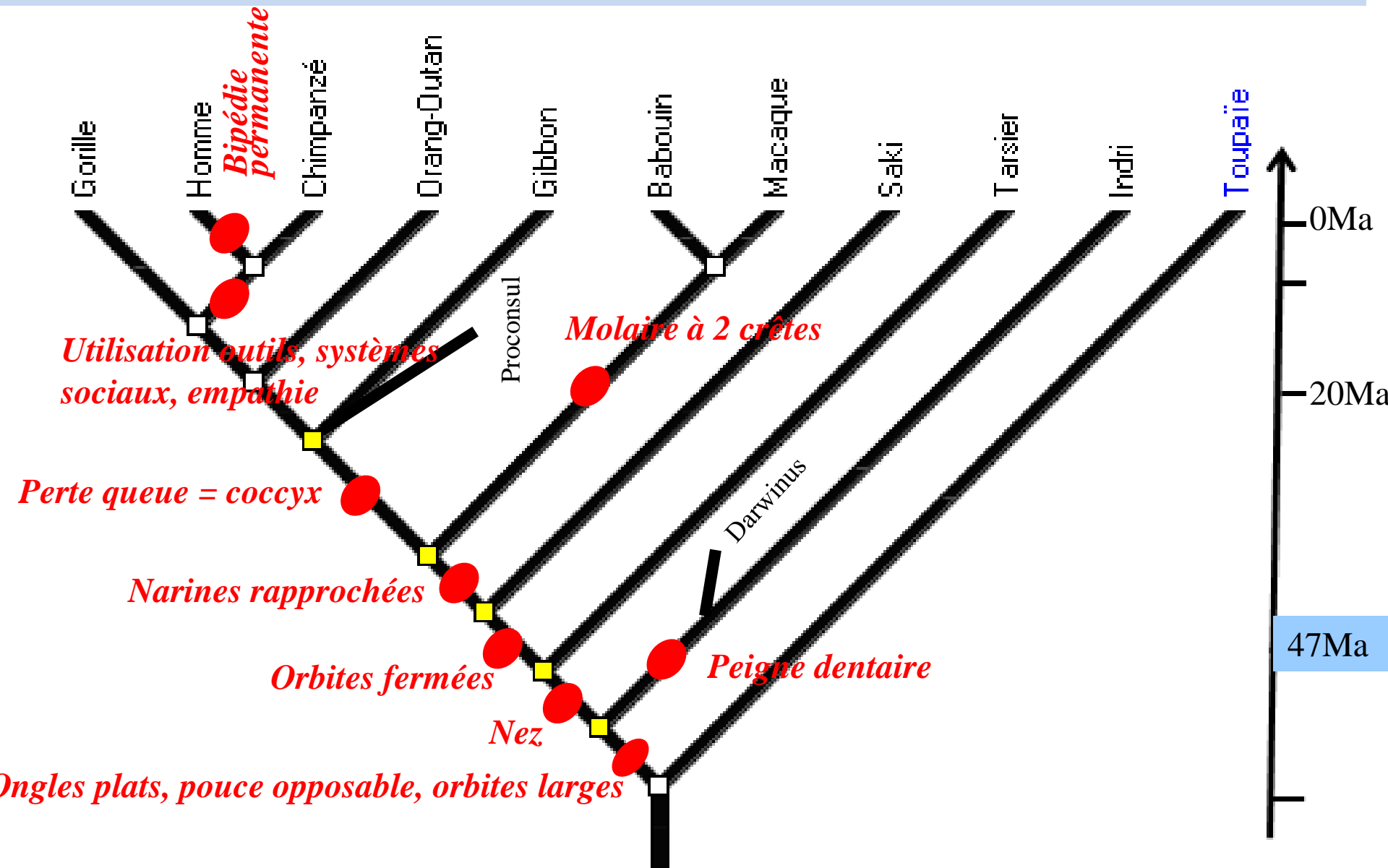
Plusieurs centaines de primates ne sont connues que par l'existence de fossiles : ce sont des espèces aujourd'hui disparues. Les plus anciens fossiles appartenant indiscutablement au groupe des primates datent de – 55 Ma (millions d'années). La photographie **a** présente *Darwinius masillae*, plus communément appelé Ida, un fossile remarquablement conservé (95 % du squelette), découvert dans le site fossilifère de Messel, près de Francfort en Allemagne et daté de – 47 Ma.

L'étude du squelette montre qu'Ida était une femelle arboricole, mesurant environ 1 m (longue queue comprise) et pesant 700 à 900 g. L'exceptionnelle conservation de ce fossile permet de voir des traces de fourrure et l'empreinte du tube digestif contenant le dernier repas (fruits, graines, feuilles). Une étude approfondie montre qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « **peigne dentaire** »).



La radiographie du pied de *Darwinius masillae* révèle le caractère opposable du premier orteil et l'absence de griffe.

Histoire évolutive des primates



Place du fossile *Darwinius Masillae*

Premiers primates -55 Ma



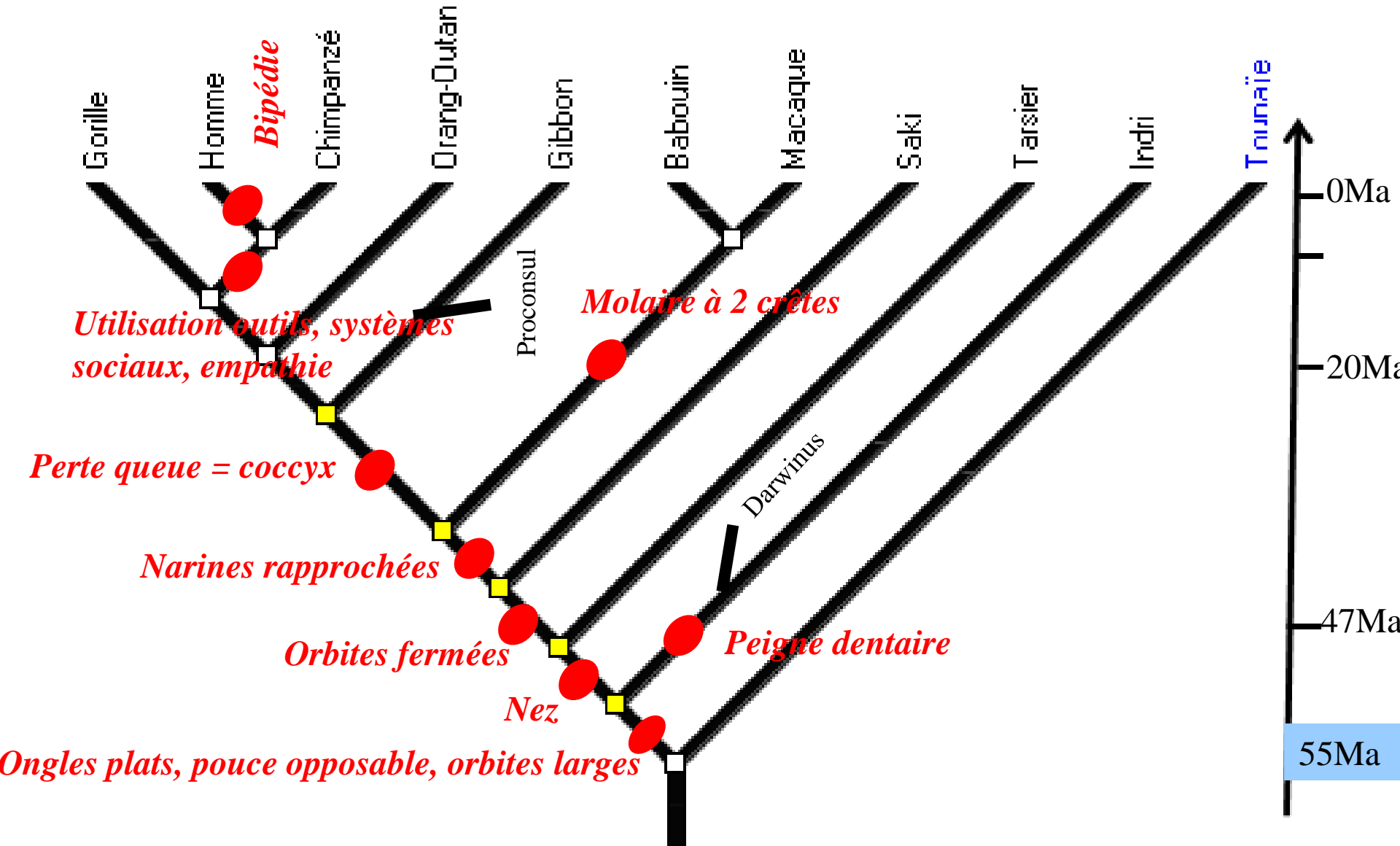
Plusieurs centaines de primates ne sont connues que par l'existence de fossiles : ce sont des espèces aujourd'hui disparues. Les plus anciens fossiles appartenant indiscutablement au groupe des primates datent de - 55 Ma (millions d'années). La photographie **a** présente *Darwinius masillae*, plus communément appelé Ida, un fossile remarquablement conservé (95 % du squelette), découvert dans le site fossilifère de Messel, près de Francfort en Allemagne et daté de - 47 Ma.

L'étude du squelette montre qu'Ida était une femelle arboricole, mesurant environ 1 m (longue queue comprise) et pesant 700 à 900 g. L'exceptionnelle conservation de ce fossile permet de voir des traces de fourrure et l'empreinte du tube digestif contenant le dernier repas (fruits, graines, feuilles). Une étude approfondie montre qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « **peigne dentaire** »).

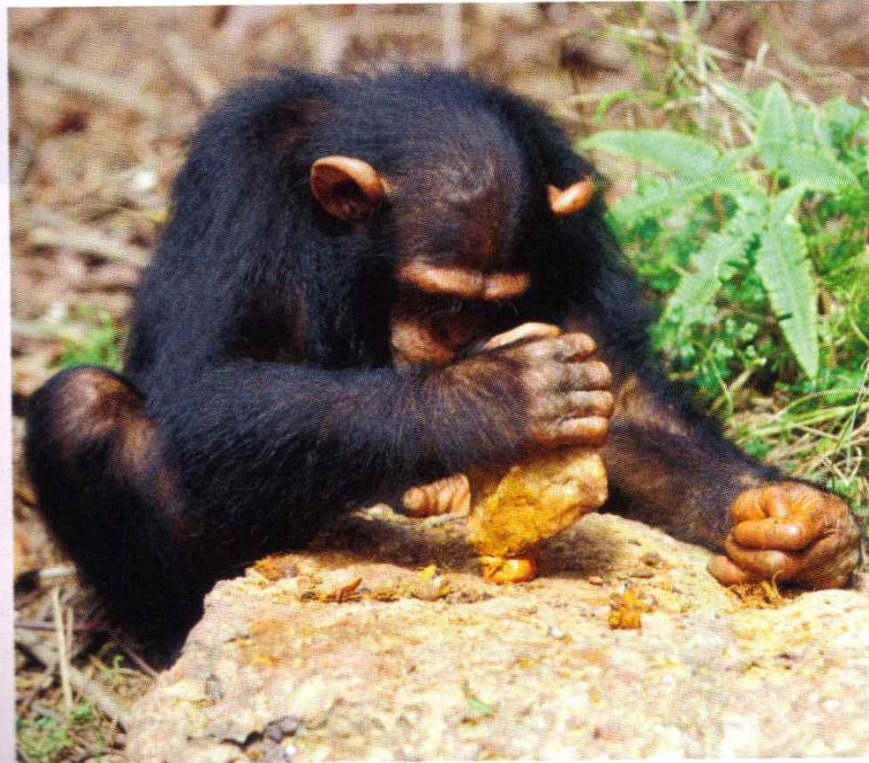


La radiographie du pied de *Darwinius masillae* révèle le caractère opposable du premier orteil et l'absence de griffe.

Histoire évolutive des primates



L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent

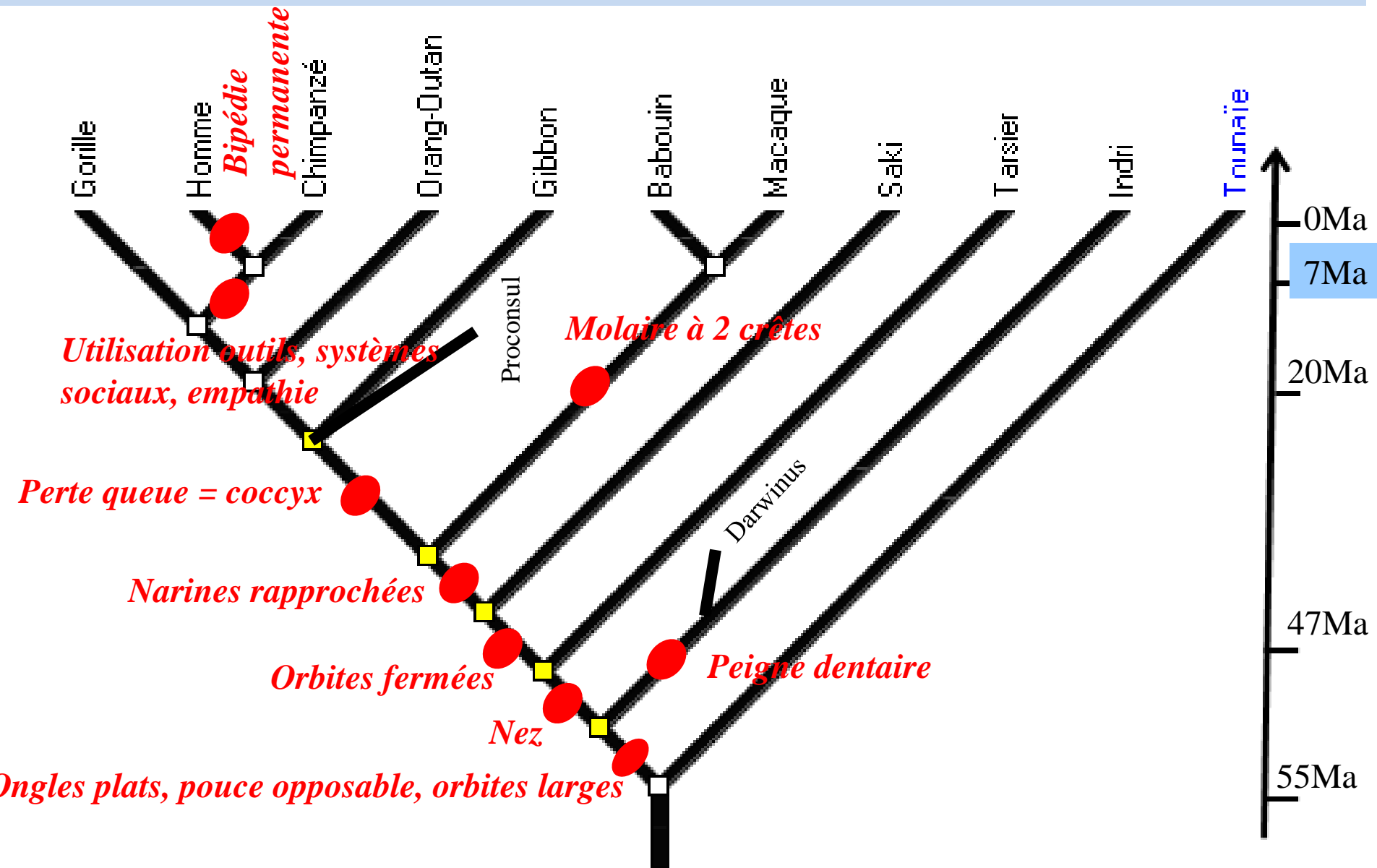


Casser une noix entre deux pierres, l'une servant de marteau et l'autre d'enclume, suppose la mise en relation de trois objets. Cette utilisation d'outils, la plus complexe connue naturellement à ce jour chez les animaux, se rencontre chez les chimpanzés.

« Si l'on fait le bilan de ce que l'on a observé depuis 30 ans chez les chimpanzés, on s'aperçoit que tout ce que l'on avait cru voir se manifester en termes d'adaptation uniquement chez les hommes c'est-à-dire la bipédie, l'outil, la chasse, le partage de la nourriture, la sexualité, les systèmes sociaux, le rire, la conscience, l'empathie, la sympathie, les chimpanzés le font aussi. Donc, soit ils ont tout acquis indépendamment, soit cela vient du dernier ancêtre commun, ce qui est plus plausible. Cela veut dire que déjà dans le monde des forêts, il y a 6 à 7 millions d'années, toutes ces caractéristiques que l'on a cru propres à l'Homme existaient et font partie d'un bagage ancestral commun ».

Pascal Picq (*Entretien RFI*).

Histoire évolutive des primates



L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent



- 7 Ma  ancêtre
commun

Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

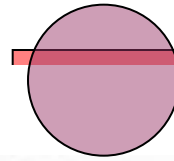
A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

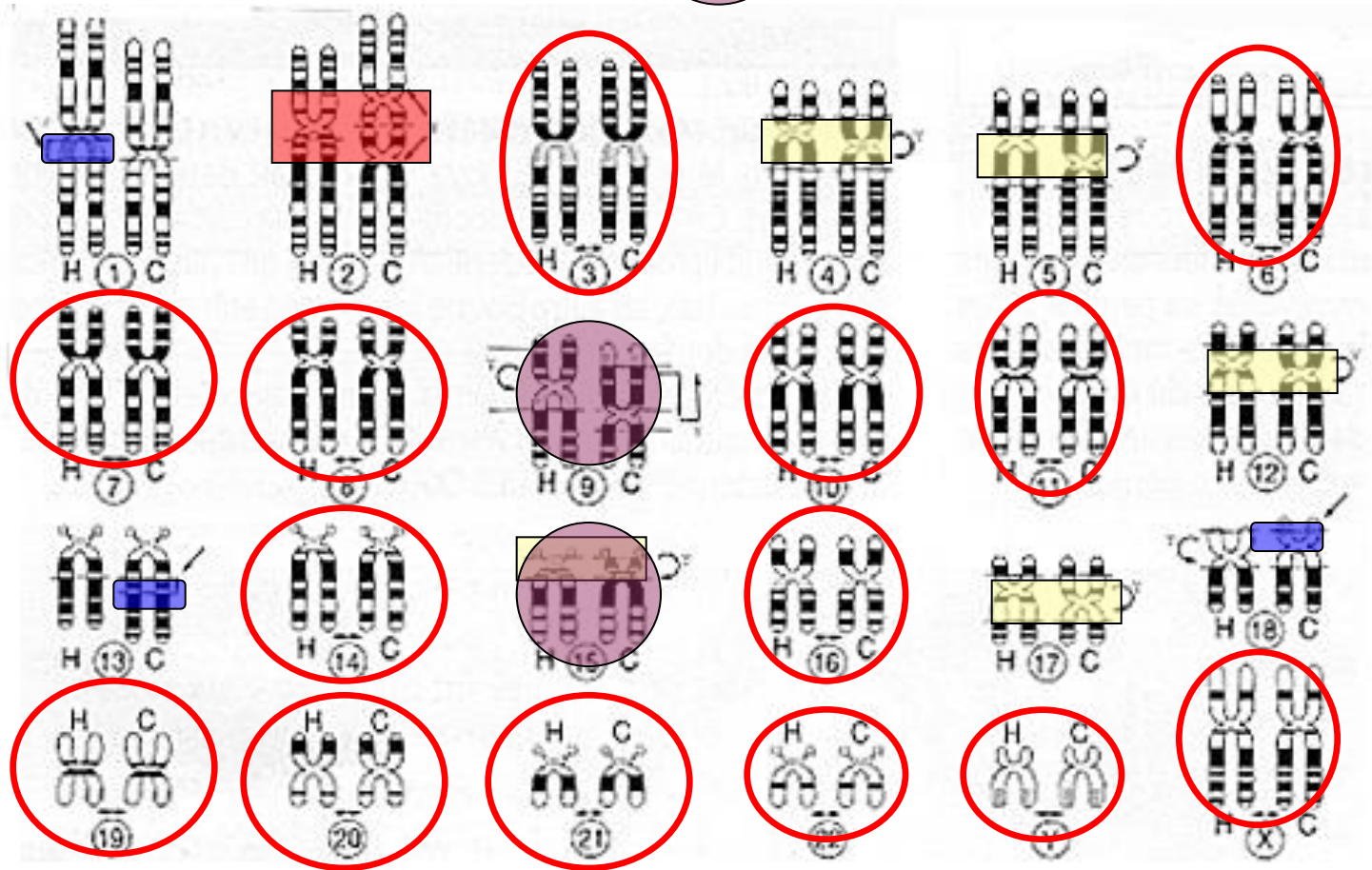
II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches

1. Des similitudes génétiques et moléculaires

Comparaison des caryotypes de l'Homme et du Chimpanzé



Modifications complexes



- Comparaison des caryotypes
- Comparaison des génomes

Comparaison des génomes de l'Homme et du Chimpanzé

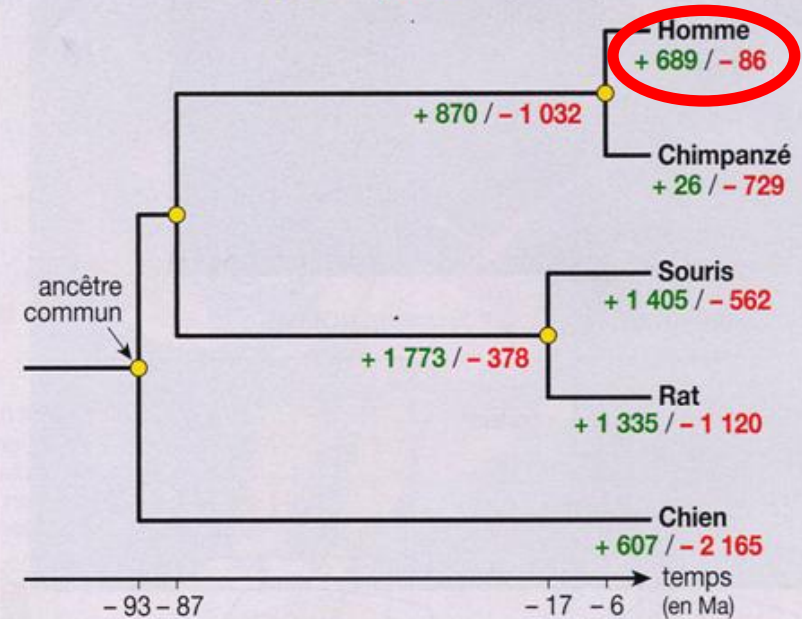
En 2005, le **séquençage** du génome d'un Chimpanzé, peu de temps après celui de l'Homme, a fourni des résultats précis et indiscutables :

- L'alignement des séquences de nucléotides fait apparaître une similitude de **98,77 %**.
- Le faible pourcentage de variations ponctuelles (1,23 %) représente néanmoins **37 millions de substitutions**. C'est dix fois plus que la différence moyenne constatée entre deux individus humains.
- L'étude plus précise des séquences génétiques et protéiques confirme que les différences Homme/Chimpanzé se caractérisent par un faible taux de mutations ponctuelles : en conséquence, une protéine humaine ne diffère le plus souvent d'une protéine de Chimpanzé que par un ou deux acides aminés.
- À ces différences ponctuelles, il faut ajouter des insertions ou additions de courtes séquences et des **duplications géniques**. Au total, on estime aujourd'hui qu'en tenant compte de l'ensemble de ces variations, la différence réelle entre le génome de l'Homme et celui du Chimpanzé se situe aux alentours de 6 à 7 %.

L'importance des duplications géniques

À la différence des mutations ponctuelles, le nombre de duplications géniques distinguant les deux lignées apparaît élevé. Par exemple, il existe deux copies du gène codant pour l'amylase salivaire (une **enzyme**) chez le Chimpanzé contre six en moyenne chez l'Homme. L'impact de ces duplications géniques est cependant aujourd'hui en discussion.

Une estimation des gains et pertes de gènes (J. Cohen, 2007).



Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

Chez l'Homme, certaines mutations d'un gène (appelé gène ASPM) entraînent une anomalie du développement cérébral se traduisant par une microcéphalie : le cortex cérébral est réduit à 30 % de son volume normal. En effet, la protéine produite par ce gène détermine, pour les cellules souches corticales, la durée de la phase de multiplication.

Des comparaisons génétiques ont montré que le gène ASPM fait partie des gènes qui ont connu une évolution récente dans l'histoire de la lignée humaine. Cependant, l'impact réel de la mutation de ce gène dans les processus évolutifs n'a pas été démontré. Beaucoup d'autres gènes sont exprimés différemment chez l'Homme et chez le Chimpanzé : il serait vain de



rechercher quelques gènes dont l'impact suffirait à eux seuls à expliquer ce qui distingue l'Homme du Chimpanzé.



développement normal



microcéphalie

Doc. 2 L'effet de la mutation d'un gène contrôlant le développement.



développement normal

Mutations du gène ASPM



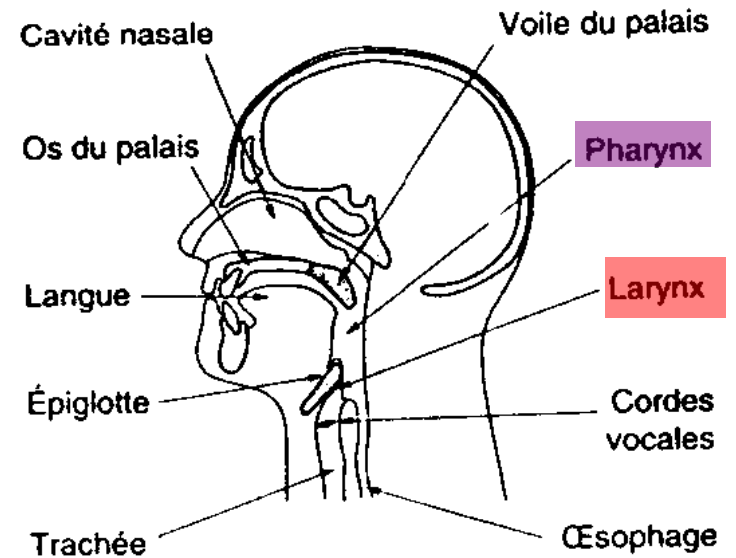
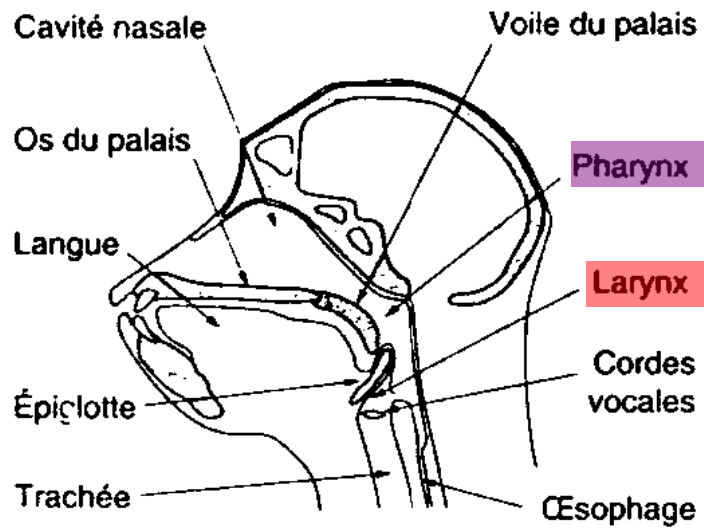
Protéine élaborée détermine la durée de la multiplication des cellules souches du cortex



microcéphalie

Le développement est sous contrôle génétique

Langage articulé



Chez l'homme le pharynx est suffisamment grand pour permettre la modulation des sons et permettre un langage articulé



Acquisition du langage:

- **Facteurs génétiques**

Exemple gène FOX P2

- **Interaction avec les autres**





Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches

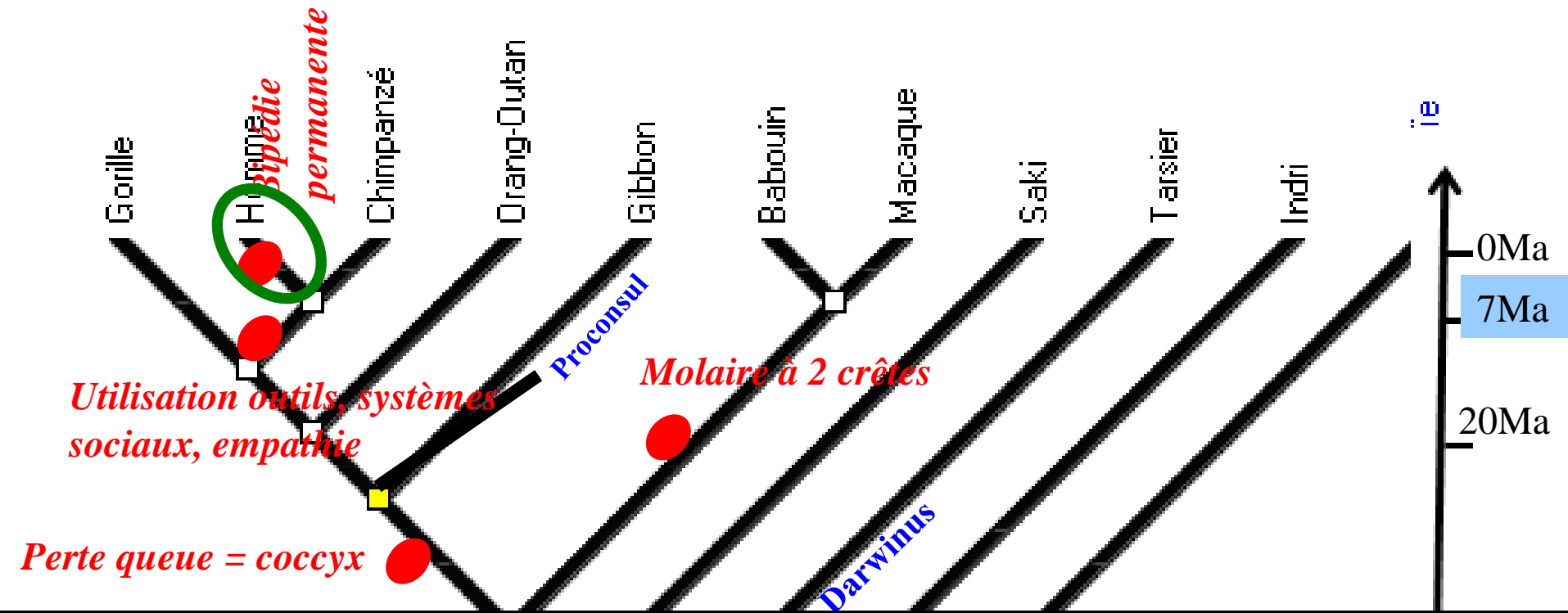
A. Des similitudes génétiques et moléculaires

B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

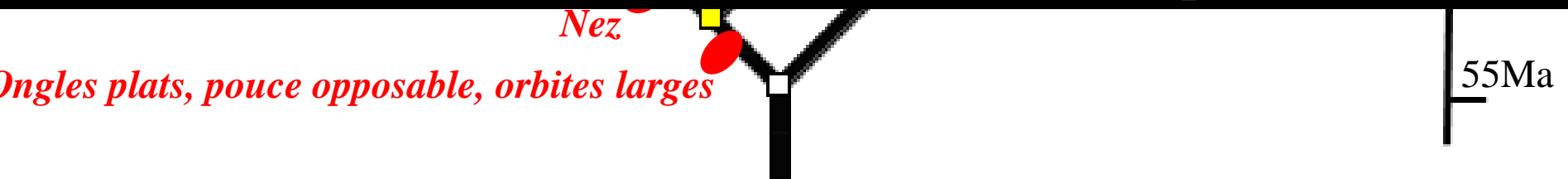
III. La diversité du genre humain

A. Les caractères dérivés propres au genre humain (Homo).

Intérêt de la comparaison Homme / Chimpanzé



Les caractères que possède l'Homme mais pas le Chimpanzé sont forcément apparus sur le « rameau Humain » après le dernier ancêtre commun à l'Homme et au Chimpanzé



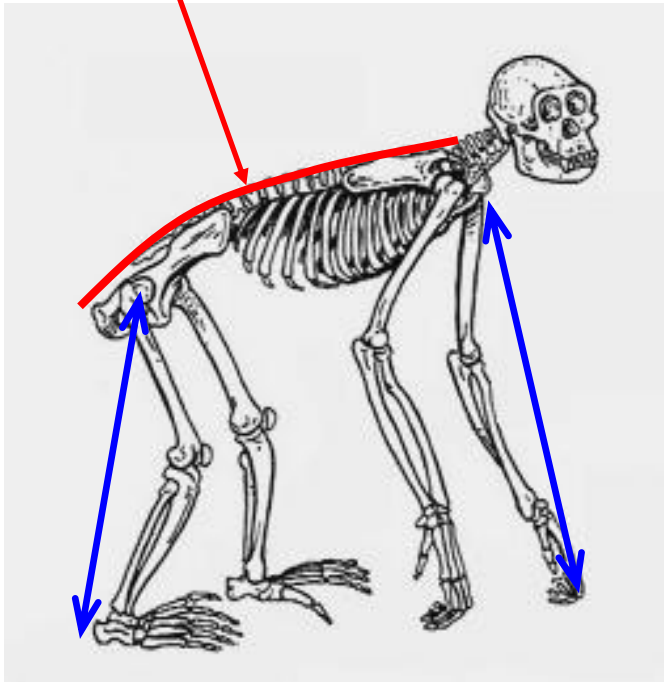
Caractères liés à la bipédie

La colonne vertébrale

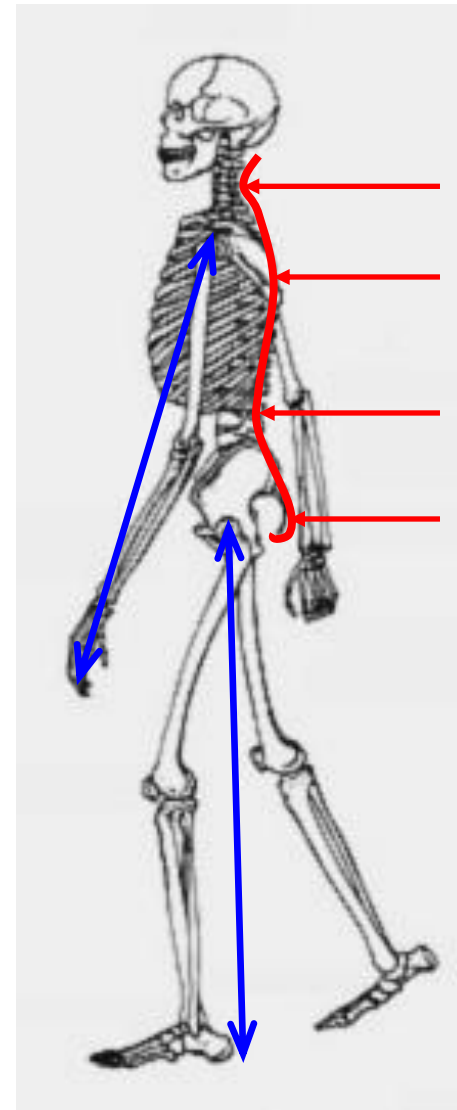
Les membres

Allongement du membre postérieur par rapport au membre antérieur

Membres supérieurs plus grands que les membres inférieurs
1 seule courbure



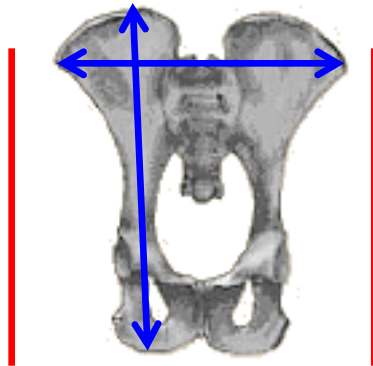
chimpanzé



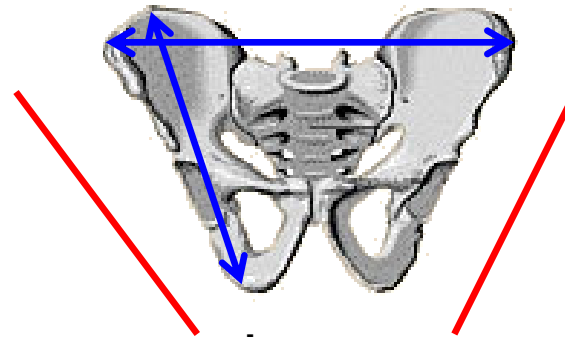
4 courbures

homme

Le bassin



grand singe

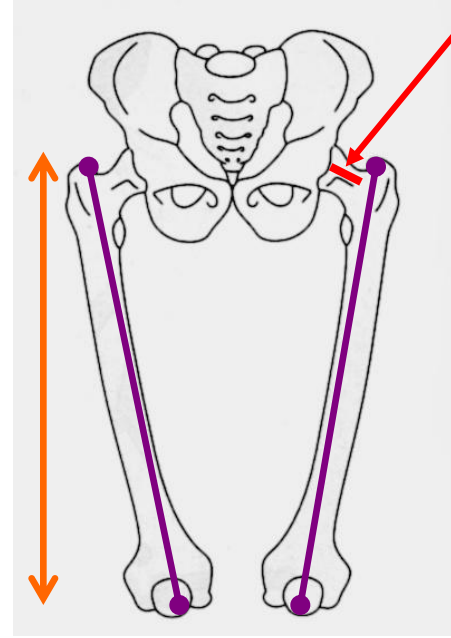
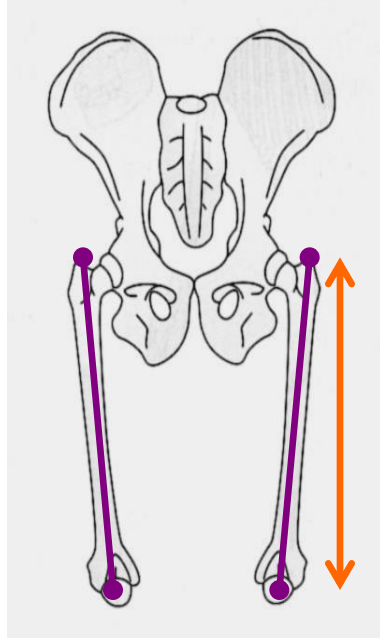


homme

Le bassin de l'homme est :

- court
- large
- évasé (en forme de corbeille)

Le fémur



Col du fémur



Le fémur est plus long et oblique par rapport à l'axe du corps
Le col du fémur est plus long

La main

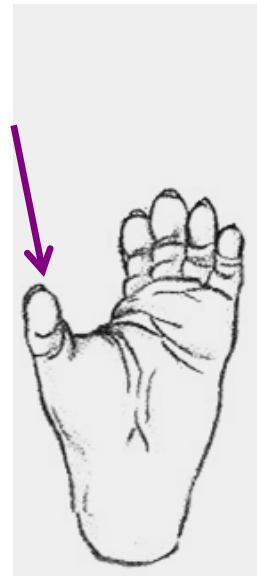
Mouvement du poignet 90 °



Main préhensile (rotation du poignet 180°)

Organe du toucher

Le pied



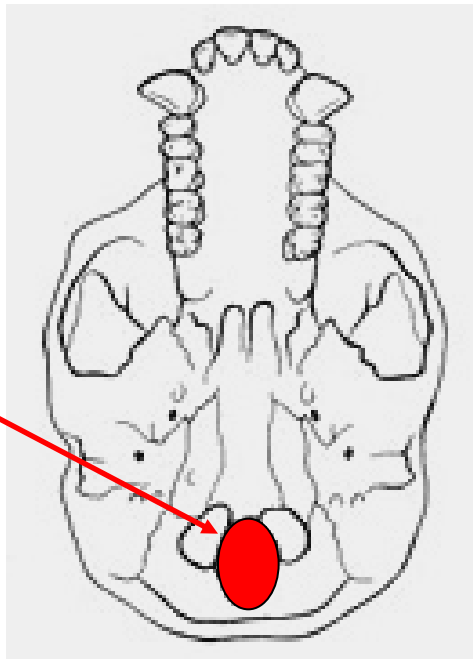
Orteil parallèle aux autres doigts : le pied n'est plus préhensile

Voûte plantaire

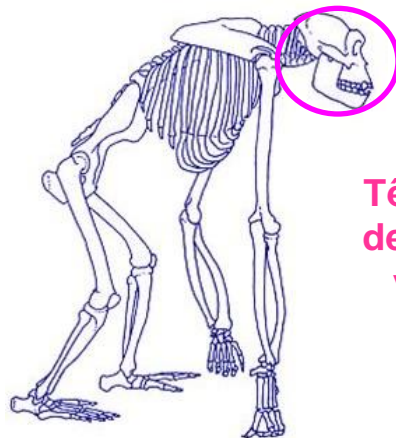
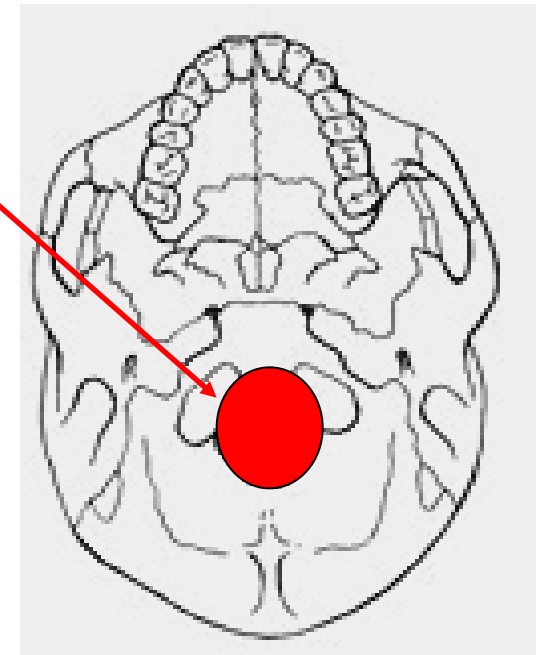


Trou occipital

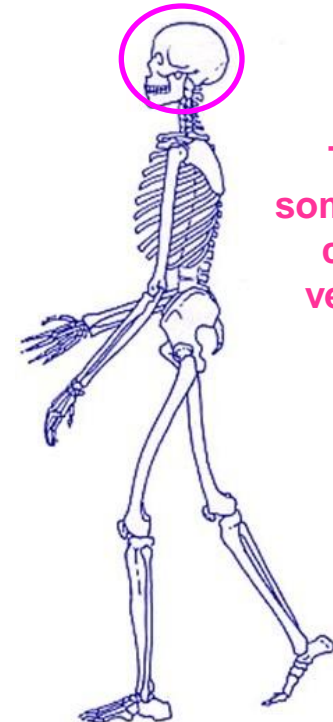
Trou occipital en position reculée



Trou occipital en position avancée



Tête en avant de la colonne vertébrale

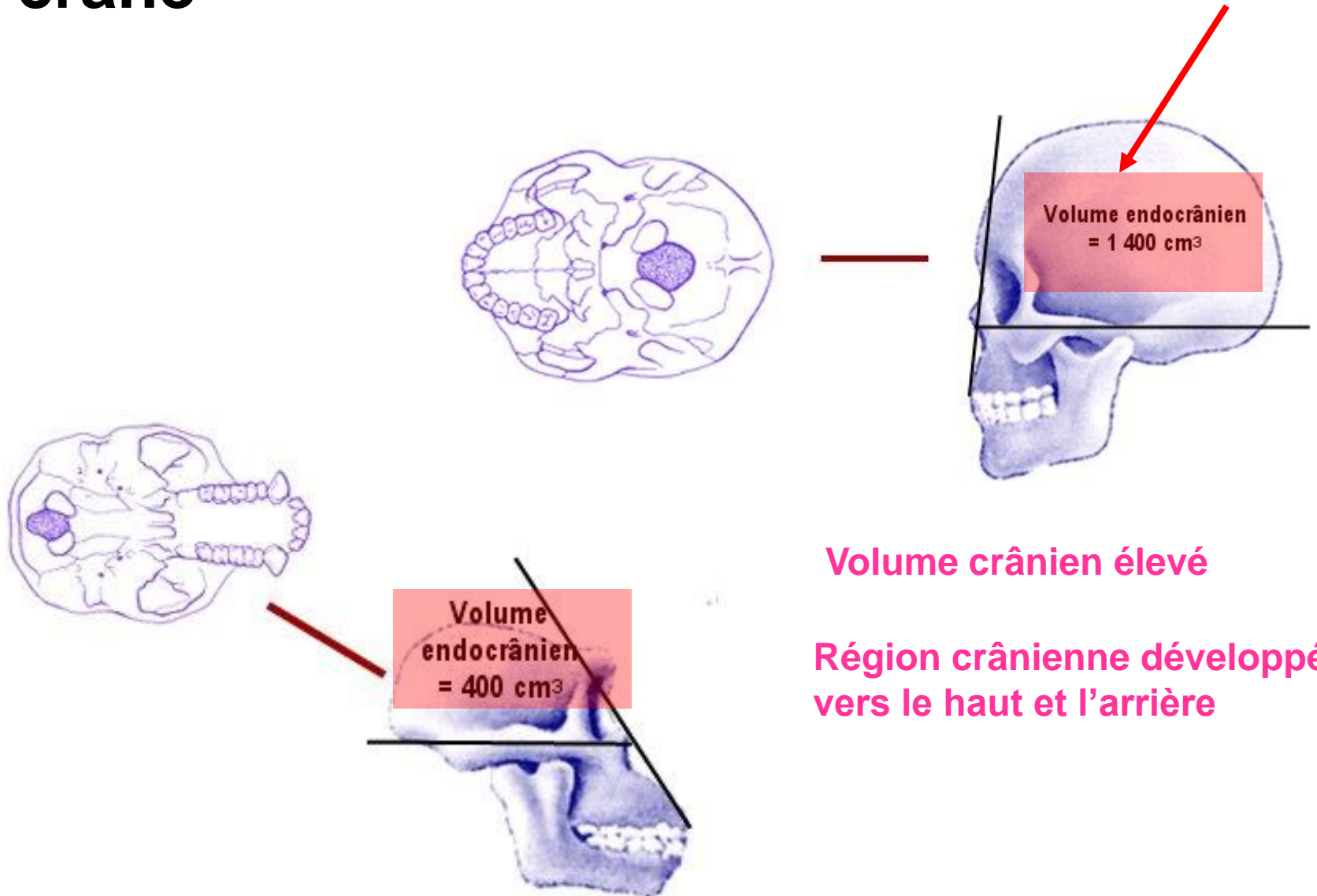


Tête au sommet de la colonne vertébrale

Caractères spécifiques du crâne et de la mâchoire

* Différences très marquées au niveau du squelette de la tête

Le crâne



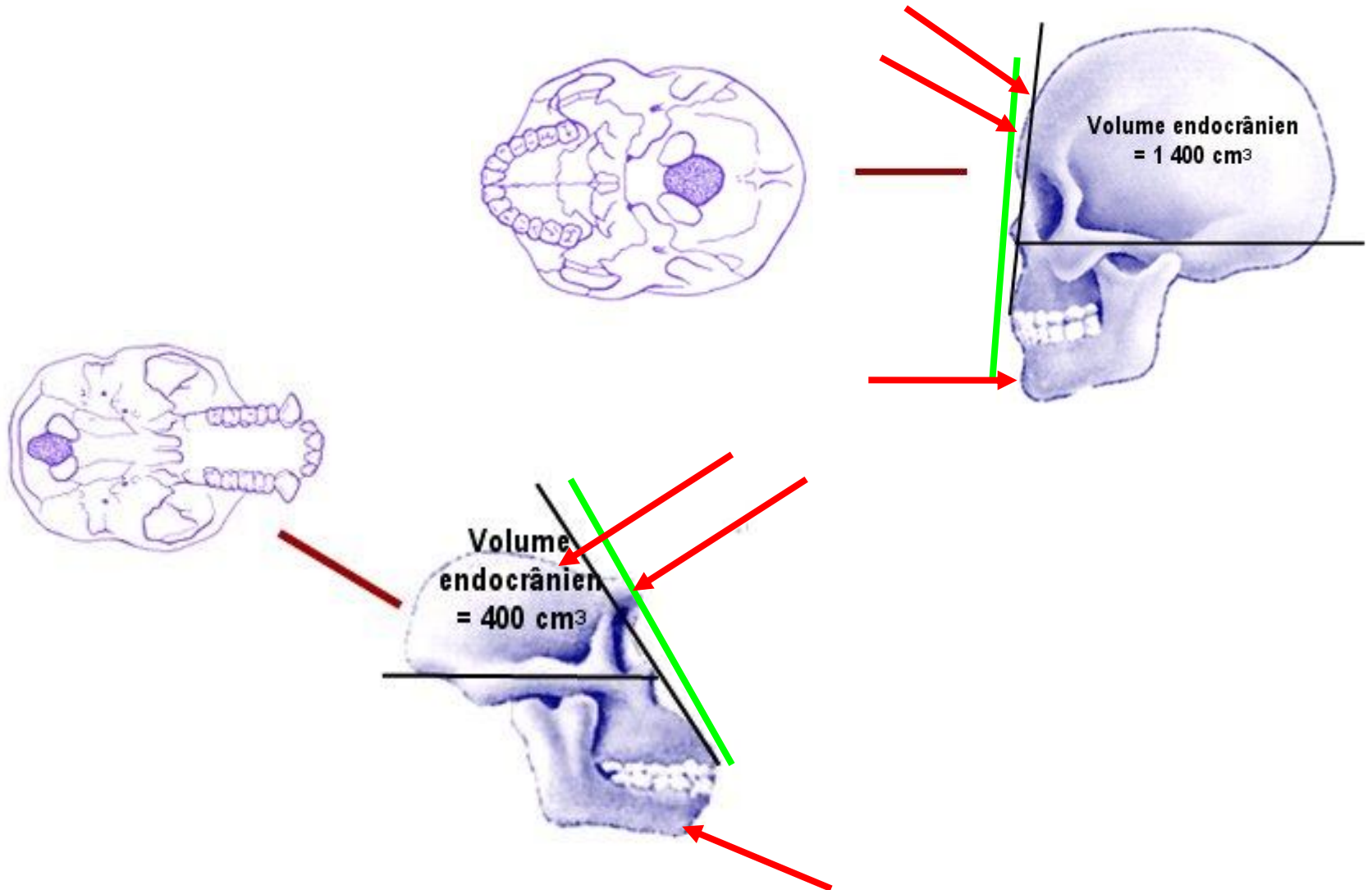
Volume crânien élevé

Région crânienne développée vers le haut et l'arrière

La face

Face plate = orthognathisme
Front plat

Absence de bourrelets sus-orbitaires
menton

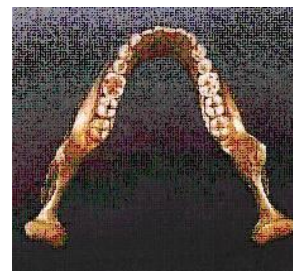
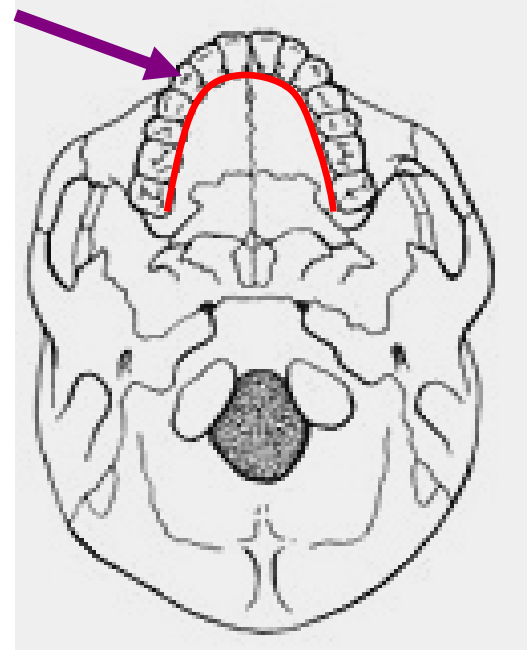
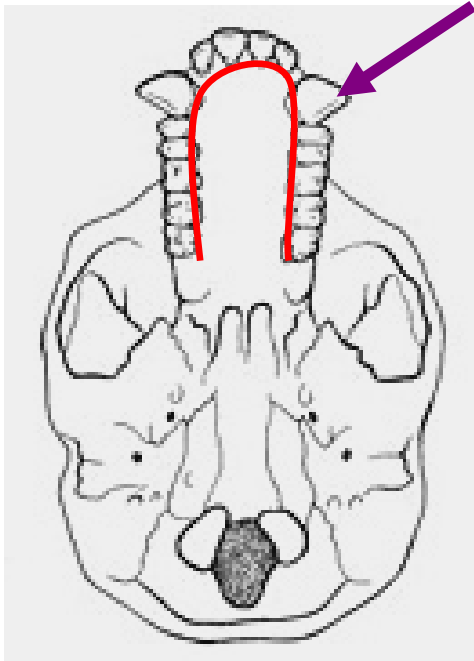


denture

Arcade dentaire parabolique (en V)

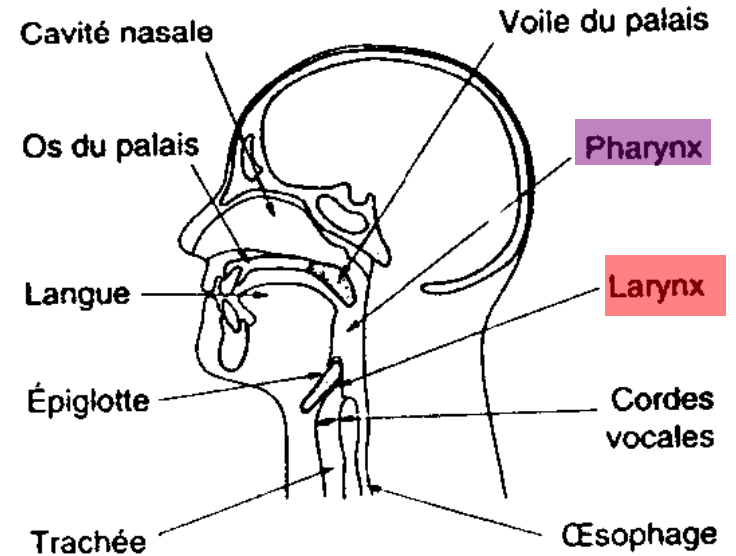
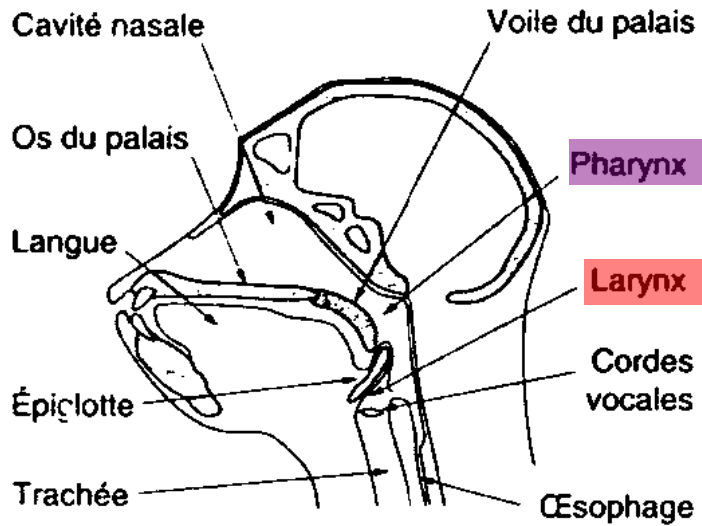
Dents peu différenciées, de petites taille

Email épais

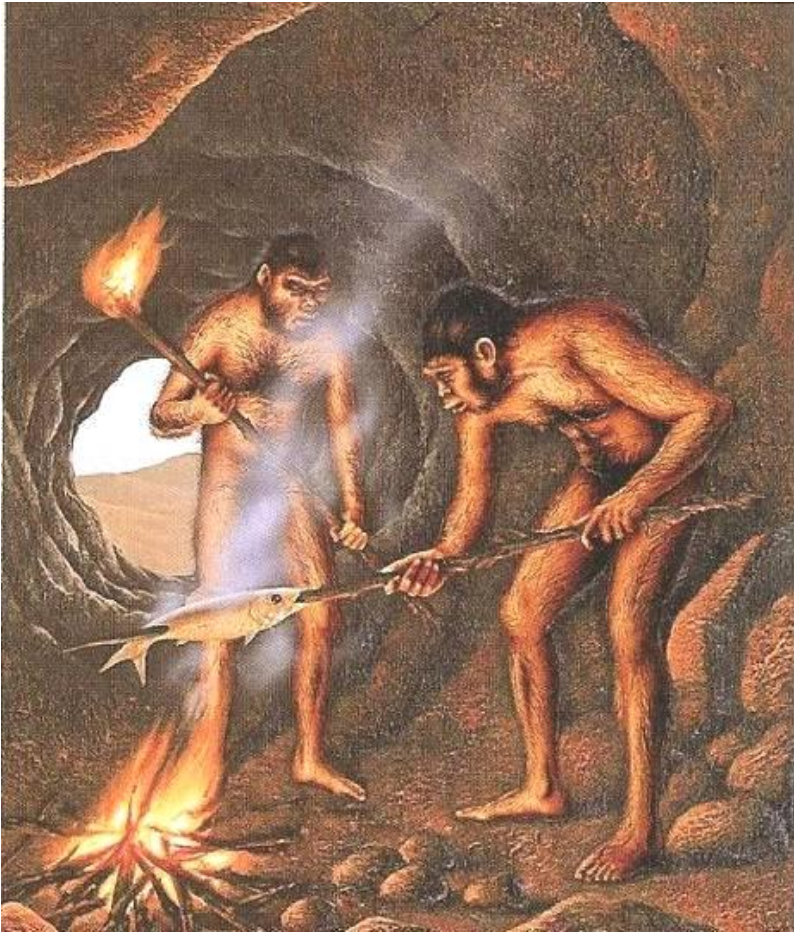


Activités sociales et culturelles

Langage articulé



Chez l'homme le pharynx est suffisamment grand pour permettre la modulation des sons et permettre un langage articulé

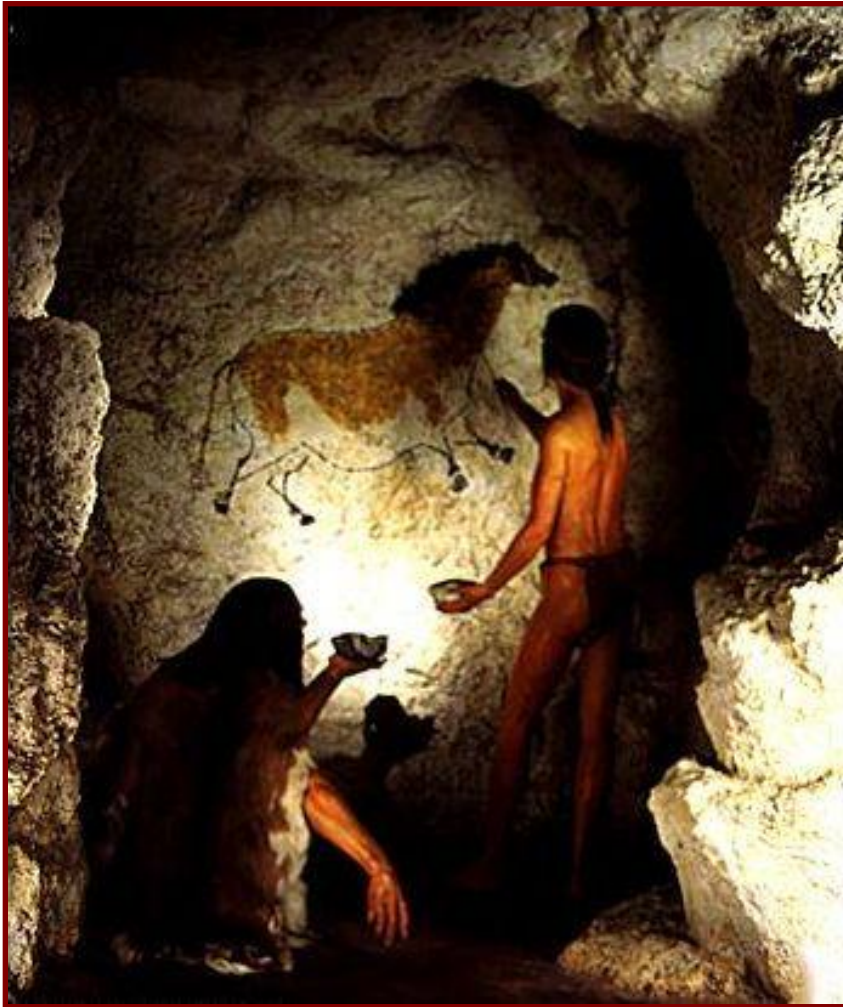


Maîtrise du feu



Outils perfectionnés

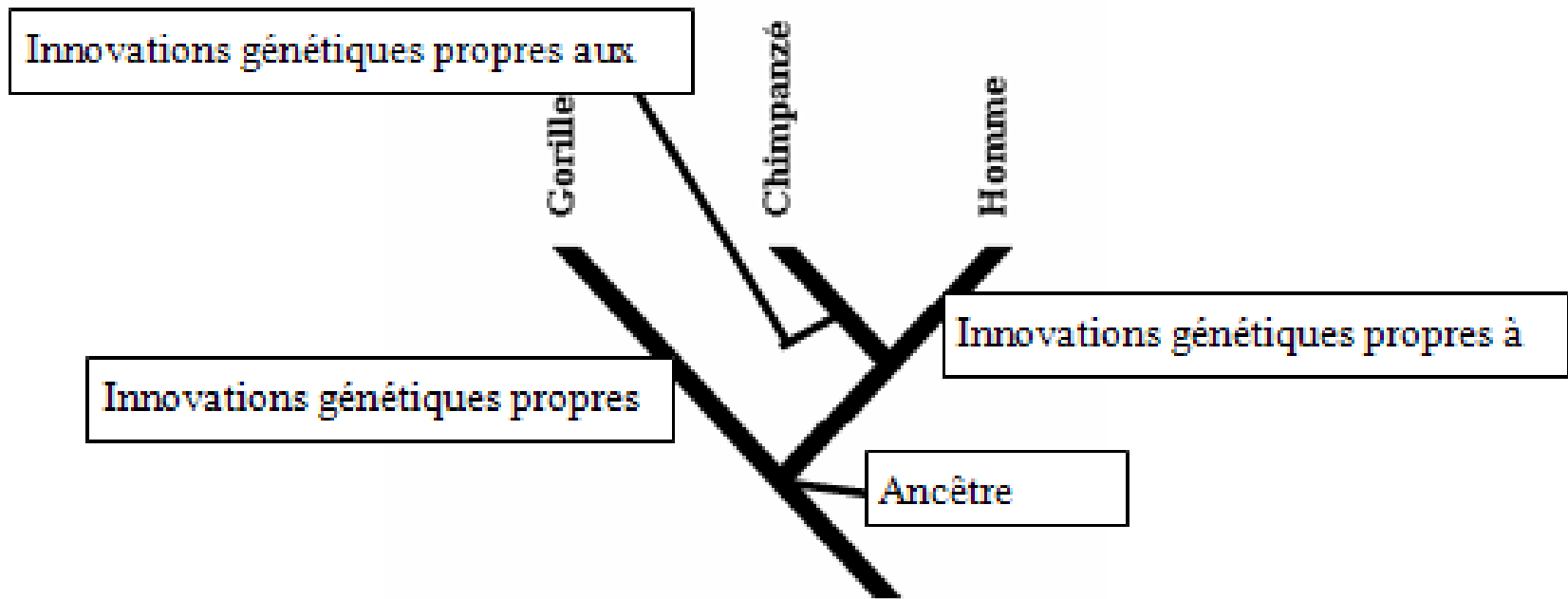
Activité culturelle



Invention de l'art



Conscience de la mort



Tout fossile qui possède au moins un caractère dérivé spécifique à l'Homme appartient au rameau Humain.

Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

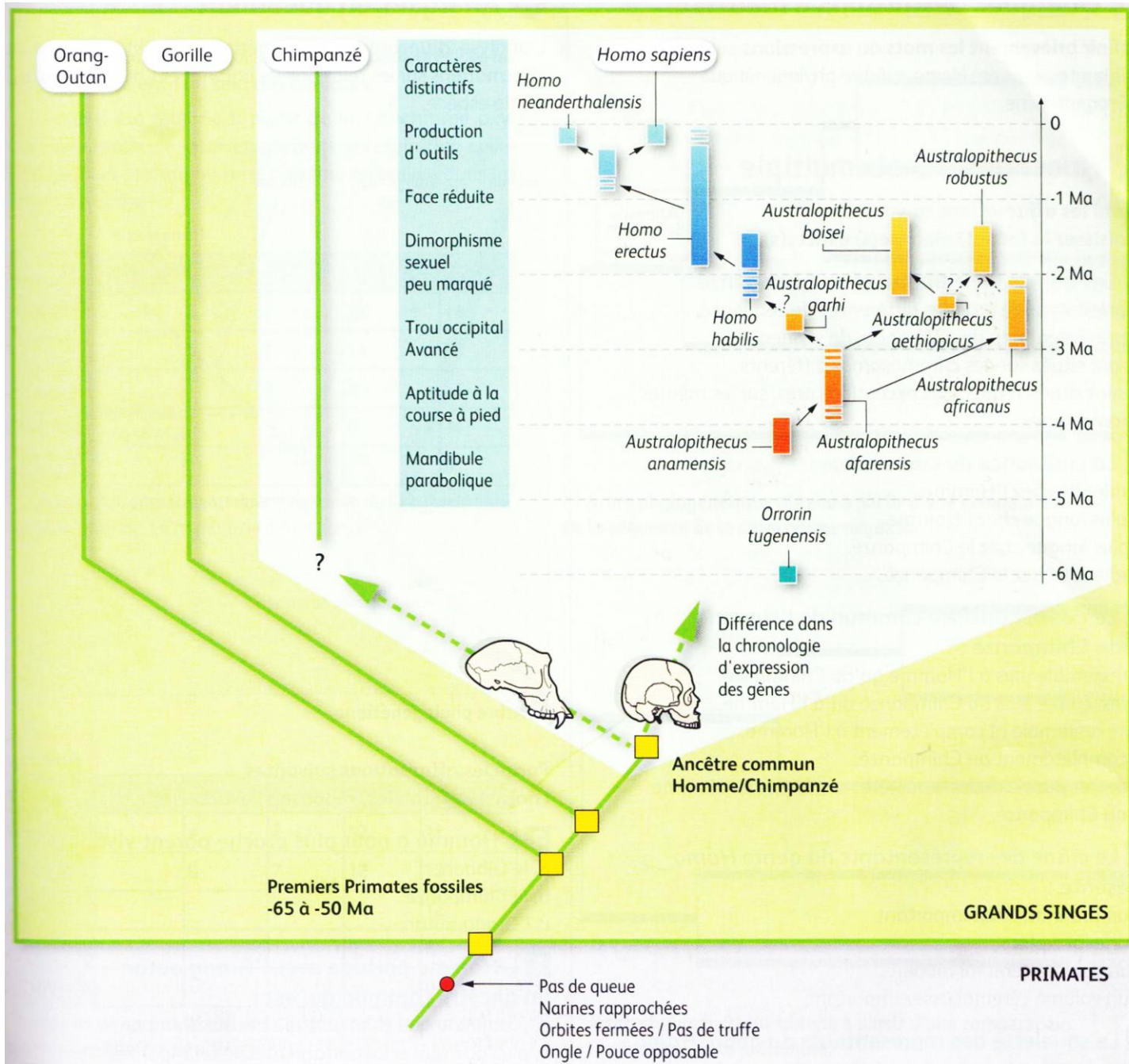
B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

III. La diversité du genre humain

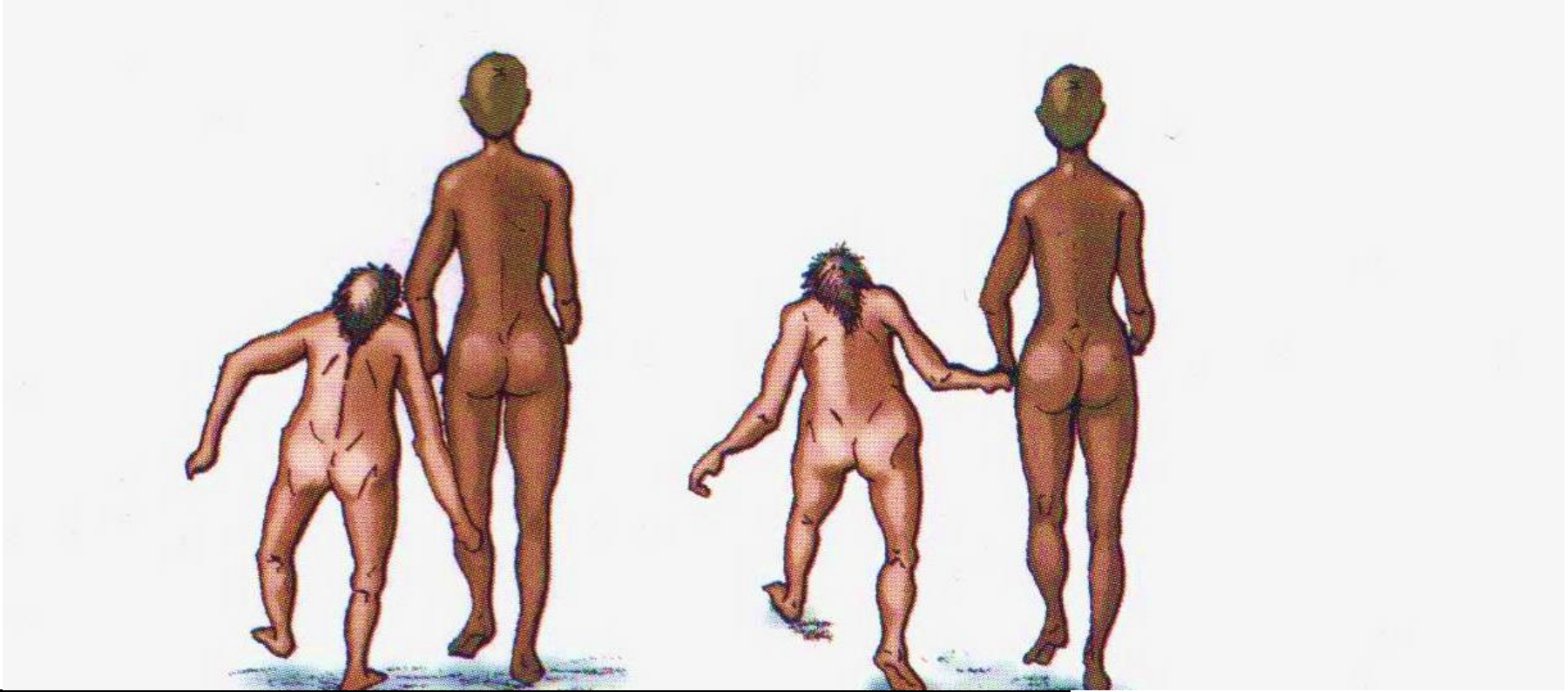
A. Les caractères dérivés propres au genre humain (Homo).

B. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.

Histoire évolutive du rameau humain



Les Australopithèques



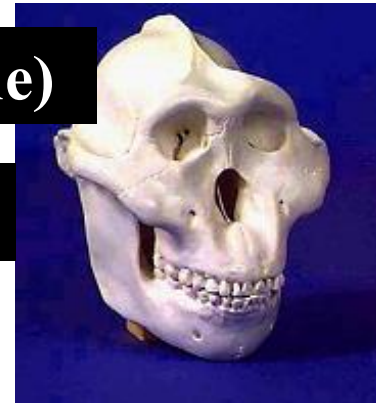
Bipédie permanente mais imparfaite

Face projetée vers l'avant (prognathe)

Capacité crânienne réduite

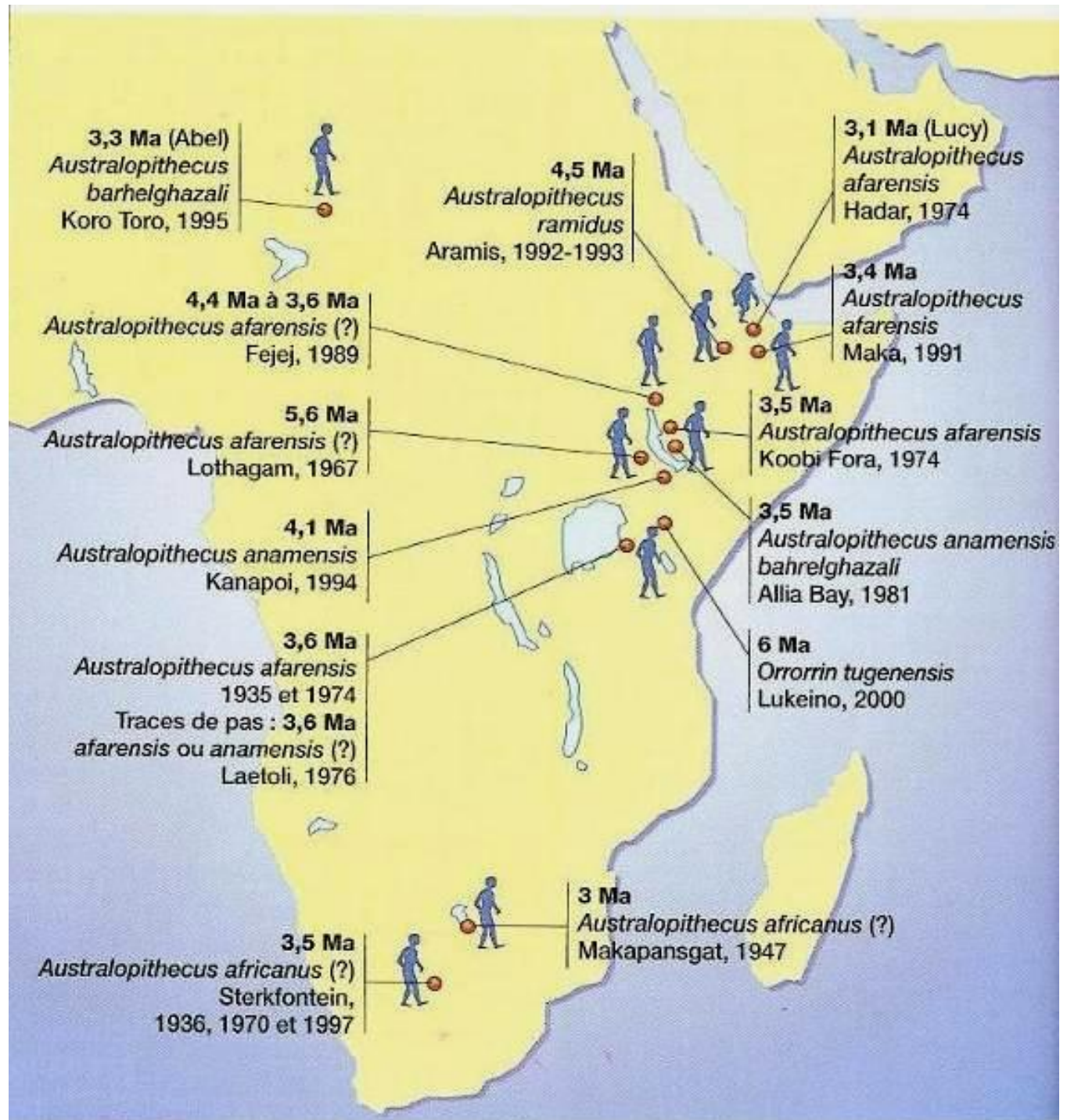
P. bosei

P. robustus



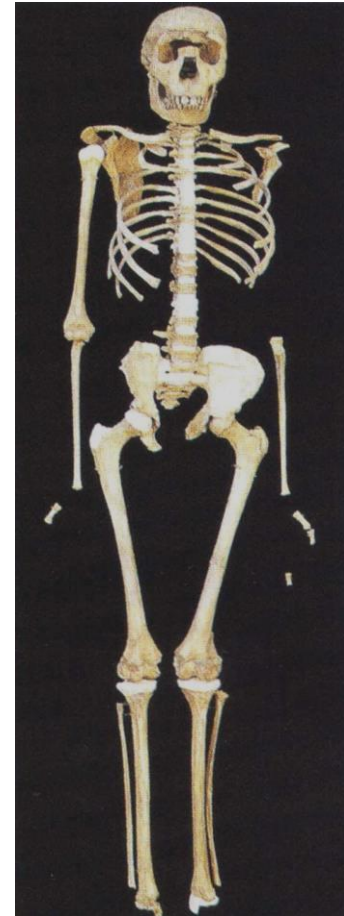
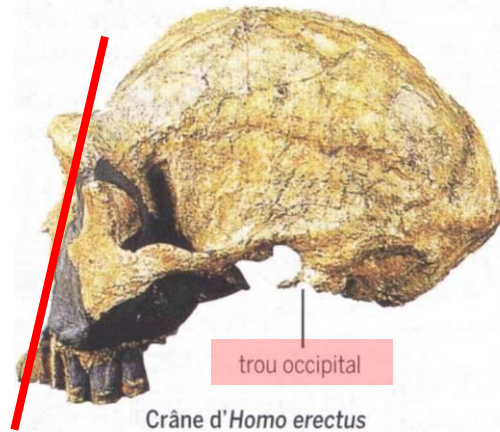


Répartition



Caractéristiques du genre Homo

-2.5 Ma → actuel



Bipédie plus élaborée

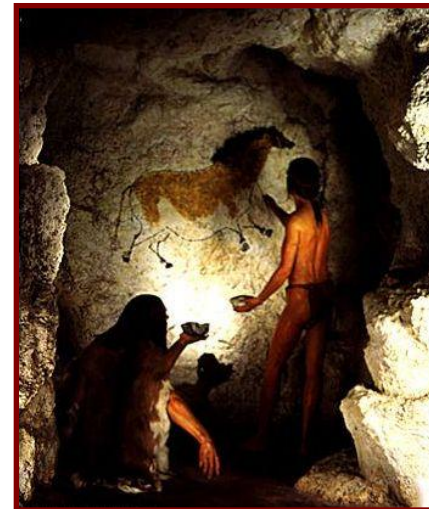
Face réduite

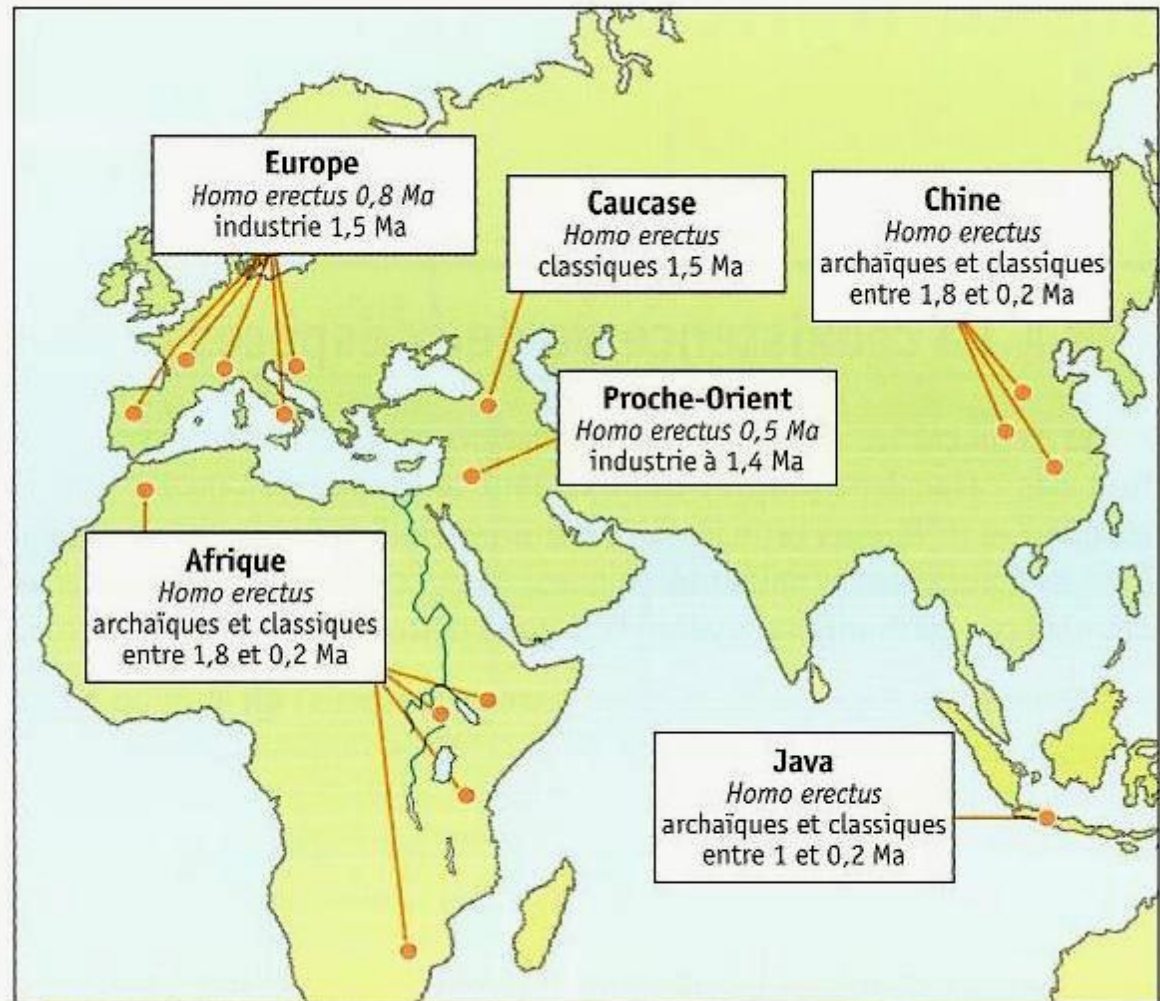
Capacité crânienne importante

Mandibule en V

Production d'outils complexes

Pratiques culturelles





Carte de répartition des *Homo erectus* à travers l'ancien monde.

Homo erectus = grand migrateur qui a colonisé l'Afrique du nord, du sud, le proche orient, l'Asie et l'Europe.

Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

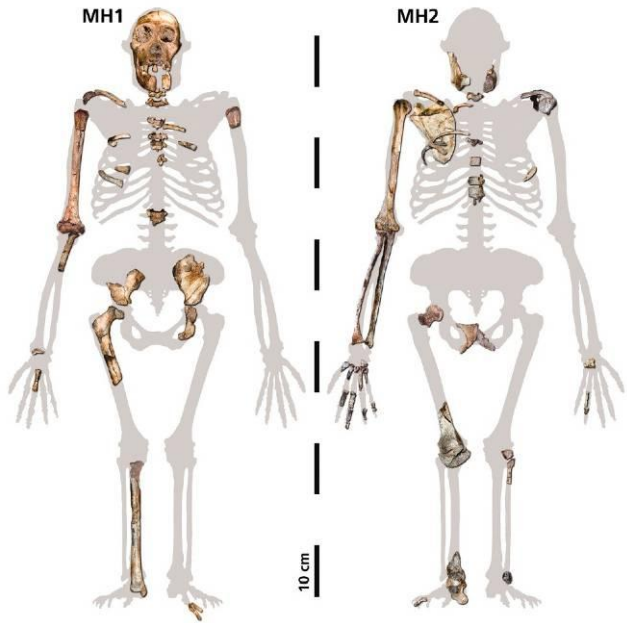
B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

III. La diversité du genre humain

A. Les caractères dérivés propres au genre humain (Homo).

B. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.

C. Controverses sur la phylogénie au sein du rameau humain.



(a)

(b)

Australopithecus sebida

Bipédie + affinée ??



Kibii et al., Science, 9 sept. 2011

Main habile => manipulation d'outils perfectionnés ??



Homo sapiens moderne



Vue palmaire

Vue dorsale



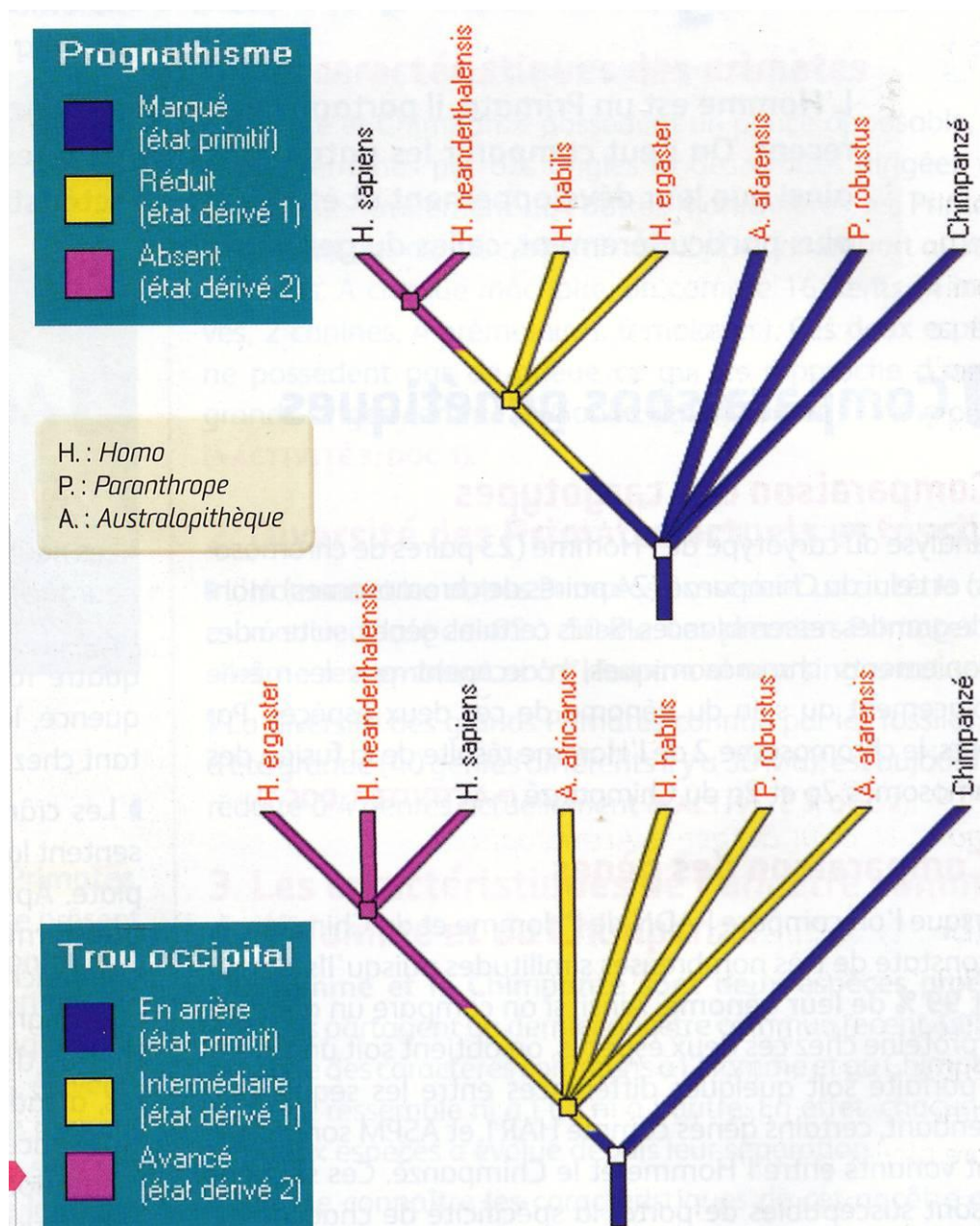
(a)



(b)

Atlas du corps humain et de la Société Anonyme, 1885

Place d'*Homo habilis* sur l'arbre phylogénétique ?



Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*)

« PREMIER VISAGE DE L'HUMANITÉ »

Sculpture réalisée par Elisabeth Daynès, 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.

Découvert en 1965
possède que
fragments c

Daterait de

Trou occipi
Bipède ???

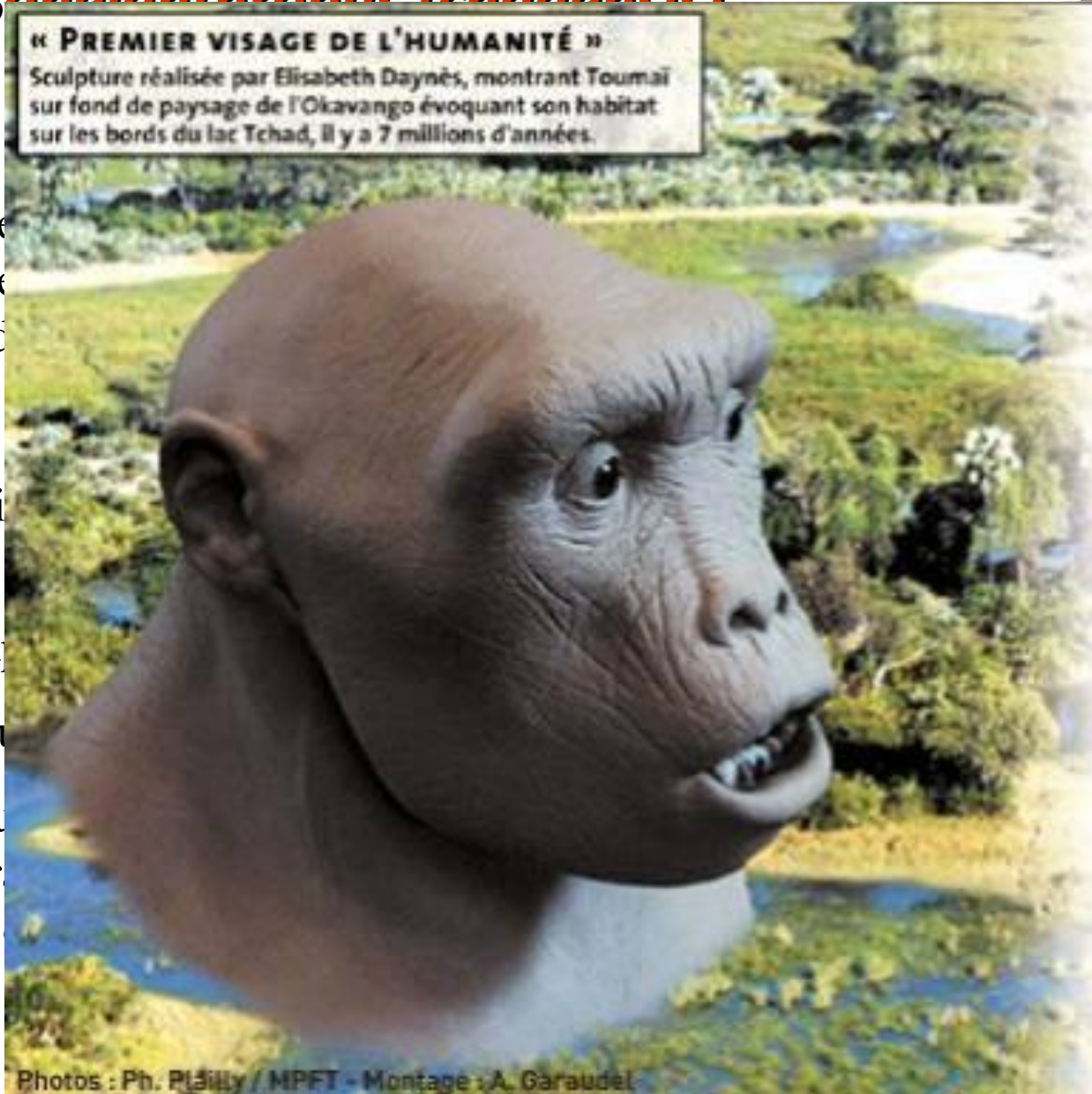
Face plus a

Canines cou

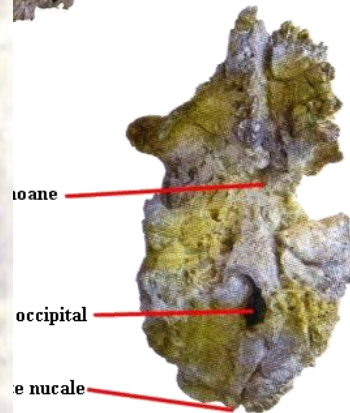
Mesurait qu

Capacité cr

(360 à 370



Photos : Ph. Plailly / NPFT - Montage : A. Garaudel

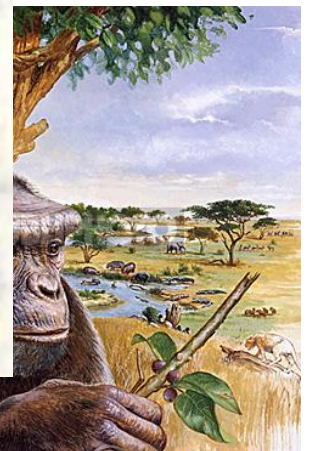


occipital

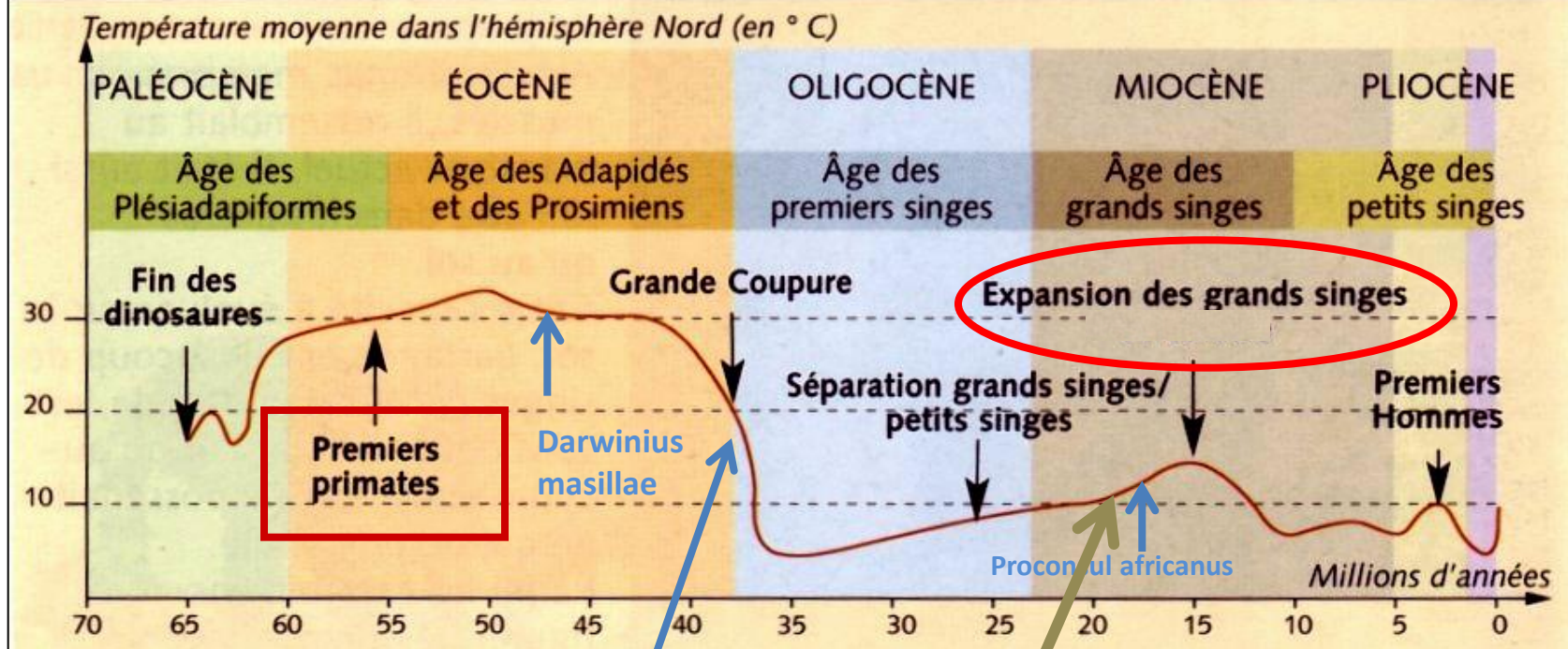
occipital

nucale

Toumaï



Les variations du climat depuis 60 millions d'années



Beaucoup d'espèces de singes disparaissent suite à l'important refroidissement du début de l'oligocène.

À partir de -20 MA : le climat devient plus sec en Afrique de l'Est; la savane boisée gagne sur la forêt tropicale humide. Ces conditions profitent **aux grands singes** ((homoïdes) aux dépens des petits singes. Les grands singes constituent même, un moment, 90% des espèces de singes (c'est l'inverse aujourd'hui).