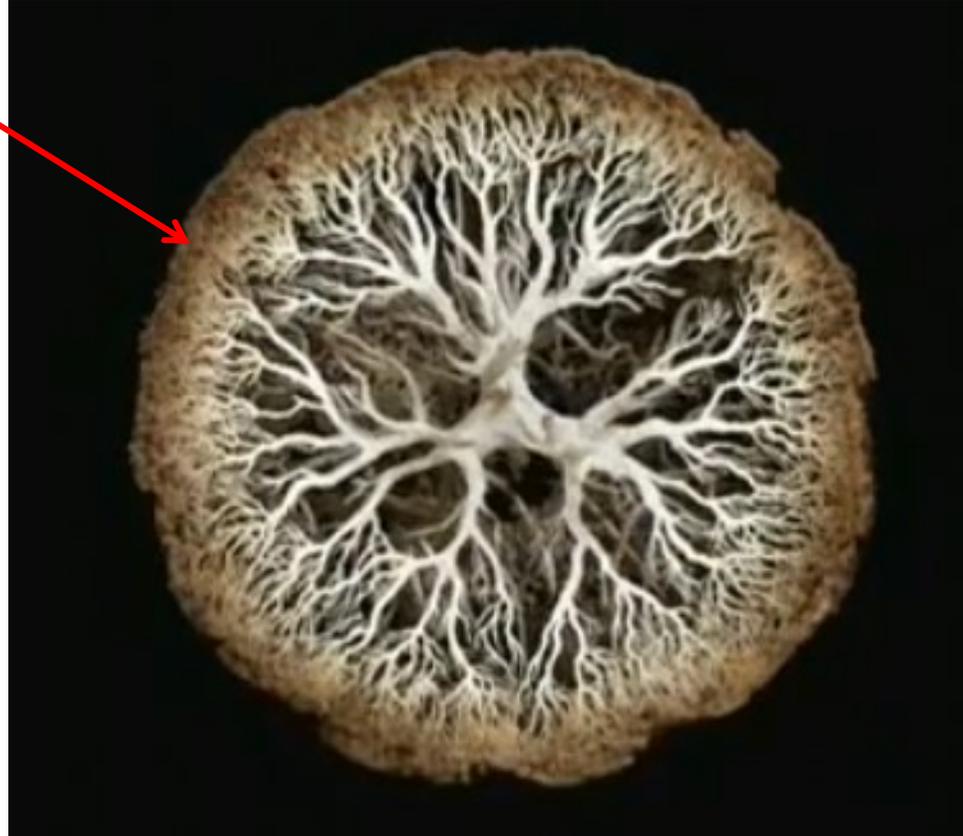


## **Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme**



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

L'Homme, Homo sapiens  
- résultat de l'évolution  
- perpétuelle évolution.

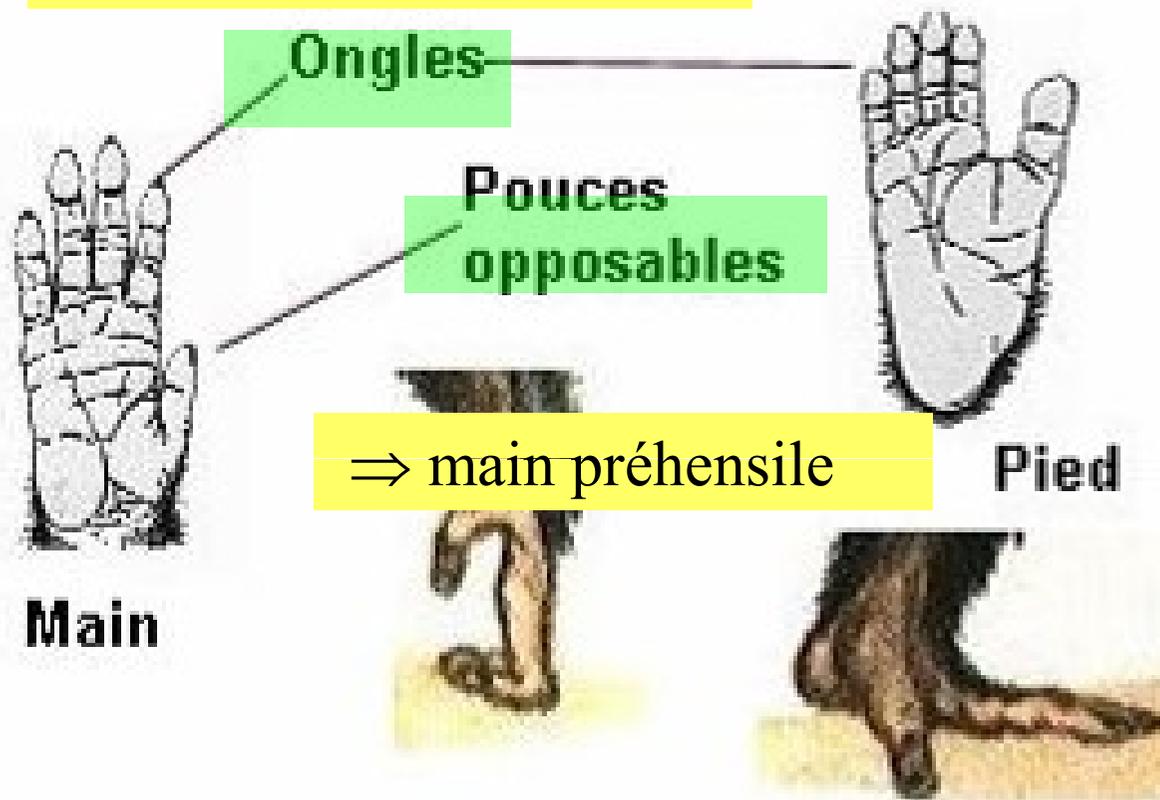
Son histoire évolutive fait partie de celle des primates.

## **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



Main

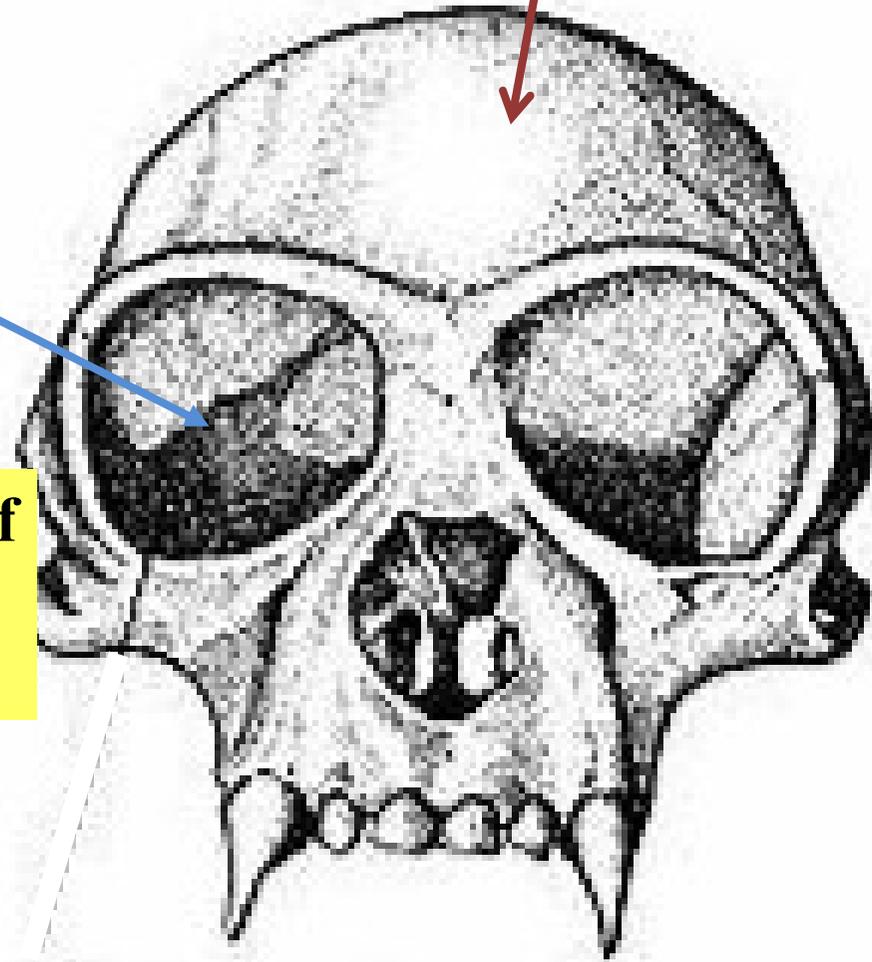
Pied

# Caractéristiques des primates

**cortex cérébral développé**

**Grande orbite  
+ cortex visuel  
développé**

**une vision en relief  
et en couleur**

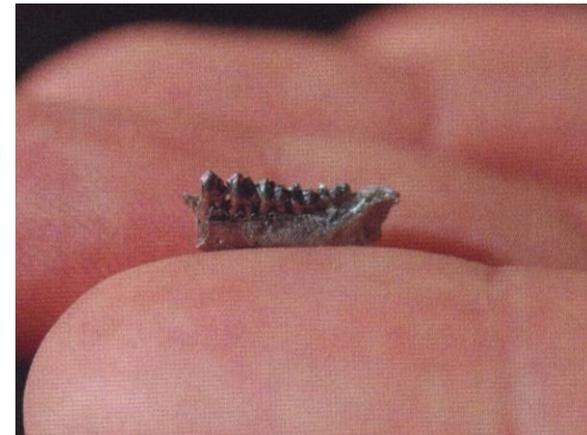


## Plus anciens fossiles de primates

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



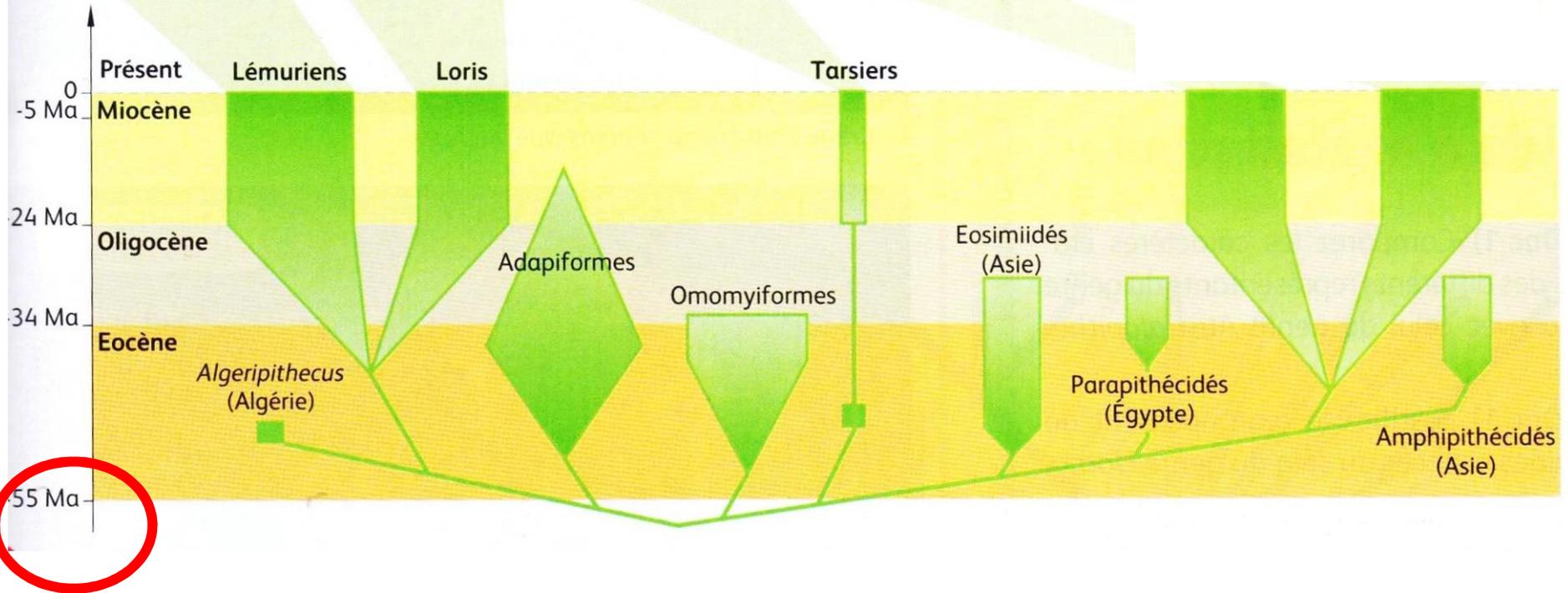
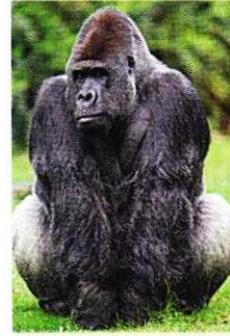
**Darwinius masillae - 47 Ma**



**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

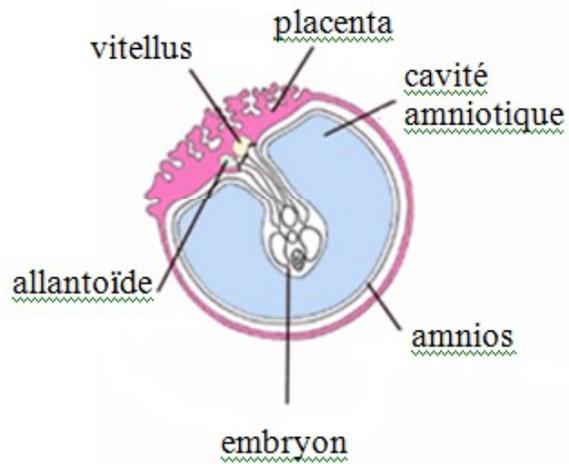
- caractères morphologiques
- caractères anatomiques.

# Reconstituer une histoire évolutive

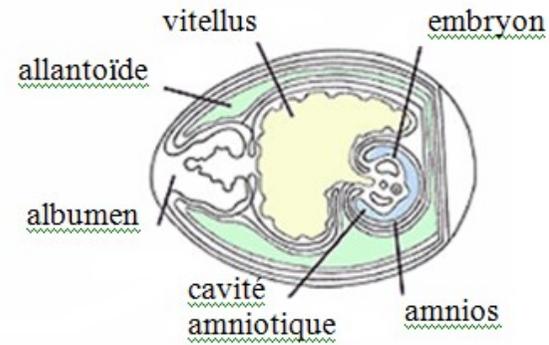


# Annexes embryonnaires de quelques vertébrés

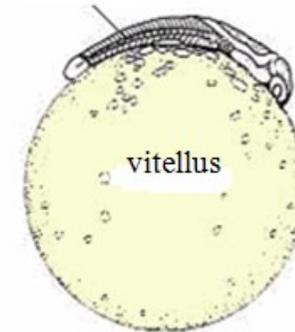
## CHIEN



## MESANGE



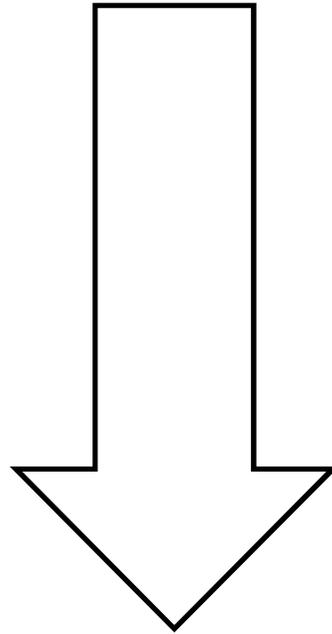
## embryon



## SARDINE

## Deux états d'un caractère

État ancestral



**Etat dérivé = innovation évolutive**

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

Pour un caractère, on peut donc définir:

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

## Choix d'un extragroupe



**Il possède tous les caractères à l'état ancestral**

**EXTRAGROUPE**

Compléter la matrice et faire l'arbre.

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= phylogénie

Taxons--	caractères		
	vertèbres	amnios	placenta
<b>Chien</b>	1	1	1
<b>Mésange</b>	1	1	0
<b>Sardine</b>	1	0	0

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

1 : état dérivé = innovation

Chien

Mésange

Sardine

Ver de terre

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**

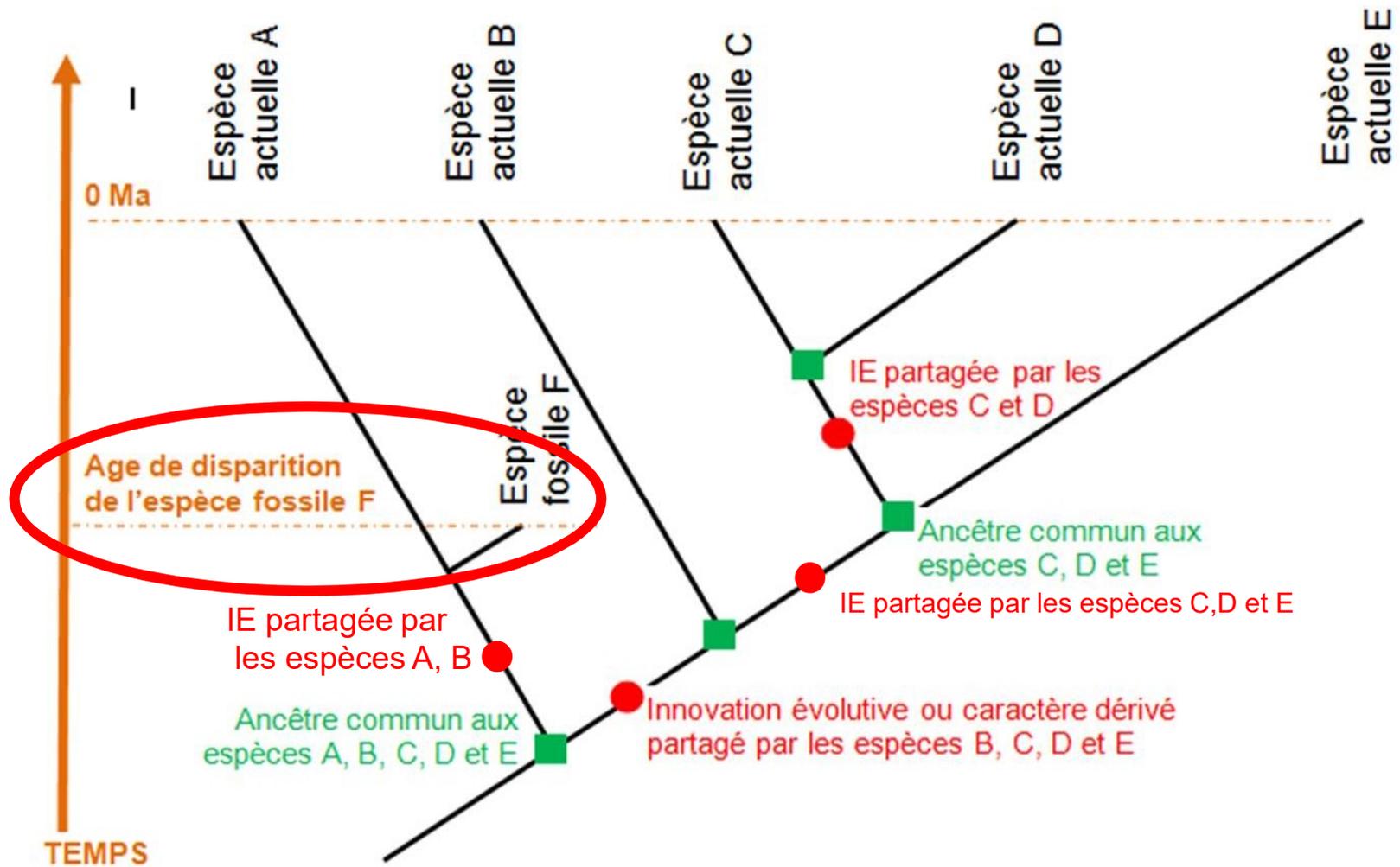
**Peu de caractères  
dérivés partagés**

**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

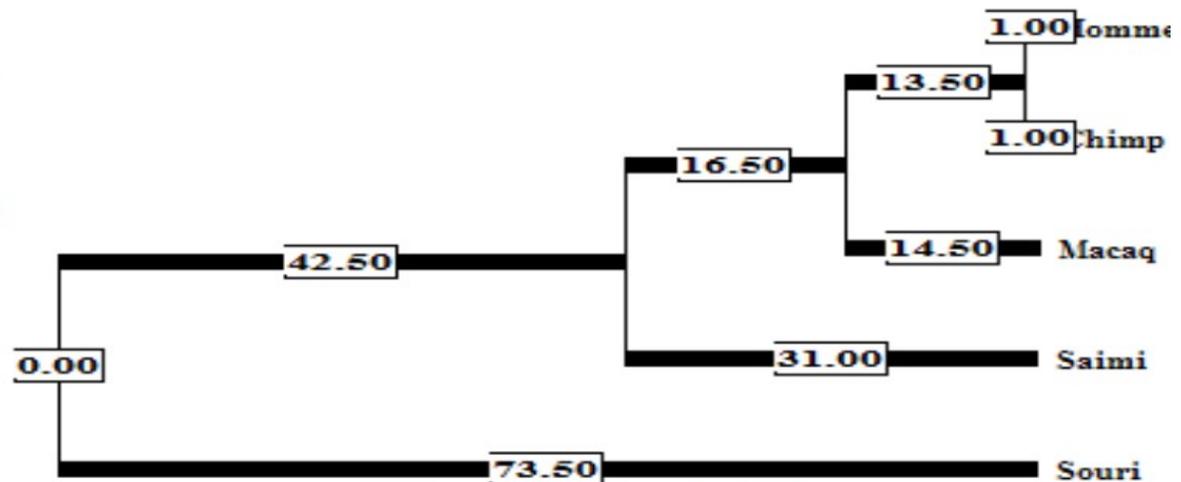
### Comparaison des séquences de nucléotides du gène de l'opsine bleue chez différents vertébrés

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Homme	A	T	G	A	G	A	A	A	A	A	T	G	T	C	G	G	A	G	G	A	A	G	A	G	-	-	-	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A						
Macaq	A	T	G	A	G	A	A	A	G	A	T	G	T	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	G	A	A	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A						
Chimp	A	T	G	A	G	A	A	A	A	A	T	G	T	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	-	-	-	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A						
Saimi	A	T	G	A	G	C	A	A	G	A	T	G	C	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	G	A	G	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	G	A	A	C	A	T	C	T	C	C	T	C	G						
Souri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	T	G	T	C	A	G	G	A	G	A	G	A	G	A	T	G	A	C	T	T	T	T	A	C	C	T	G	T	T	T	C	A	G	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	G					

	Homme	Macaq	Chimp	Saimi	Souri
Homme	0	29	2	64	138
Macaq		0	29	61	145
Chimp			0	62	138
Saimi				0	152
Souri					0

Nombre de différences

Demi matrice des distance



Arbre phylogénétique

## 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.**

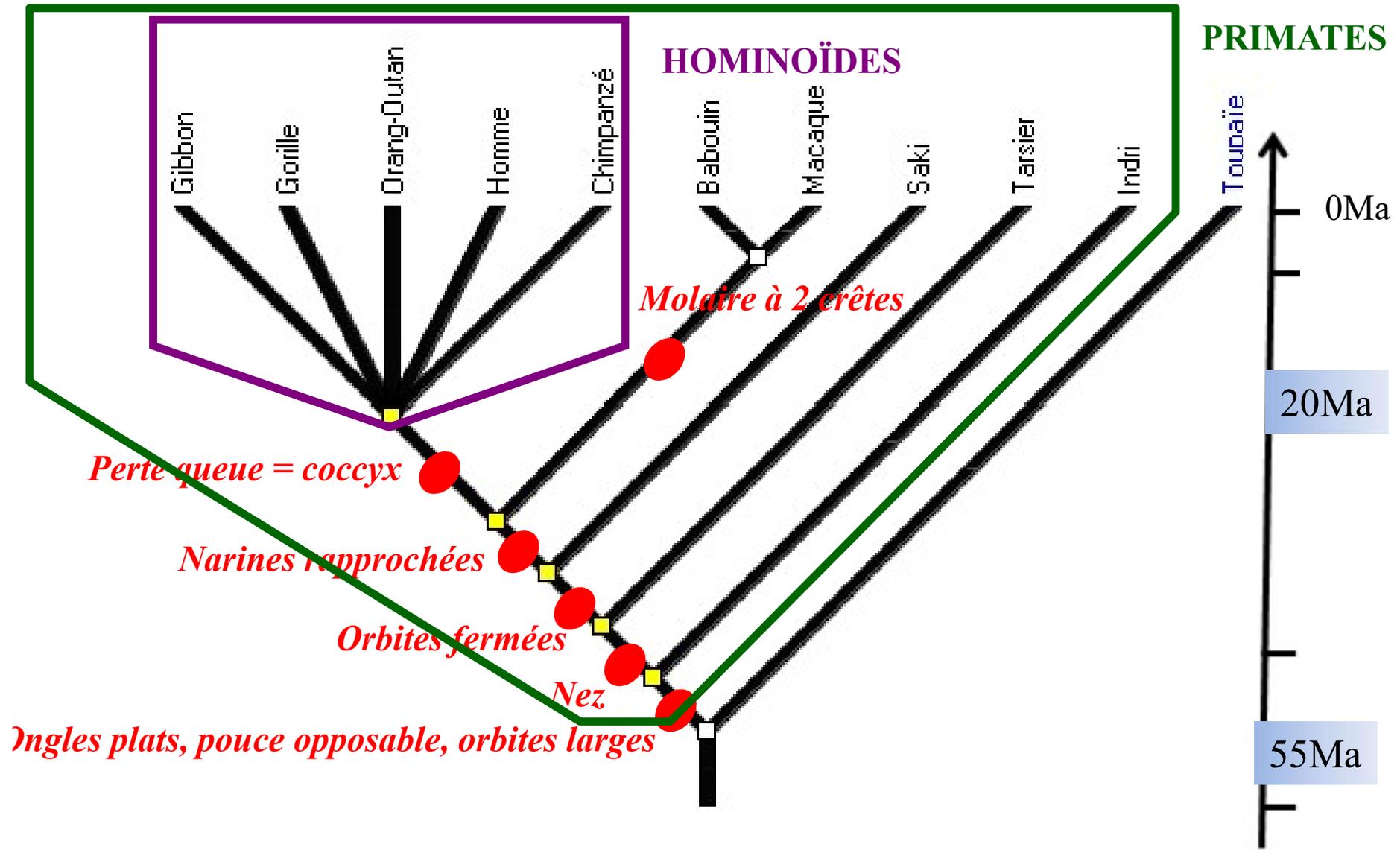
#### **A. Reconstituer une histoire évolutive.**

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

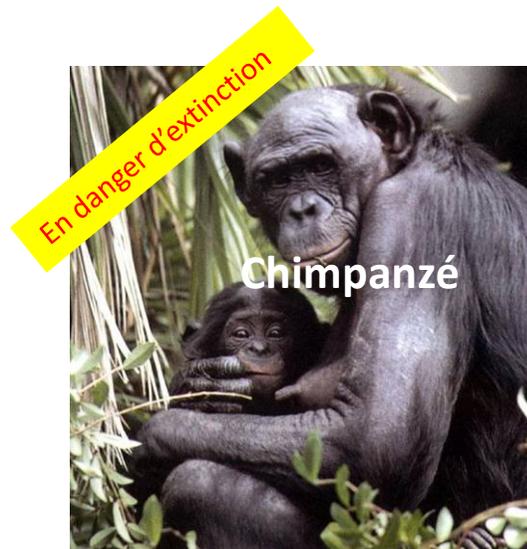
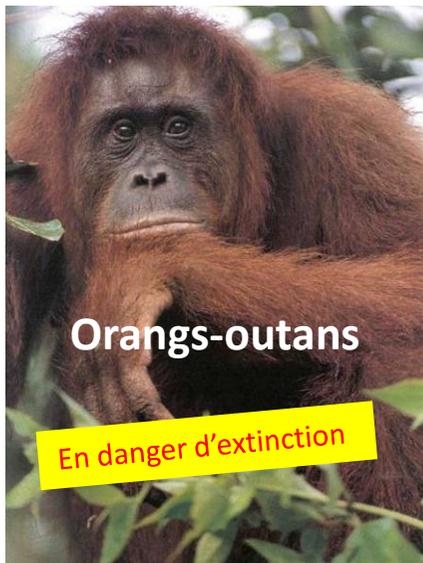
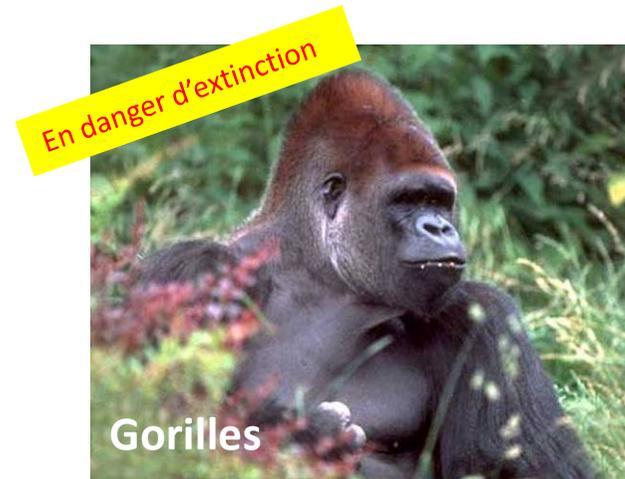
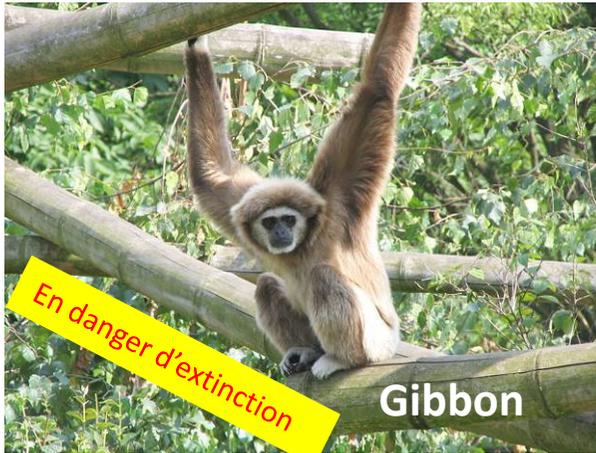
## Place de l'Homme parmi les primates : matrice de caractères

	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**



# Confirmation avec l'utilisation d'autres molécules

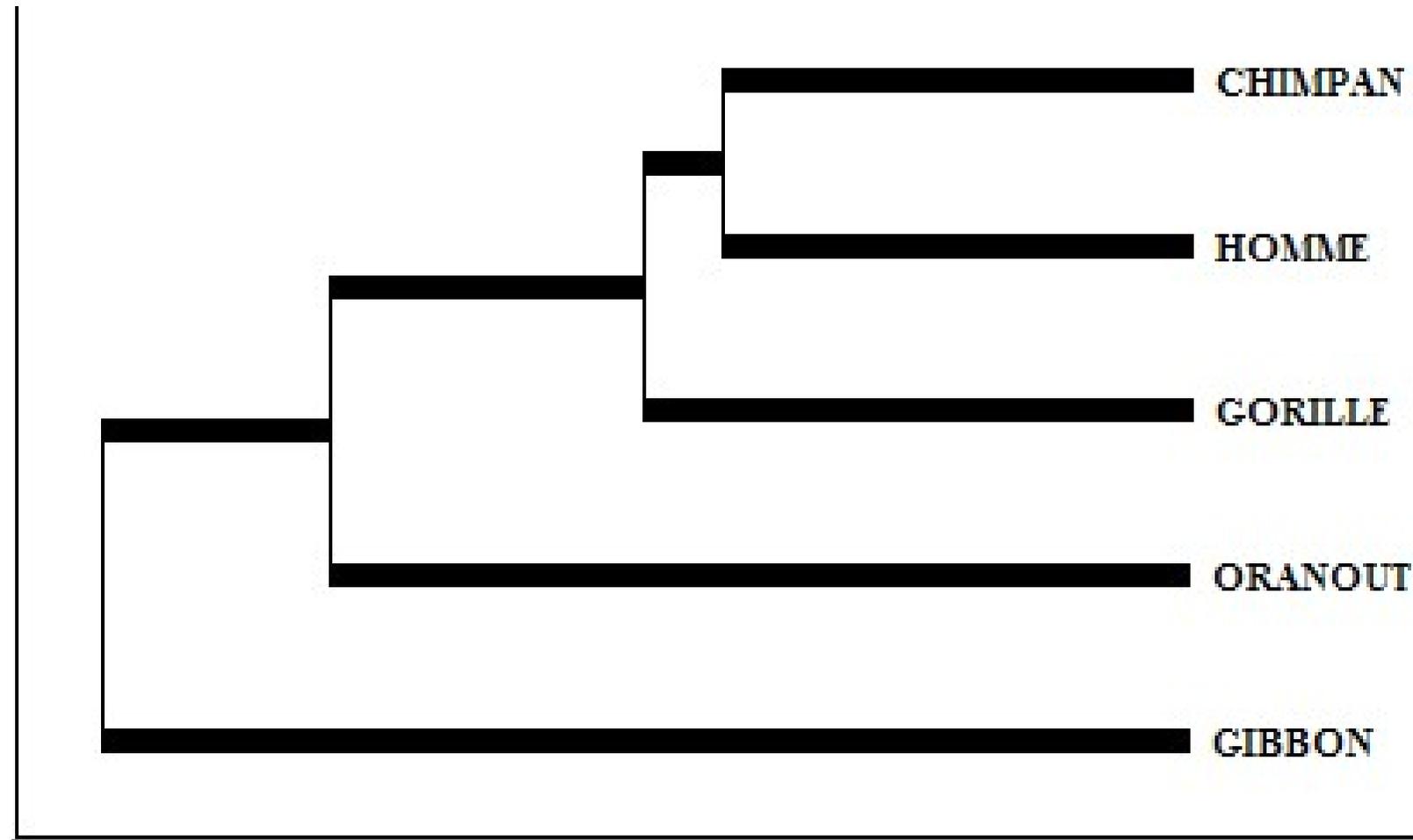
Comparaison de la séquence d'acides aminés d'une enzyme : la cycloxydase

				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	

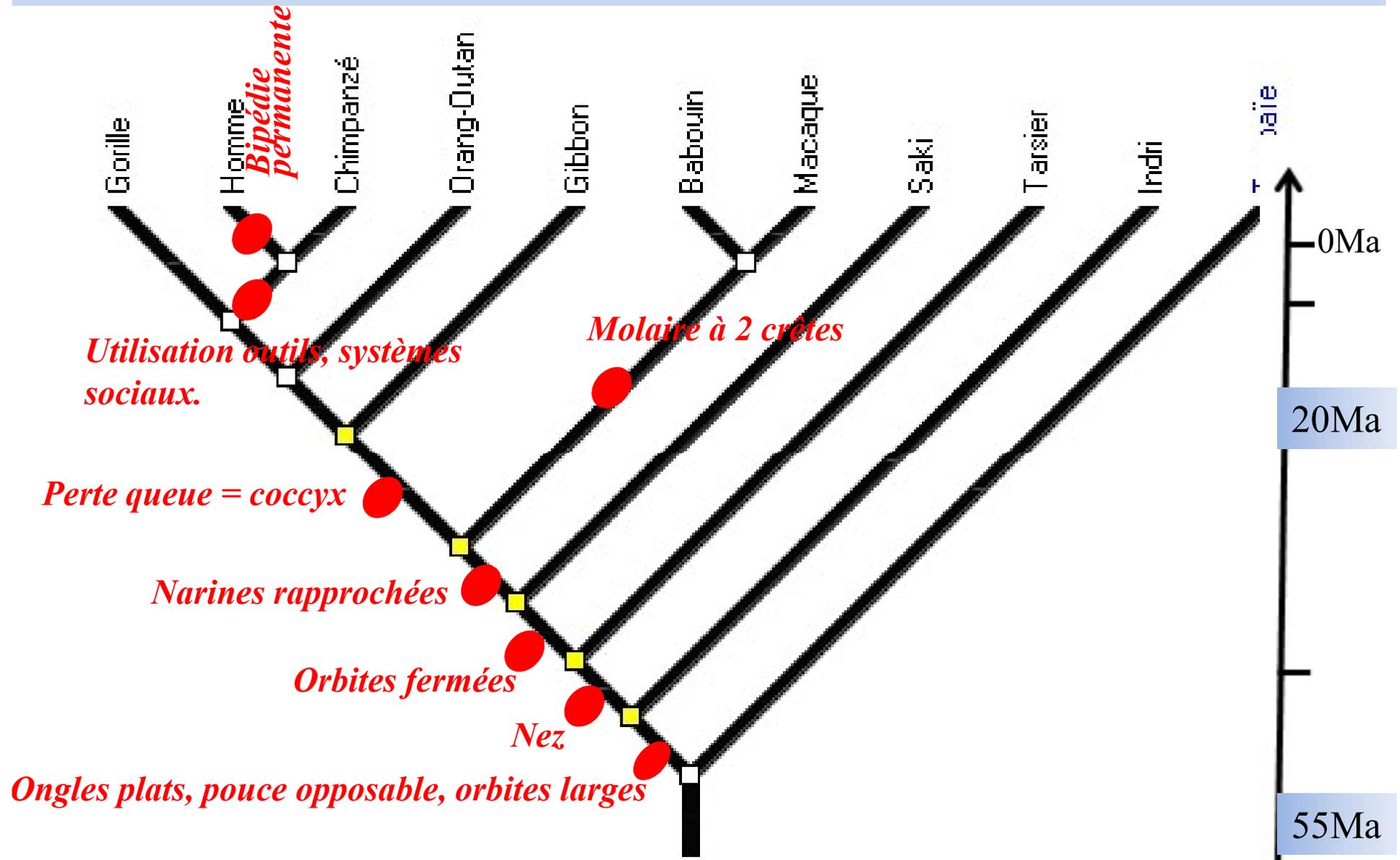
## Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

	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

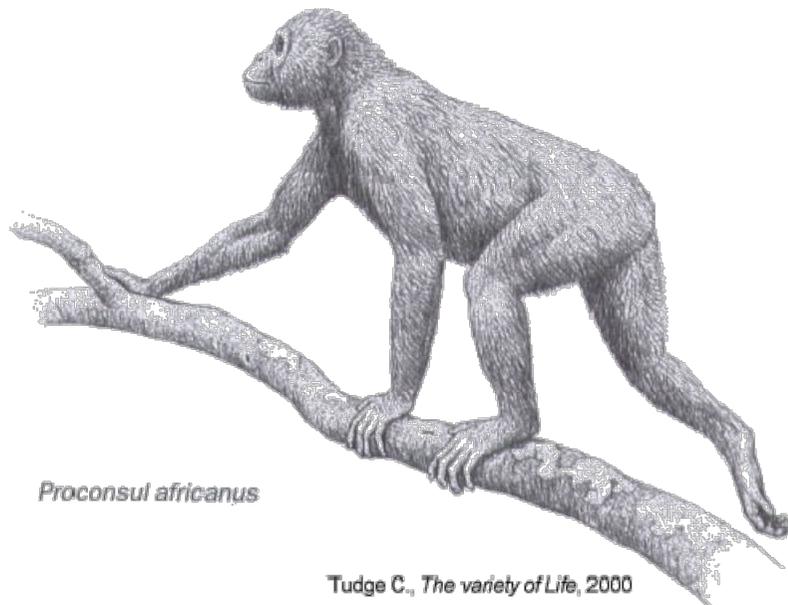


# Histoire évolutive des primates



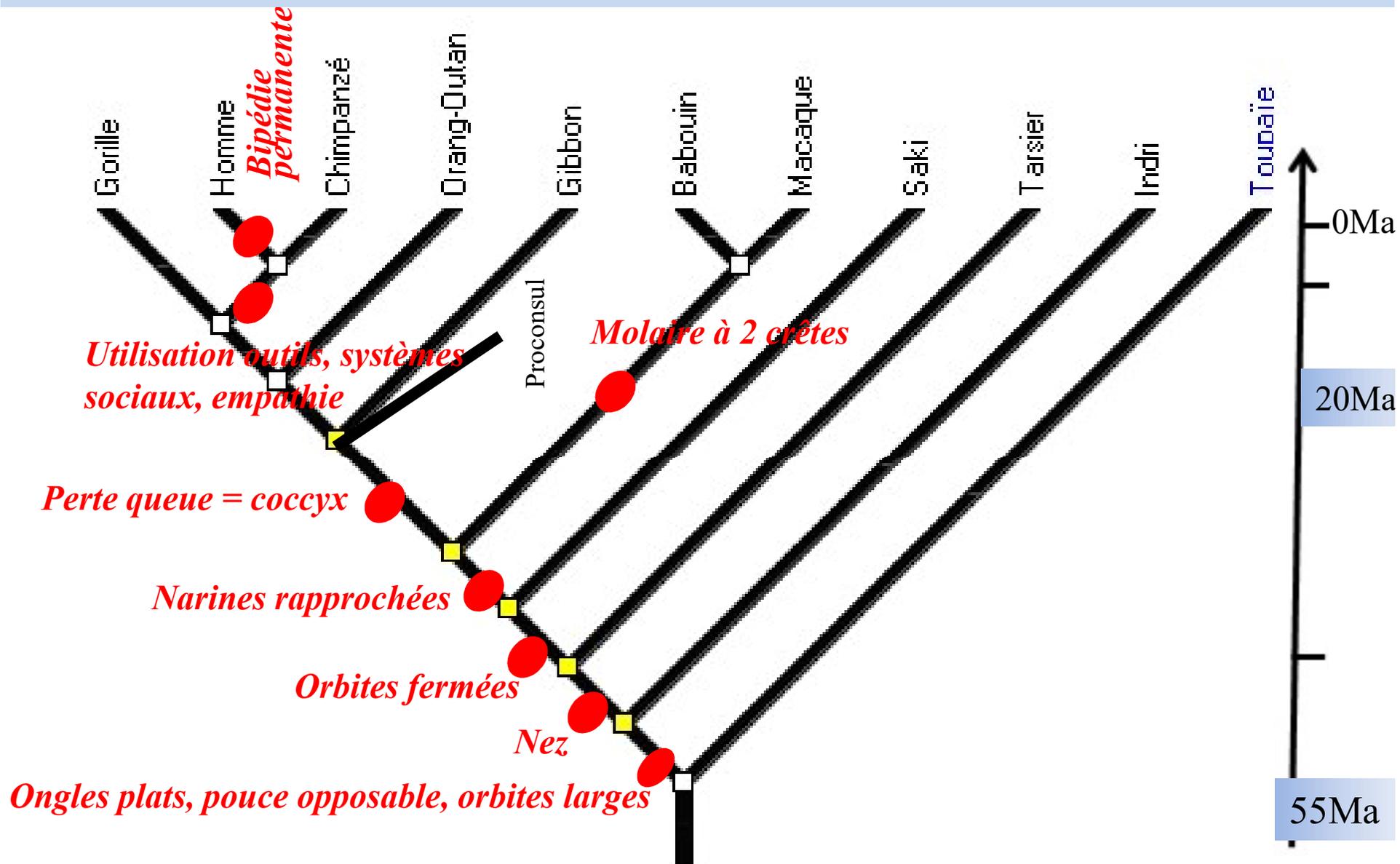
# Place du fossile *Proconsul*

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 cm<sup>3</sup>), ressemble à celui des gibbons. Cependant, les différentes espèces de *Proconsul* présentent certaines caractéristiques que l'on ne retrouve chez aucun autre hominoïde actuel.

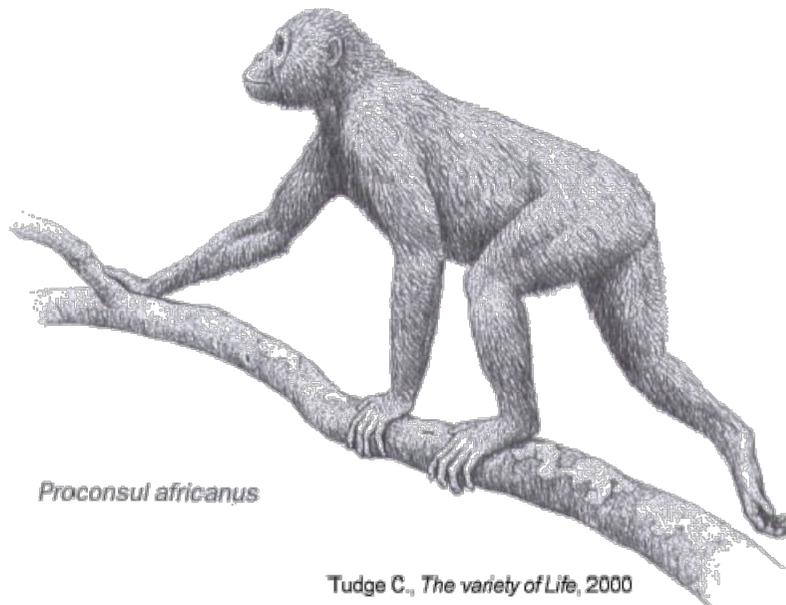
# Histoire évolutive des primates



# Place du fossile *Proconsul*

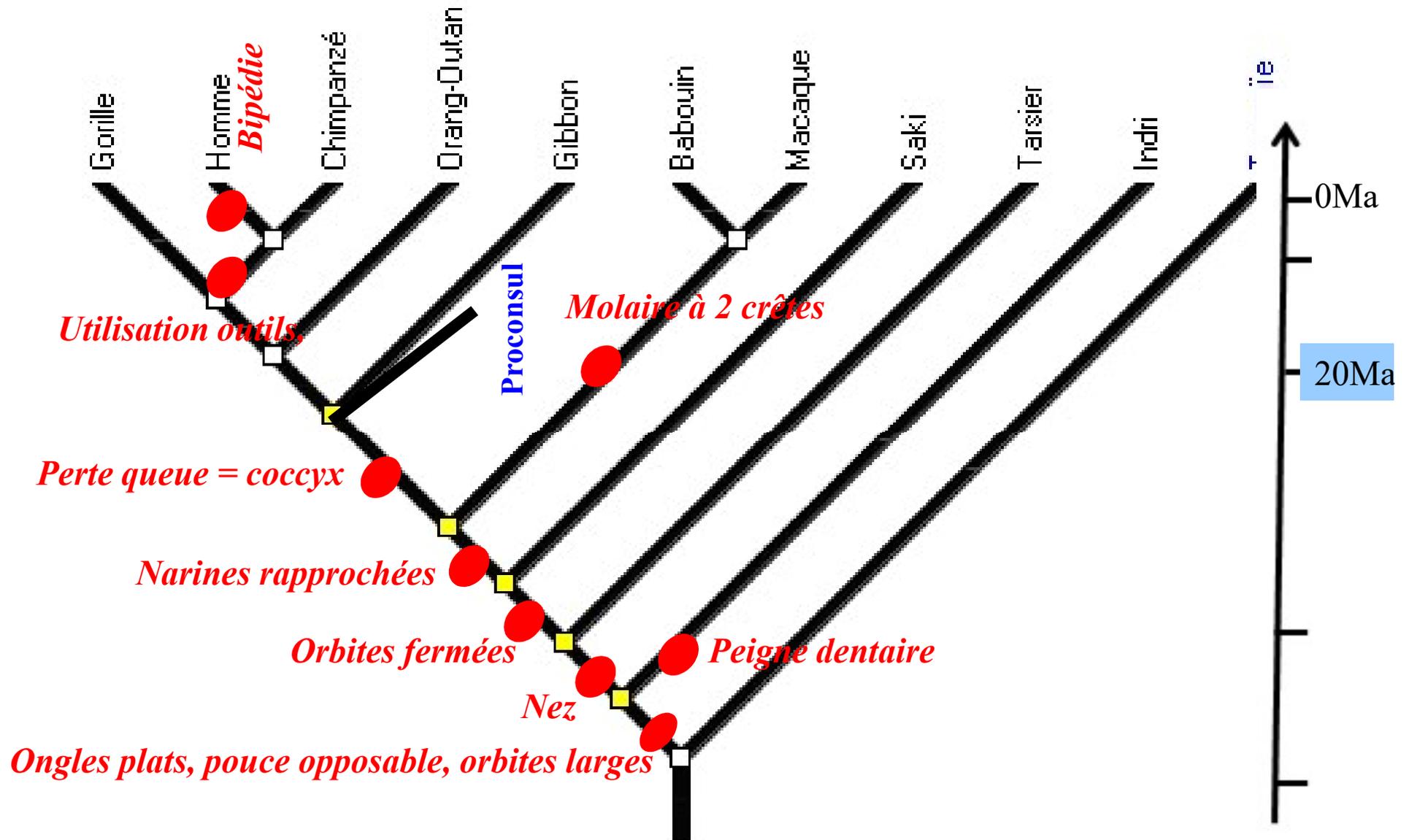
La découverte de fossiles révèle une diversité beaucoup plus grande que ne laisse supposer l'observation des espèces actuelles. Quarante-sept espèces différentes d'hominoïdes fossiles sont aujourd'hui répertoriées.

## *Proconsul* -18 Ma



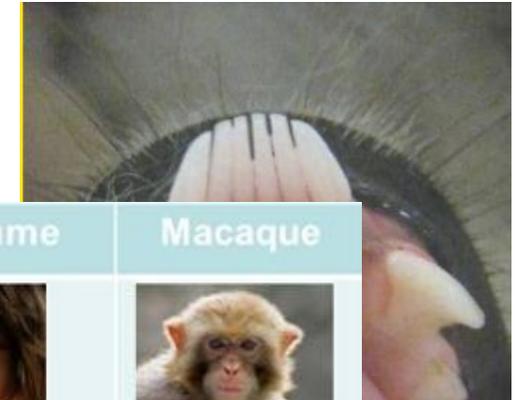
Le principal fossile de *Proconsul africanus* est daté de - 18 Ma. L'étude du squelette montre que cette espèce était quadrupède arboricole et probablement dépourvue de queue. Le crâne, **prognathe** et d'un volume cérébral modeste (180 cm<sup>3</sup>), ressemble à celui des gibbons. Cependant, les différentes 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*

*Darwinius* -47 Ma



	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**

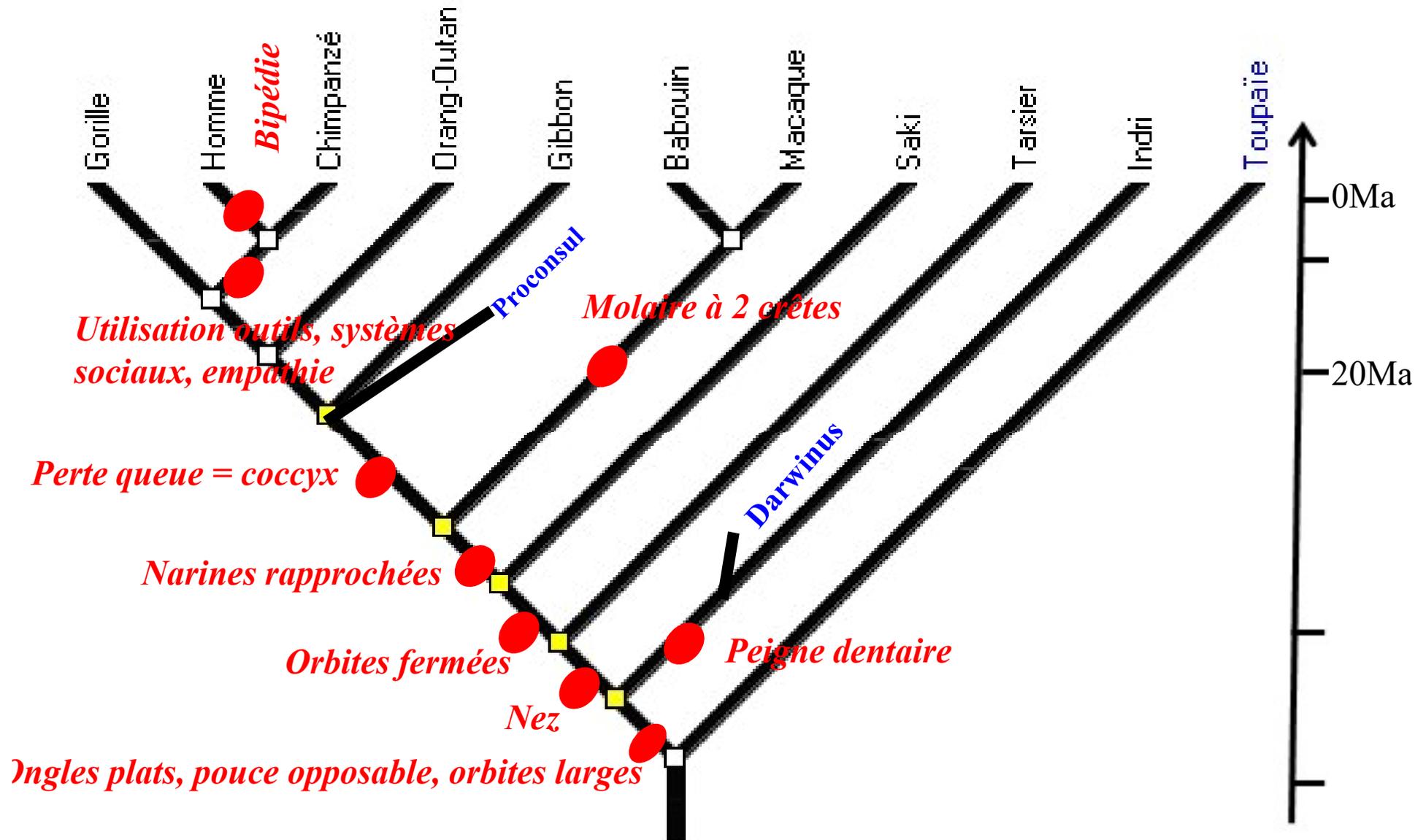
qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « peigne dentaire »).

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

Fossiles :  
appartenant  
(années).  
appelé  
ert dans



# Histoire évolutive des primates



# Place du fossile *Darwinius Masillae*

*Darwinius* -47 Ma



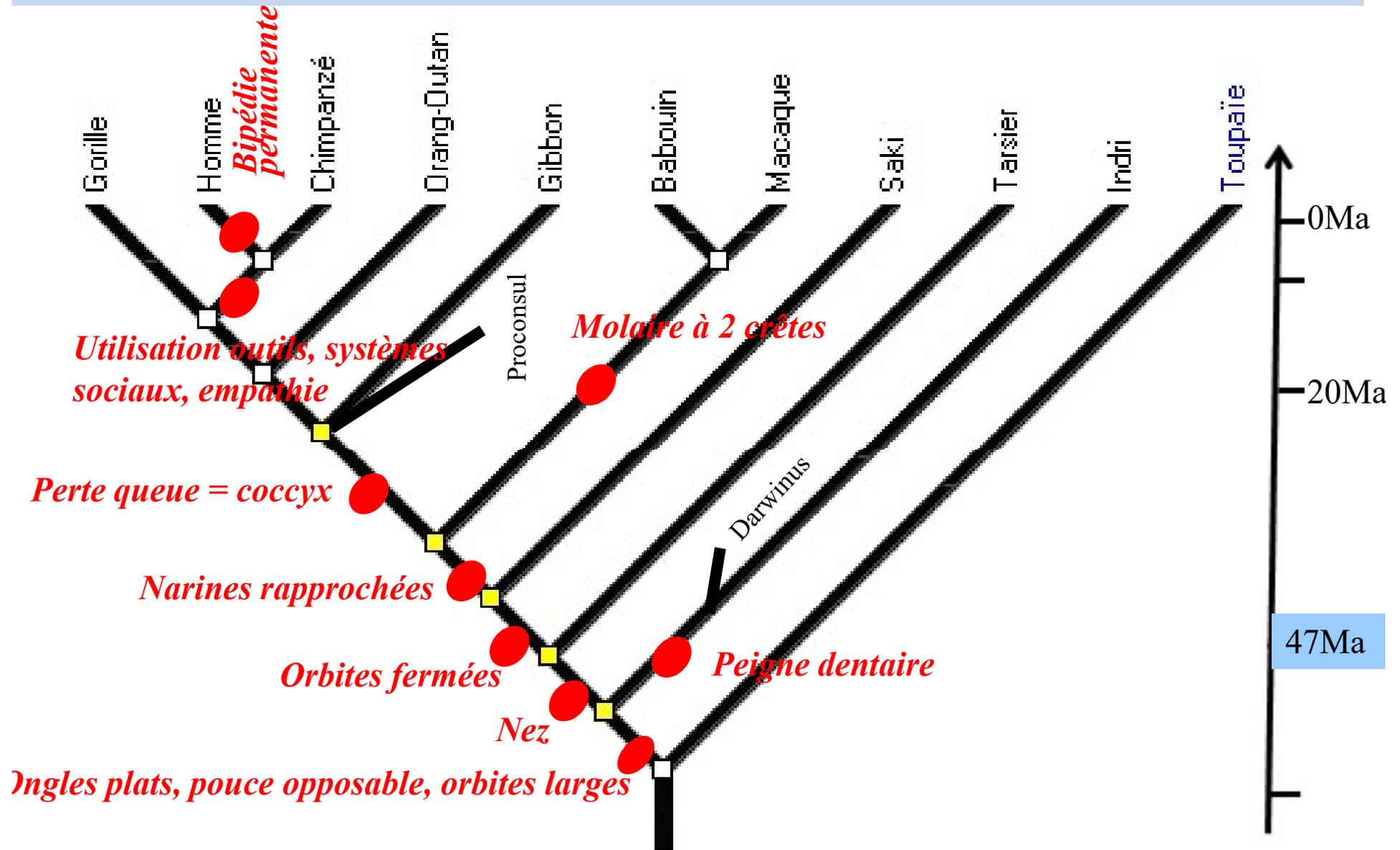
Plusieurs centaines de primates ne sont connues que par l'existence de fossiles : ce sont des espèces aujourd'hui disparues. Les plus anciens fossiles appartenant indiscutablement au groupe des primates datent de – 55 Ma (millions d'années). La photographie **a** présente *Darwinius masillae*, plus communément 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*



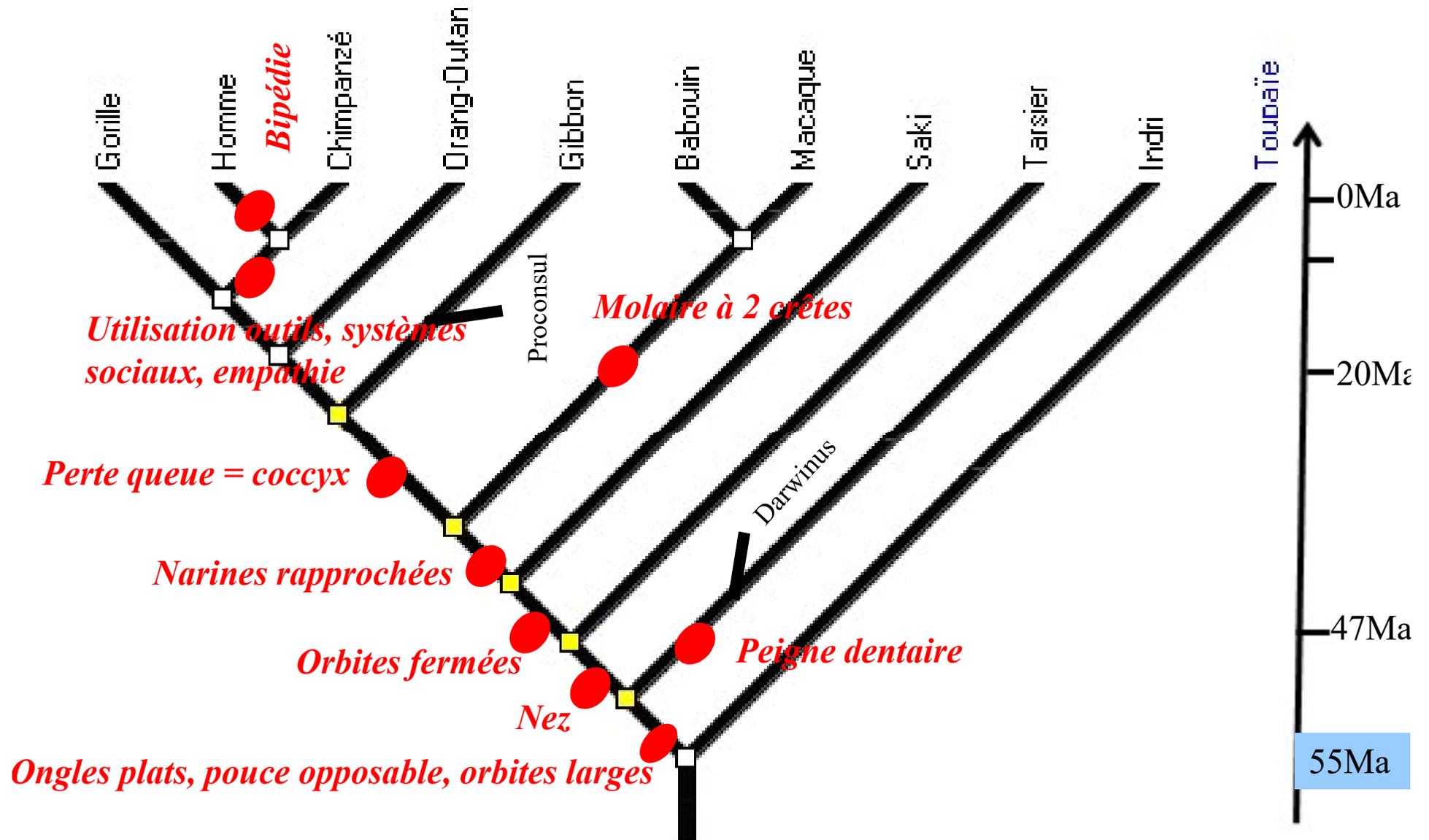
Plusieurs centaines de primates ne sont connues que par l'existence de fossiles : ce sont des espèces aujourd'hui disparues. Les plus anciens fossiles appartenant indiscutablement au groupe des primates datent de - 55 Ma (millions d'années). La photographie **a** présente *Darwinius masillae*, plus communément 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

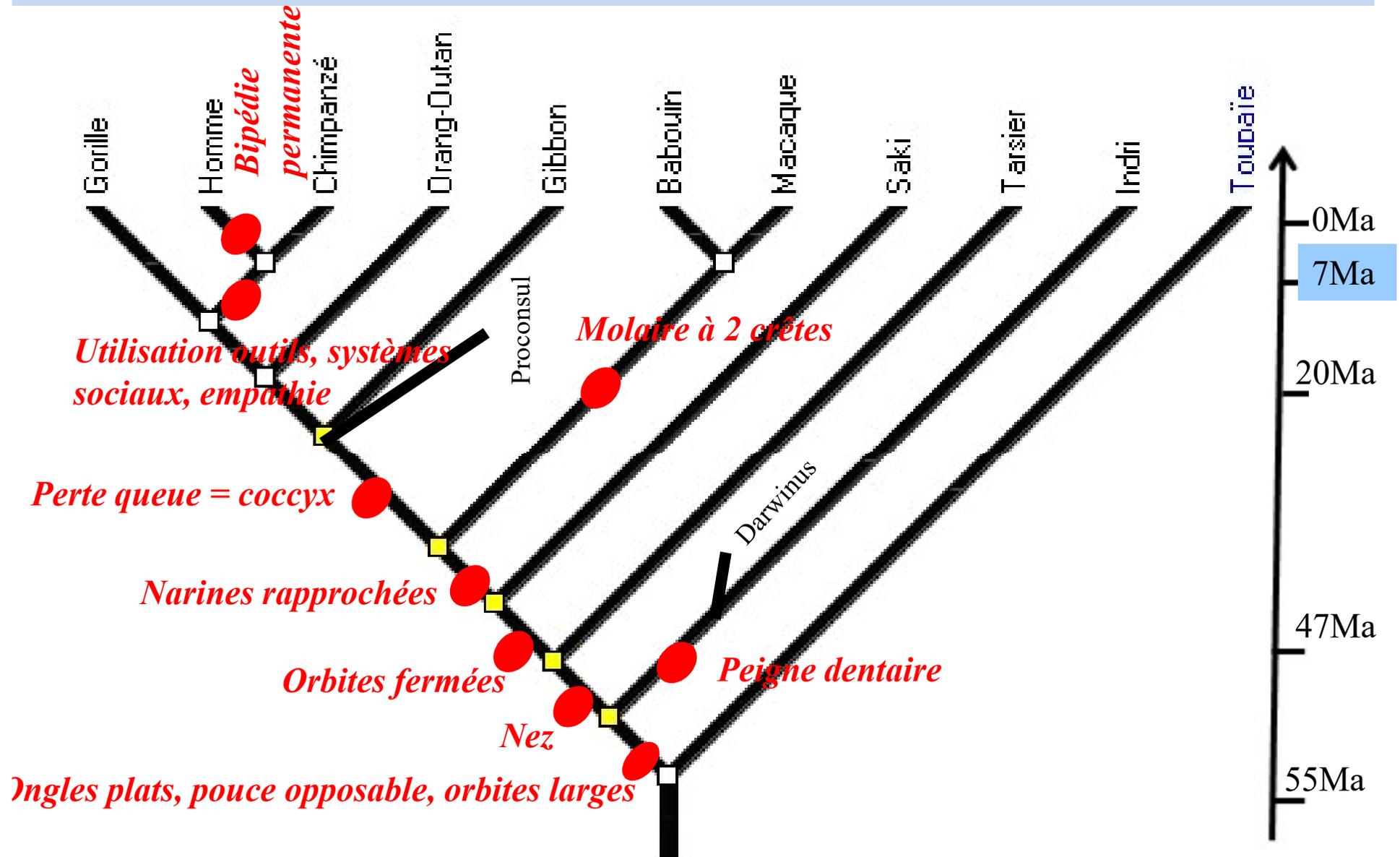


Casser une noix entre deux pierres, l'une servant de marteau et l'autre d'enclume, suppose la mise en relation de trois objets. Cette utilisation d'outils, la plus complexe connue naturellement à ce jour chez les animaux, se rencontre chez les chimpanzés.

« 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

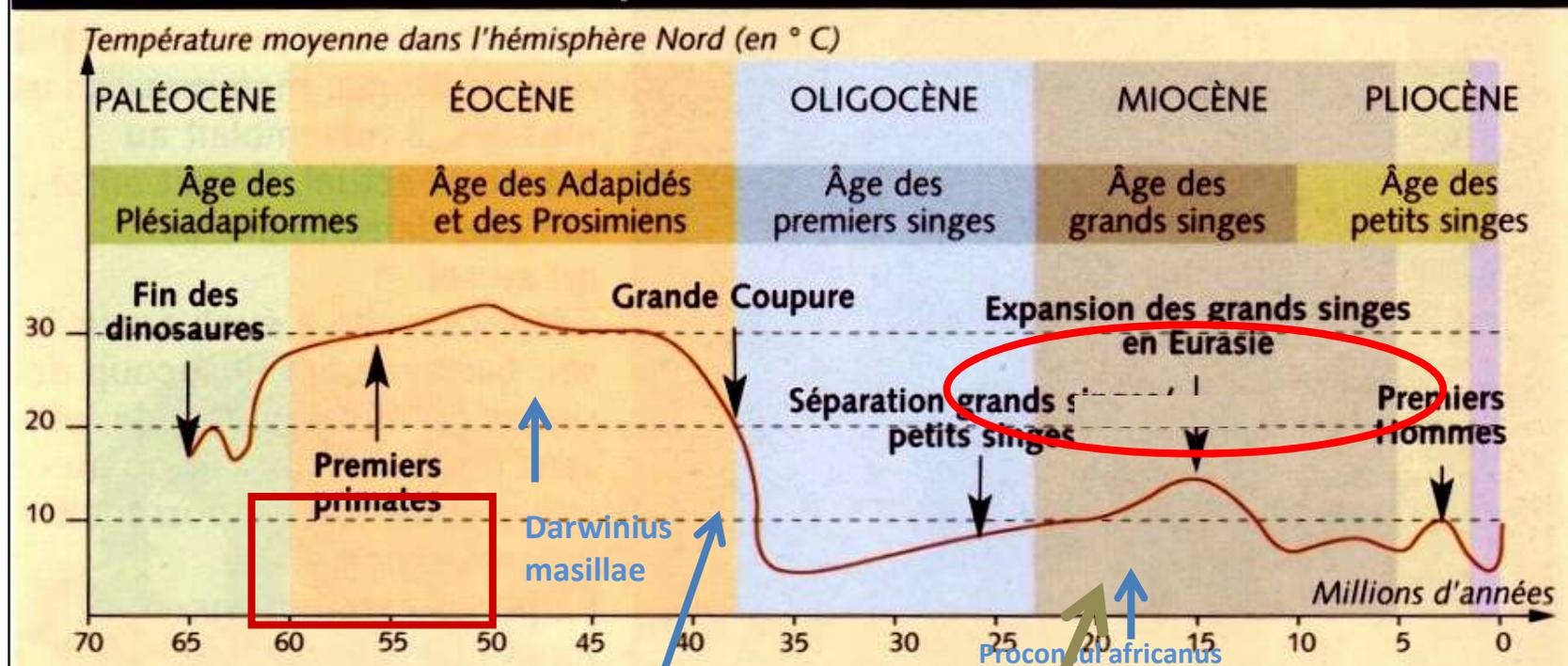


# L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent



- 7 Ma  ancêtre commun

## 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).

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

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

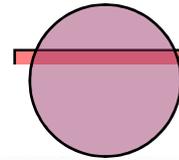
### **A. Reconstituer une histoire évolutive.**

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

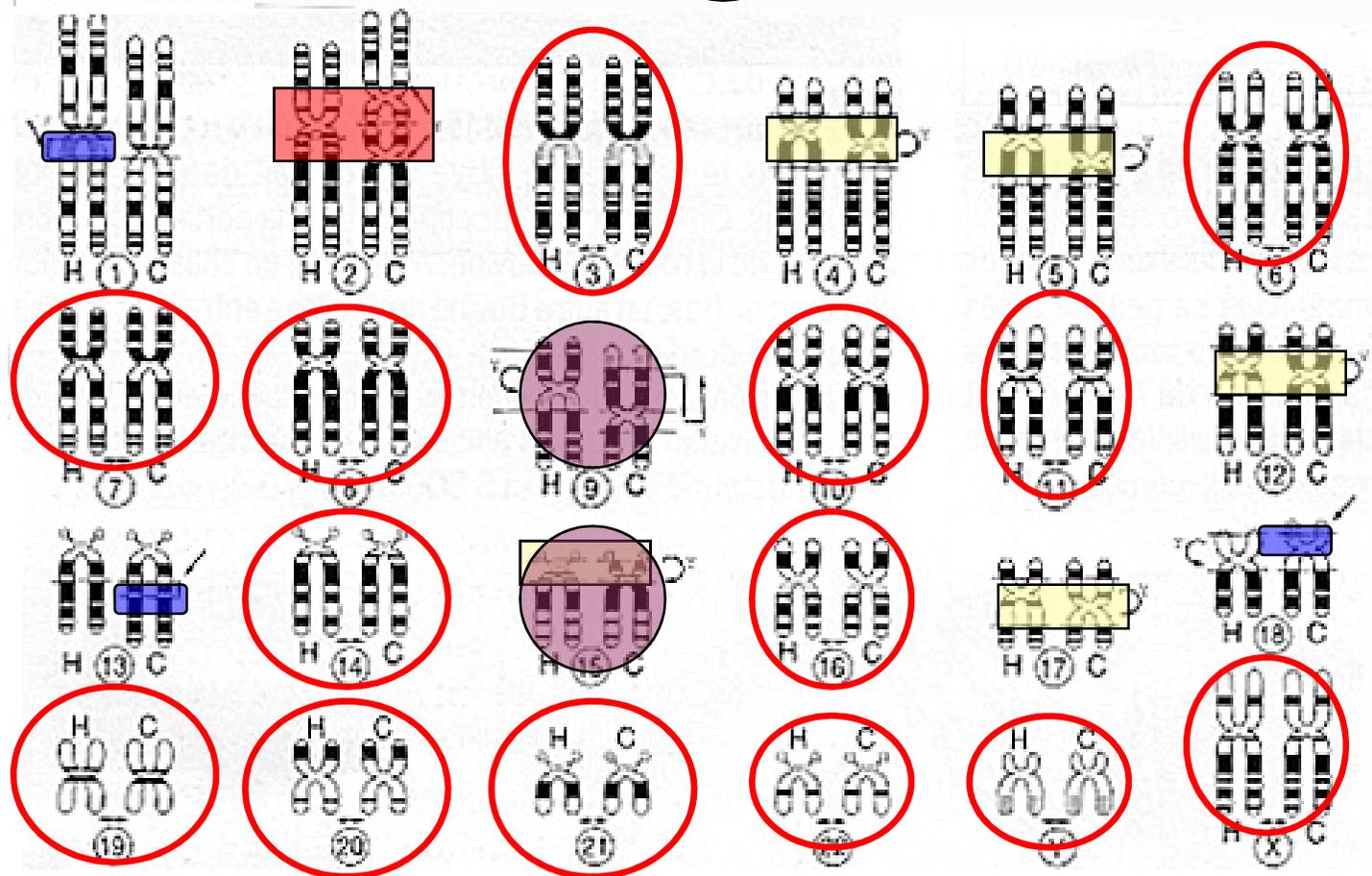
## **II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches**

### **1. Des similitudes génétiques et moléculaires**

# Comparaison des caryotypes de l'Homme et du Chimpanzé



Modifications complexes



# Comparaison des génomes de l'Homme et du Chimpanzé

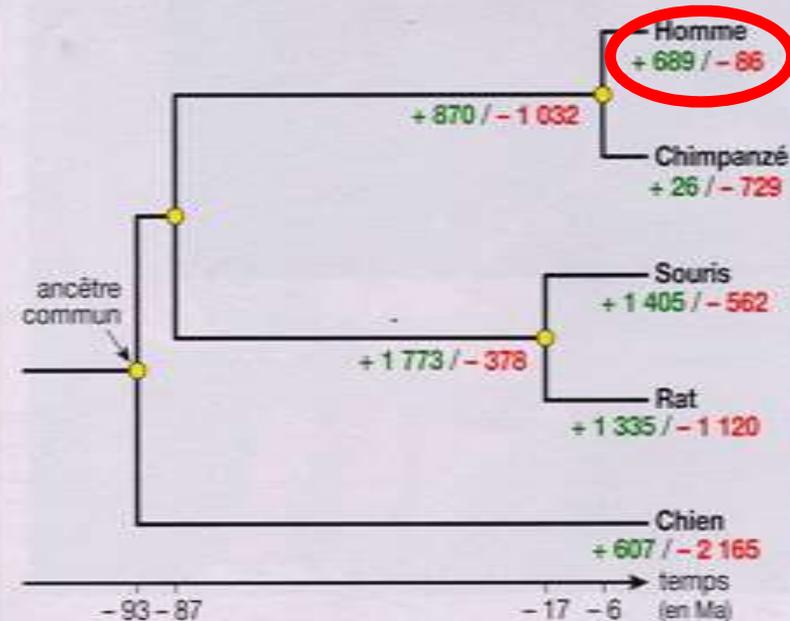
En 2005, le **séquençage** du génome d'un Chimpanzé, peu de temps après celui de l'Homme, a fourni des résultats précis et indiscutables :

- 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).



Doc. 4

Le séquençage des génomes : une similitude et des différences parfois difficiles à interpréter.

# **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.**

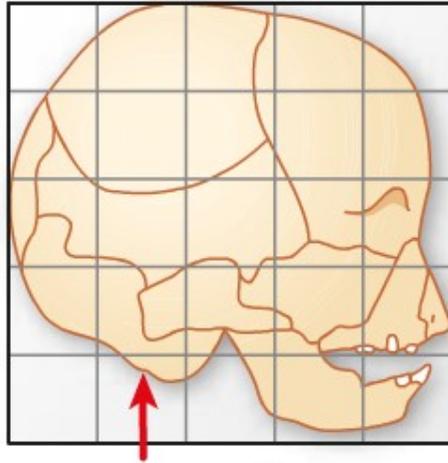
## **II. L'homme et le chimpanzé des espèces très proches**

**A. Des similitudes génétiques et moléculaires**

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

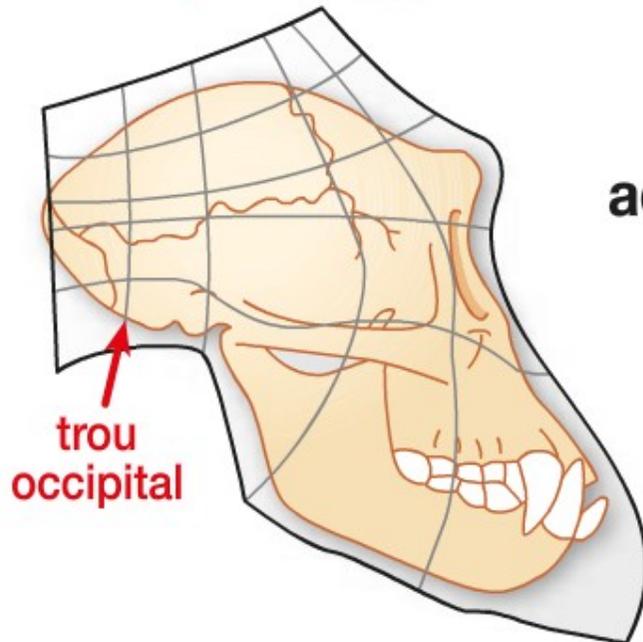
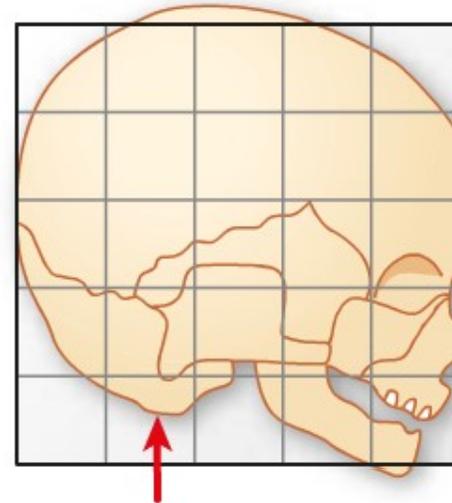
# Le développement du crâne chez l'homme et le chimpanzé

CHIMPANZÉ

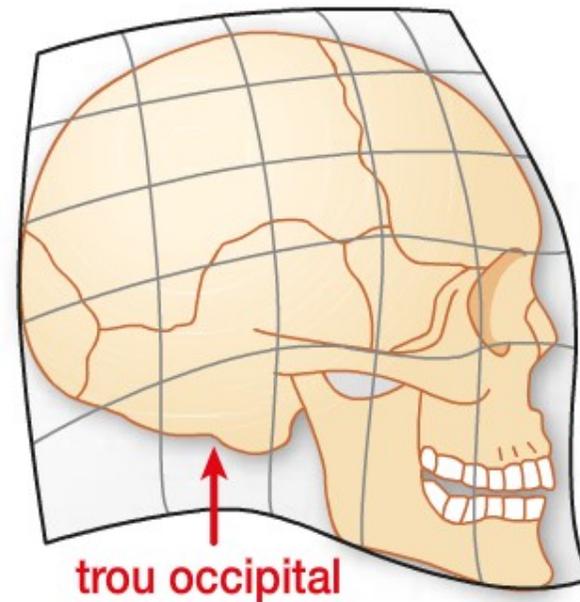


foetus

HOMME



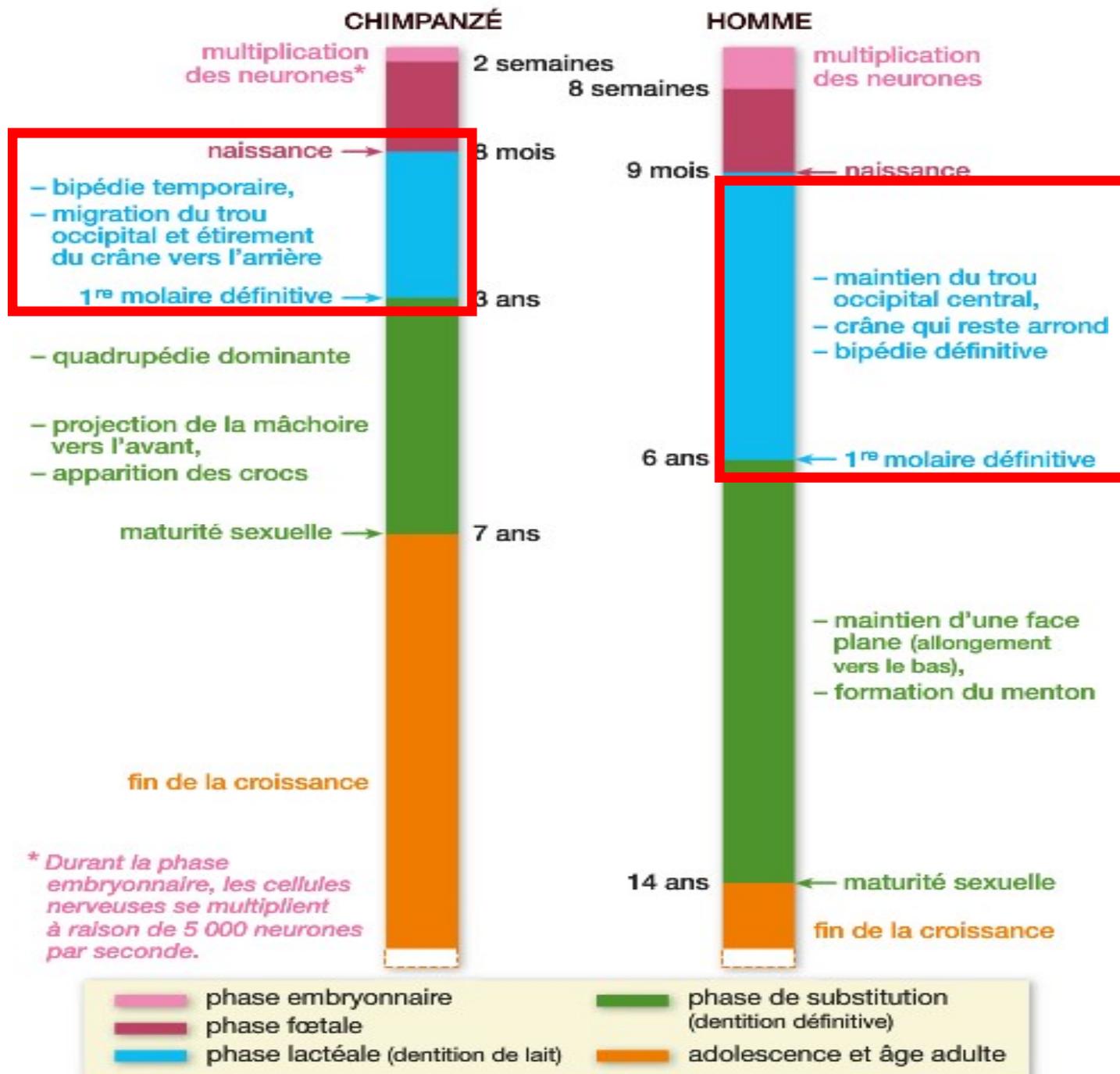
adulte



## Le jeune chimpanzé est bipède



## Chronologie comparée du développement



Chez l'Homme, la durée des phases embryonnaire et juvénile est beaucoup plus longue que chez le Chimpanzé et le développement est ralenti

- le crâne reste haut et la face reste plate
- le trou occipital reste en position centrale permettant une bipédie permanente.

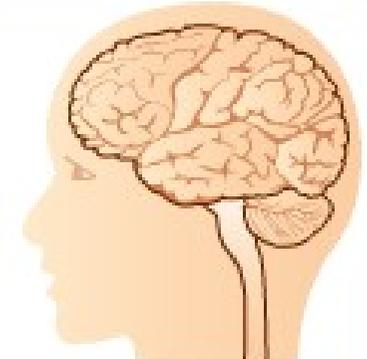
Ces différences sont dues à des variations de la durée et de l'intensité de l'expression de certains gènes intervenant dans le développement (ex gène ASPM cf p 87).

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.

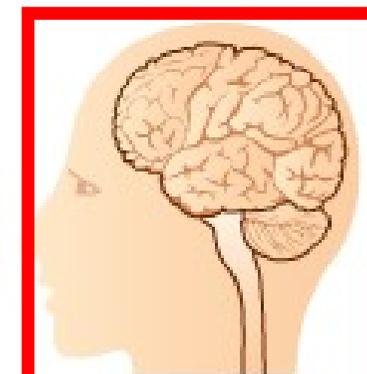
Des comparaisons génétiques ont montré que le gène ASPM fait partie des gènes qui ont connu une évolution récente dans l'histoire de la lignée humaine. Cependant, l'impact réel de la mutation de ce gène dans les processus évolutifs n'a pas été démontré. Beaucoup d'autres gènes sont exprimés différemment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

# Une mutation d'un gène de développement

**Gène ASPM**



**Protéine qui détermine la durée de la multiplication des cellules souches du cortex**

**Si muté chez l'homme**

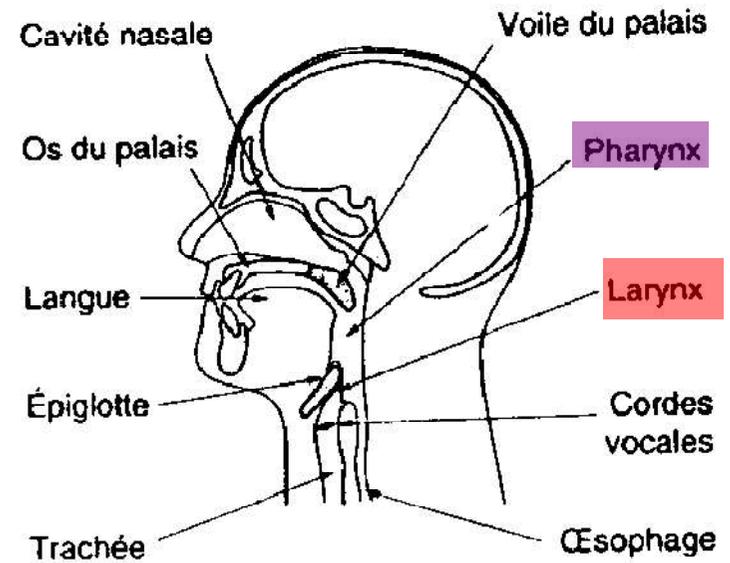
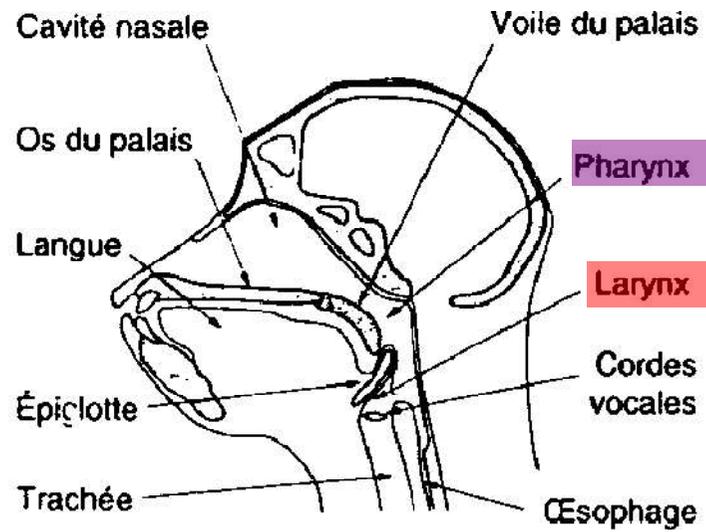


développement normal



microcéphalie

# 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**



