



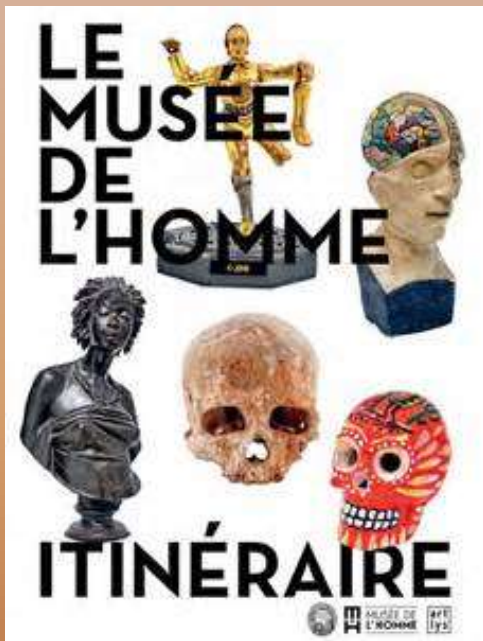
# L'évolution des Hominidés : enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement



Patricia Crépin-Obert & Damien Jaujard

20 juin 2016





Approches didactiques

Approche muséale

# Evolution des Hominidés



Approche historique

Approches scientifiques



# Approche muséale



**Dominique Grimaud-Hervé**  
(PU, MNHN,  
Département Préhistoire)

# Approches

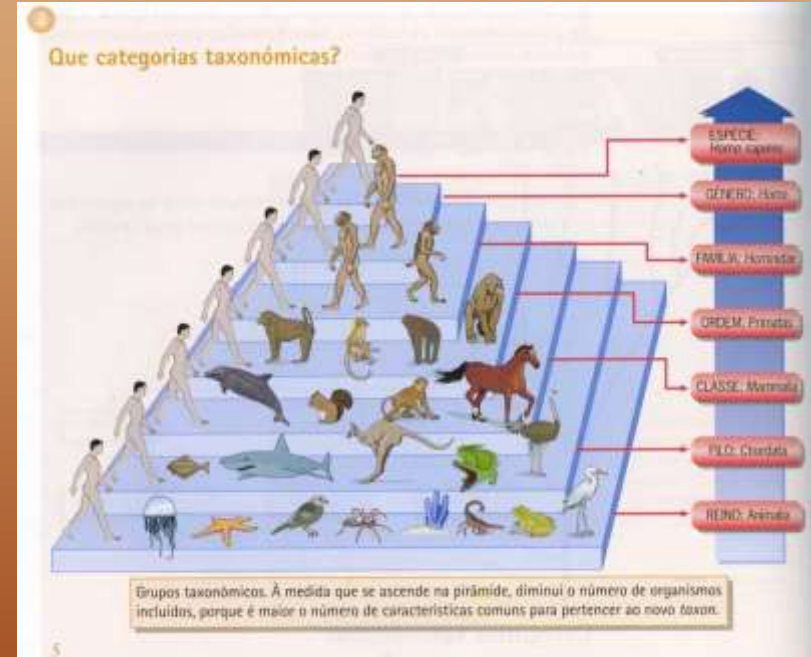


# didactiques



**APPRENDRE**

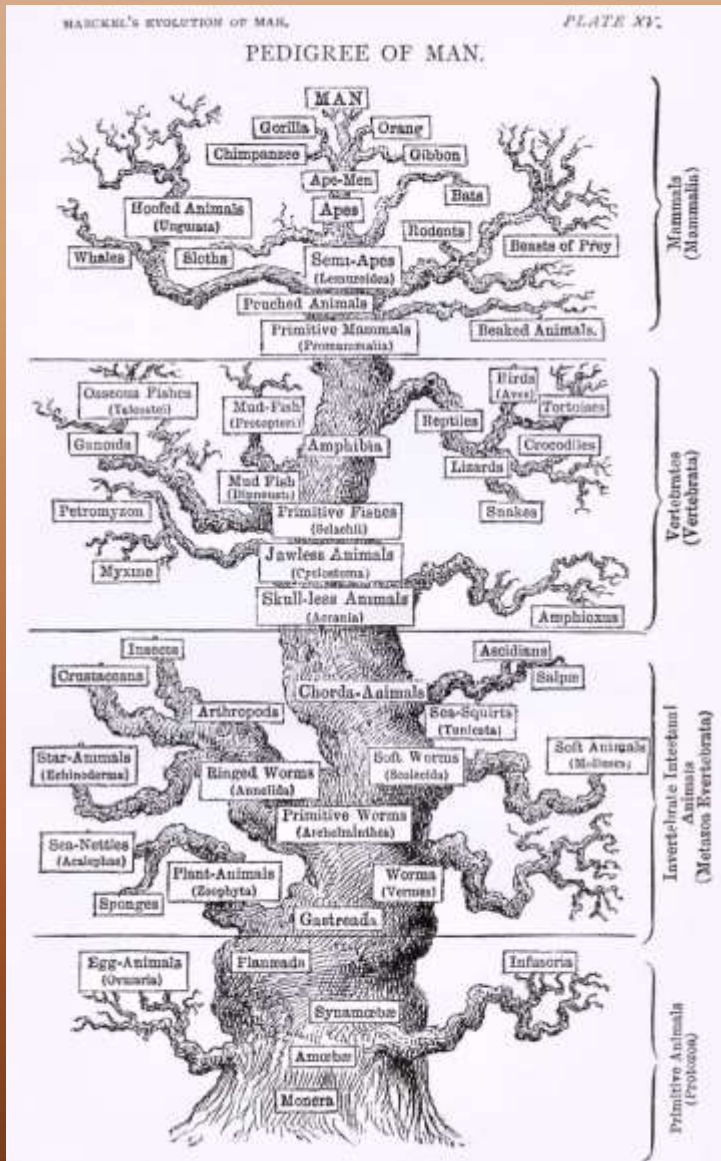
**Patricia Crépin-Obert**  
(MCF, UPEC, ESPE de Créteil)  
& **Agnès Marle**  
(PRAG, Académie de Franche-Comté)



**ENSEIGNER**

**Marie-Pierre Quessada**  
(PRAG, Docteure en sciences de l'éducation,  
Université de Montpellier)

# Approche historique



**Florent Detroit**  
(MCF, MNHN,  
Département Préhistoire)

# Approches scientifiques



**Vincent Lebreton**

(MCF, MNHN,  
Département Préhistoire)



**Guillaume Daver**

(MCF, Université de Poitiers,  
laboratoire IPHEP)



**Eva-Maria Geigl**

(Directrice de recherche CNRS,  
Université Paris Diderot,  
équipe paléogénomique  
Institut Jacques Monod)



Dominique Grimaud-Hervé  
Professeur de Paléanthropologie - MNHN

## Le nouveau Musée de l'Homme

Choix des différentes scénographies pour la définition de l'Homme : quelques exemples

[dominique.grimaud-herve@mnhn.fr](mailto:dominique.grimaud-herve@mnhn.fr)

Département de Préhistoire du MNHN - UMR 7194 - Musée de l'Homme  
17, Place du Trocadéro, 75016 Paris

# Le nouveau Musée de l'Homme

Qui sommes nous ? (niveau 1)

D'où venons nous ? (niveau 1, mezzanine, niveau 2)

Où allons nous ? (niveau 2)



## PARTIE 2 : D'où venons-nous ?

### Messages

- L'origine de l'Homme se situe en Afrique
- Contemporanéité des espèces :
  - \* Plusieurs genres d'homininés coexistent en Afrique avant 1,8 Ma sur le même territoire de savane arborée
  - \* **Plusieurs espèces coexistent tout au long de l'évolution du genre *Homo* dans des espaces géographiques différents**
- Présenter les hypothèses sur les voies possibles de migration en fonction du paléoenvironnement, de la chronologie des homininés
- L'utilisation et la fabrication d'outils ne sont pas le propre du genre *Homo* (plus anciens outils datent de 3,3Ma avant apparition du genre *Homo*)

## PARTIE 2 : D'où venons-nous ?

### Objectifs

- Représenter le quotidien, hypothèses sur le mode de vie
  - \* plus anciennes traces de bipédie
  - \* **plus anciennes traces d'habitat**
  - \* témoins des comportements de subsistance (différents outils **lithiques et osseux, aire de déplacement, restes fauniques avec cutmarks ...**)
  - \* témoins de la maîtrise du feu
  - \* régime alimentaire
  - \* comportements symboliques (sépultures, art mobilier, art rupestre)
- **Associer le geste à l'outil : fabrication, utilisations ... et donc compréhension** de la chaîne opératoire

## PARTIE 2 : D' où venons-nous ?

### Choix scénographiques

- **S'en tenir aux faits**
- **Ne présenter que les restes d'hominines fossiles tels qu'ils sont (c'est-à-dire fragmentaires et parfois mal conservés, ce que le public ne perçoit pas forcément), donc aucune reconstitution**
- **Retracer la démarche scientifique ayant permis d'acquérir des résultats,** qui peuvent être différents selon les disciplines, donc faire comprendre que **l'étude pluridisciplinaire est indispensable**
- Rester neutre en présentant les différentes hypothèses ayant abouti au consensus scientifique



## Buisson évolutif de l'évolution de l'Homme en 4 plateaux







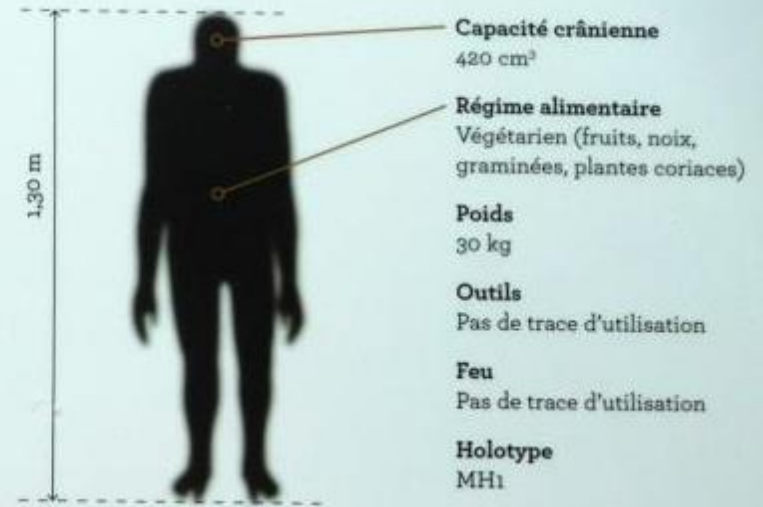
# Une humanité encore plurielle





## 12 *Australopithecus sediba*

Les *Australopithecus sediba* présentent à la fois des caractéristiques morphologiques des Australopithèques et du genre *Homo*. Ils ont un petit crâne, des dents puissantes et de longs bras comme les Australopithèques, alors que la forme de leur bassin et leurs longues jambes les rapprochent du genre *Homo*. Ils peuvent donc grimper dans les arbres, se tenir debout et marcher. Leurs mains, avec un pouce allongé et des doigts courts, étaient capables de saisir des objets, peut-être de fabriquer des outils.



MH2

### Spécimen présenté

Cette femme, âgée d'une vingtaine d'années, mesurait 1,30 m pour 30 kg. Le squelette très bien conservé et l'absence de traces de morsures de carnivores indiquent un ensevelissement rapide et donc une mort accidentelle (chute). Ayant vécu il y a 1,97 millions d'années, elle a dû mourir dans la grotte où elle a été retrouvée.



© Foto 34, Getty Images

Découvert dans la grotte de Malapa (Afrique du Sud) par l'équipe de L. Berger, en 2010.

### Lieu de découverte

220 ossements découverts appartenant à cinq individus, dont deux squelettes partiels



# Moulage

## Silhouette

### Sous-partie 2 - Peuplement du genre Homo 1/2

P2-SP2  
P2-SHOMI 2  
07/01/2015

 OK pour posture «dynamique» validée

 OK pour posture «dynamique» validée



date (espèce): -1,9 à -1,47 Ma

Capacité

crânienne : 850 cm<sup>3</sup>

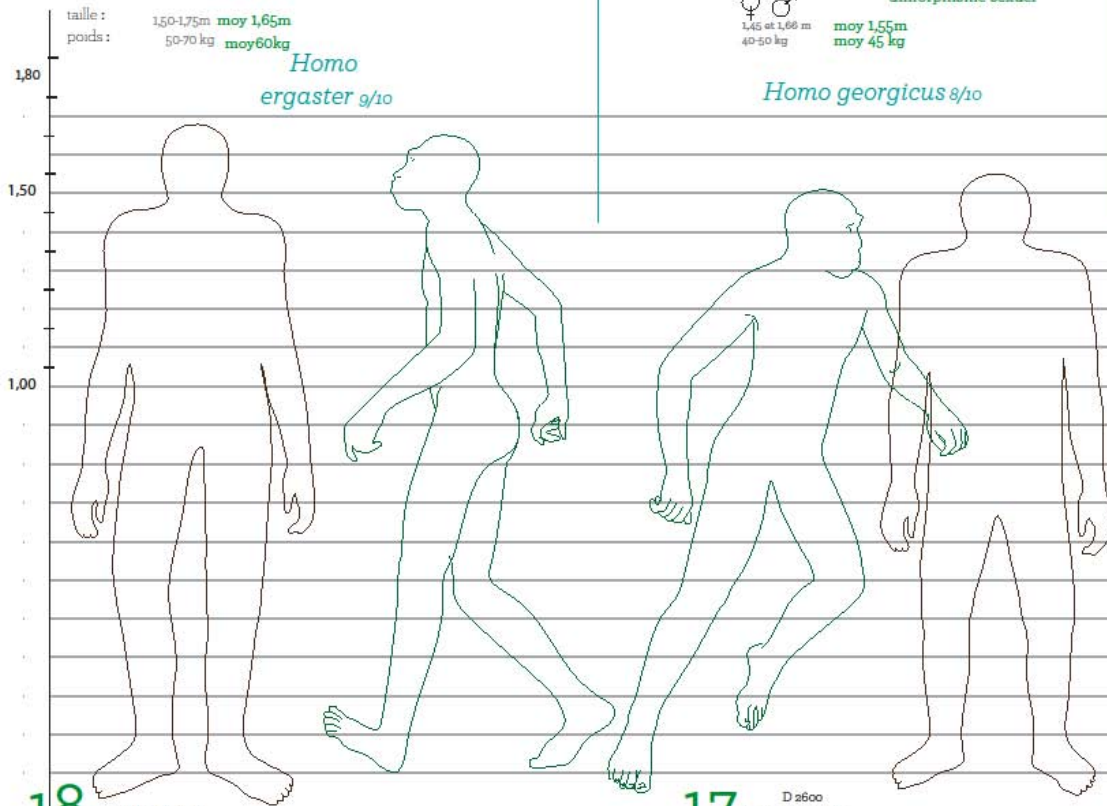
-1,81 à -1,77 Ma

548-780 cm<sup>3</sup> moy 663 cm<sup>3</sup>

dimorphisme sexuel  
   
 ♀ 1,45 et 1,66 m moy 1,55m  
 ♂ 40-50 kg moy 45 kg

*Homo ergaster* 9/10

*Homo georgicus* 8/10



18

KNM WT 15000, l'adolescent de Nariokotome spécimen 1,47 Ma

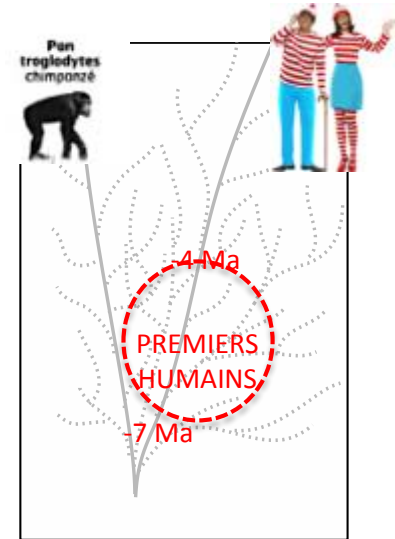
17

D 2600 spécimen 1,79Ma



# Plateau 1

# Place dans le buisson évolutif



Montrer un buisson évolutif où seront présents les hommes et les chimpanzés

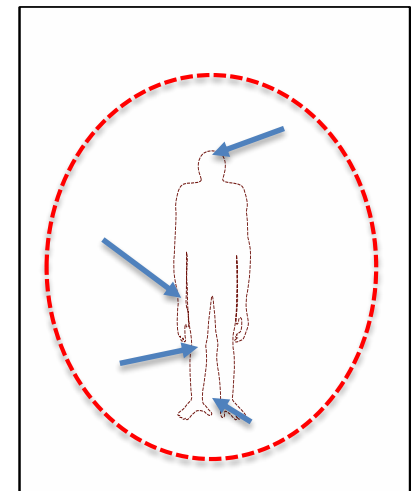
Indiquer sur ce buisson où se situent les individus du plateau, sans détailler

## Morphologie

Sur une silhouette, on pointe les signes de :

- La capacité à grimper :
- Main
  - Membres supérieurs
  - Gros orteils

- Bipédie au sol :
- position de la tête
  - Fémur
  - Bassin





1998B 04  
 Overview of the Euphrates, Iraq, during the late Miocene  
 The scene is based on the present-day vegetation, paleontological evidence, and computer-generated three-dimensional topographic maps of the region (The Great Rift Valley and the Nile)

# Environnement

Evoquer l'environnement et le climat  
 Savane arborée, zones boisées, point d'eau

Evocation avec photographie de paysage actuel, si on ne trouve pas de photographie correspondante, montage photographique

# Faune

222 - The Evolving African Mammalian Fauna



FIGURE 5.5  
 A selection of carnivores from the late Miocene of eastern Africa  
 (From left to right) The hyena *Ichthyosmia edw.*, the amphicyonid bear-dog *Amphicyon*, the megalictid cat *Diatrypa*, the mammal *Elopus okeseni*, the viverrid *Viverra kroeyi*, and the machairodont cat *Lobatopsidium eximiosus*.  
 Each square measures 1 m on a side.

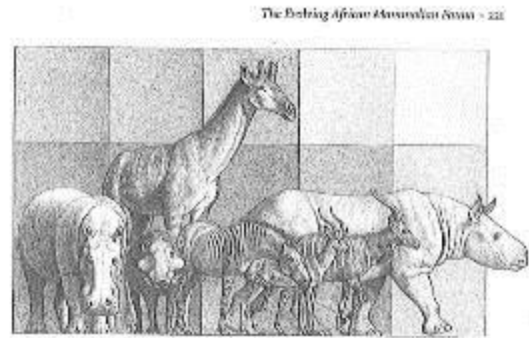


FIGURE 5.6  
 A selection of ungulates from the late Miocene of eastern Africa  
 (From left to right) The hippopotamus *Hippopotamus*, the pig *Pig*, the rhinoceros *Rhinoceros*, the gazelle *Gazelle*, the pronghorn *Pronghorn*, the bison *Bison*, the horse *Horse*, the camel *Camel*, and the deer *Deer*.  
 Each square measures 1 m on a side.

SPO

7-14 Ma

Indicateur  
 de latitude  
 30°N



# Géographie

La zone de présence de l'espèce dessinée avec des bords flous, l'intérieur de la zone sera animé par un mouvement brownien.

# Comment marchaient-ils ?

Mettez-vous dans la peau d'un paléontologue, un spécialiste qui étudie l'évolution humaine, et, comme lui, observez, comparez et expérimentez. Que vous apprennent ses empreintes sur la marche de nos ancêtres ?

## Les différentes hypothèses

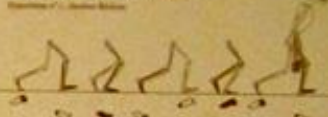
En comparant ses empreintes à notre propre marche et en analysant l'anatomie des crânes, des os, des dents, des ossements découverts par les archéologues sur la marche des Australopithèques.

### Une marche d'Australopithèque

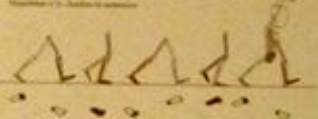
Les ossements sont regroupés.  
Les os du pied sont regroupés et pointés vers l'avant.



### Une marche d'Australopithèque

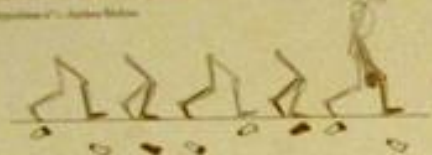


### Une marche d'Australopithèque

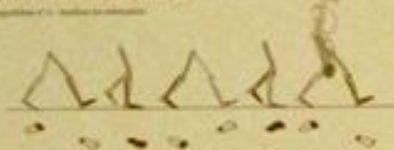


Les ossements sont regroupés et pointés vers l'avant.  
Les os du pied sont regroupés et pointés vers l'avant.

### Une marche d'Australopithèque



### Une marche d'Australopithèque



Les ossements sont regroupés et pointés vers l'avant.  
Les os du pied sont regroupés et pointés vers l'avant.

### Une marche d'Homme (Homo sapiens)

Les ossements sont regroupés et pointés vers l'avant. Les os du pied sont regroupés et pointés vers l'avant.

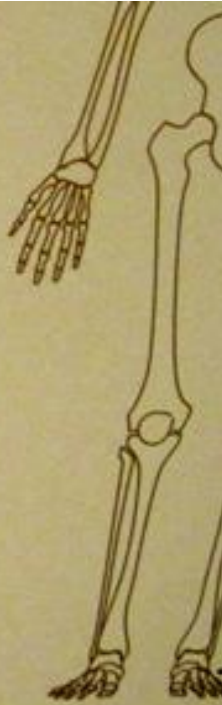


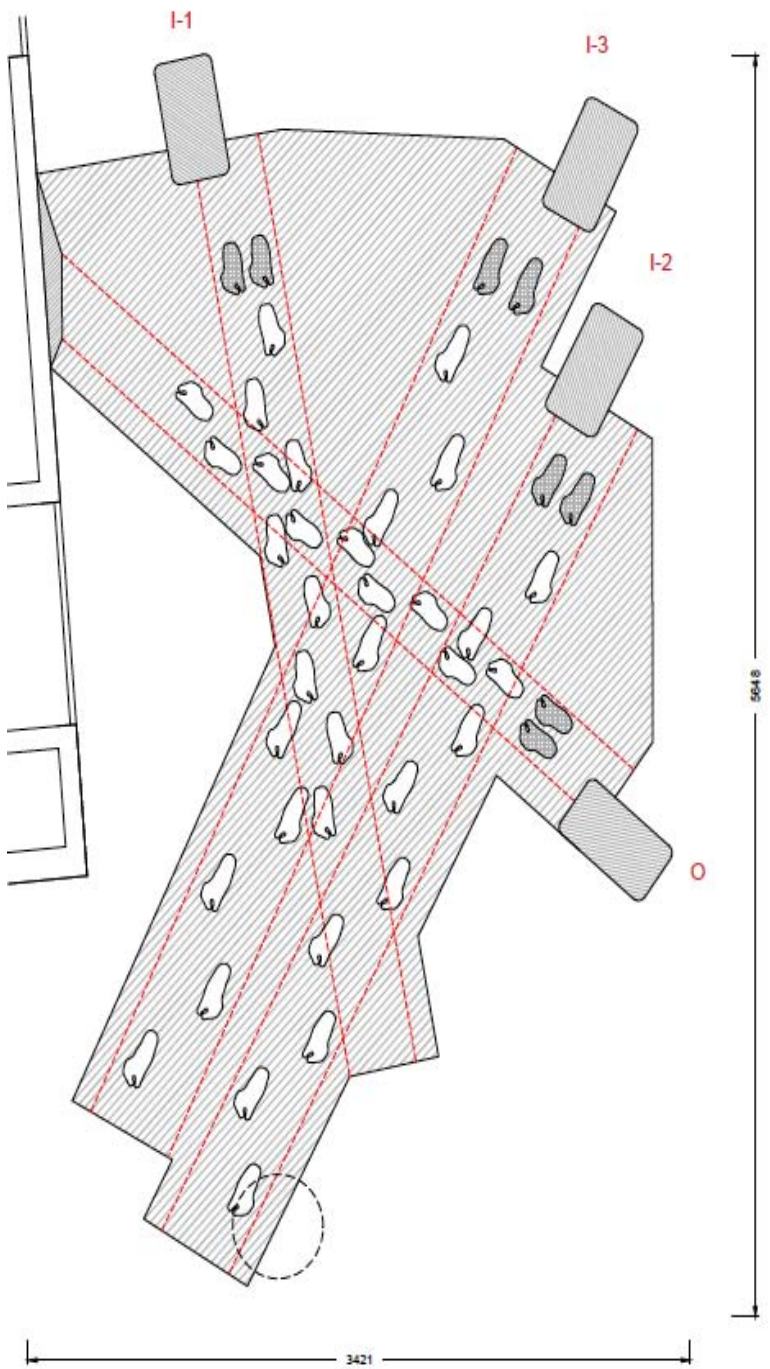
### Conclusion

À partir de nos ossements, les archéologues ont déduit que les Australopithèques marchaient différemment de nous. Leur marche était un déplacement latéral, au contraire de la marche humaine.

Les ossements sont regroupés et pointés vers l'avant.  
Les os du pied sont regroupés et pointés vers l'avant.

# Les différentes formes de bipédies





210



photo des restes originaux



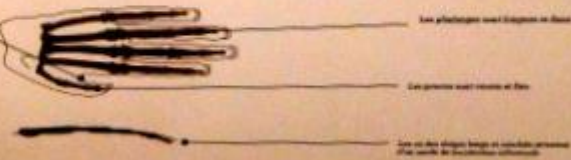
# Une main d'Homme (*Homo sapiens*)



Les osseaux sont regroupés aux autres doigts, ce qui permet à l'humain de saisir des objets de façon plus précise et contrôlée.

Le doigt et l'index ont un os qui permet la flexion des ongles. Mais contrairement au primate, l'humain a une structure de la main adaptée à la fabrication d'objets diversifiés complexes.

# Une main de Chimpanzé (*Pan troglodytes*)



# Des mains pour quels usages ?

Une main d'Homme (*Homo sapiens*)

Une main de Chimpanzé (*Pan troglodytes*)



Homme moderne  
*Homo sapiens*  
Bipède vertical

Sur cette main, on voit :  
- des doigts allongés et droits  
- un pouce avec des os robustes et opposable aux autres doigts.

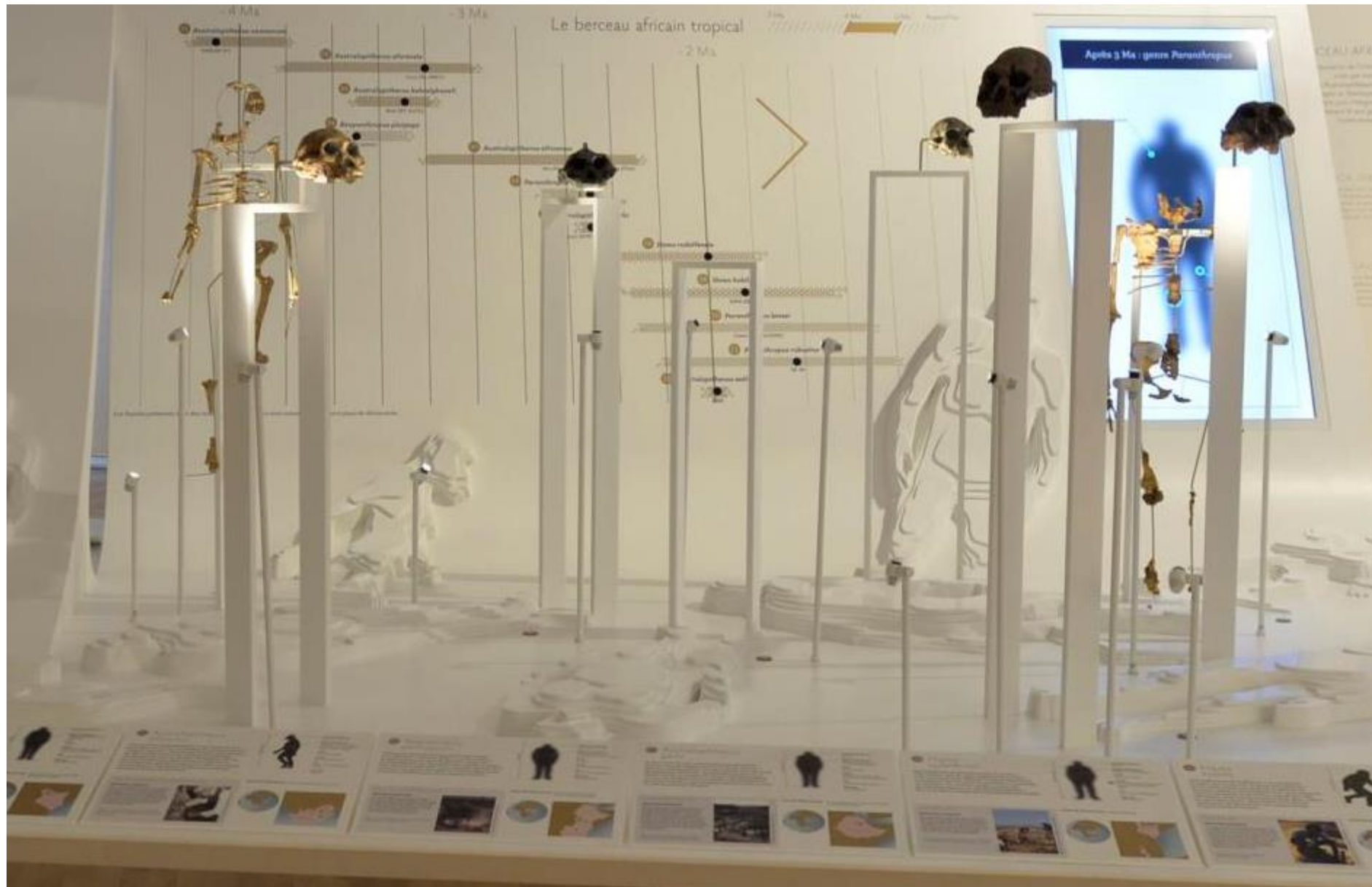
Notre main s'est pas spécialisée pour une vie arboricole. Par contre, elle est équipée pour une manipulation très fine des objets.

Chimpanzé  
*Pan troglodytes*  
Arboricole et bipède vertical

Sur cette main, on voit :  
- des doigts très longs et incurvés  
- un pouce plus court et opposable aux autres doigts.

La main du Chimpanzé est spécialisée pour se déplacer dans les arbres. Ce qui ne l'empêche pas de pouvoir manipuler des objets avec précision.

Contemporanéité des espèces d'hominines au cours du temps  
Origine africaine du genre *Homo*

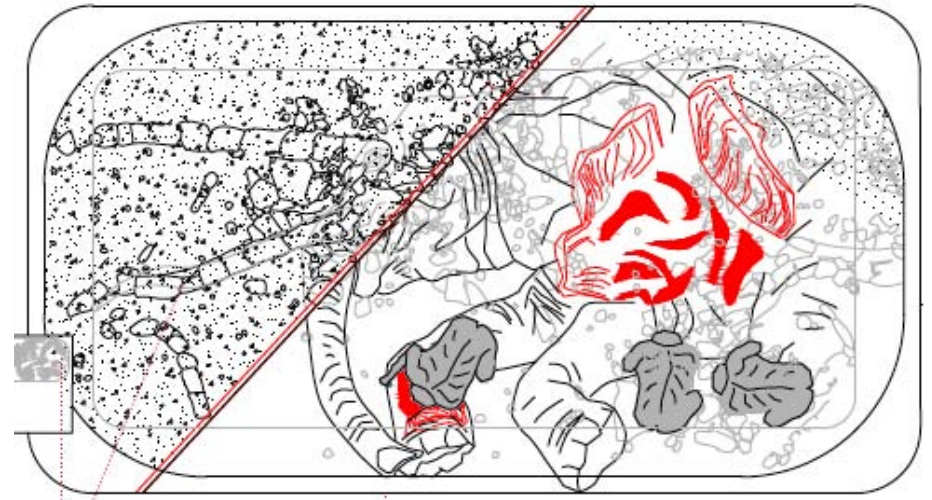






Plus anciens outils taillés  
3,3Ma  
Lomekwi, Kenya









# LA MAÎTRISE DU FEU

USE OF FIRE

EL DOMINIO DEL FUEGO

La site archéologique de Terra Amata, qui se trouve dans une grotte, est l'une des plus anciennes traces de la maîtrise du feu par l'Homme en Europe. Il date de 280 000 ans. Ce lieu serait l'habitat d'Homo erectus, probablement le premier Homme à avoir maîtrisé le feu. À droite, on trouve un modèle du site. À gauche, une hypothèse de reconstruction basée sur les éléments retrouvés.

The Terra Amata archaeological site was here for a long time of the oldest evidence of domestication of fire by humans in Europe. It dates back 280,000 years. This hole would be the work of Homo erectus, probably the first human to have controlled fire. On the right is a cast replica of the site. On the left, a hypothetical reconstruction based on what was discovered.

El sitio arqueológico de Terra Amata que está albergando actualmente en Europa, una de las pruebas más antiguas del dominio del fuego en manos del hombre. El año data de 280 000 años y se cree que es obra del Homo erectus, probablemente el primer ser capaz de haber dominado el fuego. A la izquierda se encuentra una reconstrucción del sitio y a la izquierda, una hipótesis de reconstrucción basada en los elementos encontrados.



Il faut pour l'habiter, aller plus loin. Au site Terra Amata, l'habitat d'Homo erectus possédait déjà un foyer.



Il faut pour se débarrasser des problèmes, aller plus loin. Au site Terra Amata, l'habitat d'Homo erectus possédait déjà un foyer.



Il faut pour se débarrasser des problèmes, aller plus loin. Au site Terra Amata, l'habitat d'Homo erectus possédait déjà un foyer.



Objet de feu  
The arrival of fire  
Objet à feu







# La chambre des ancêtres



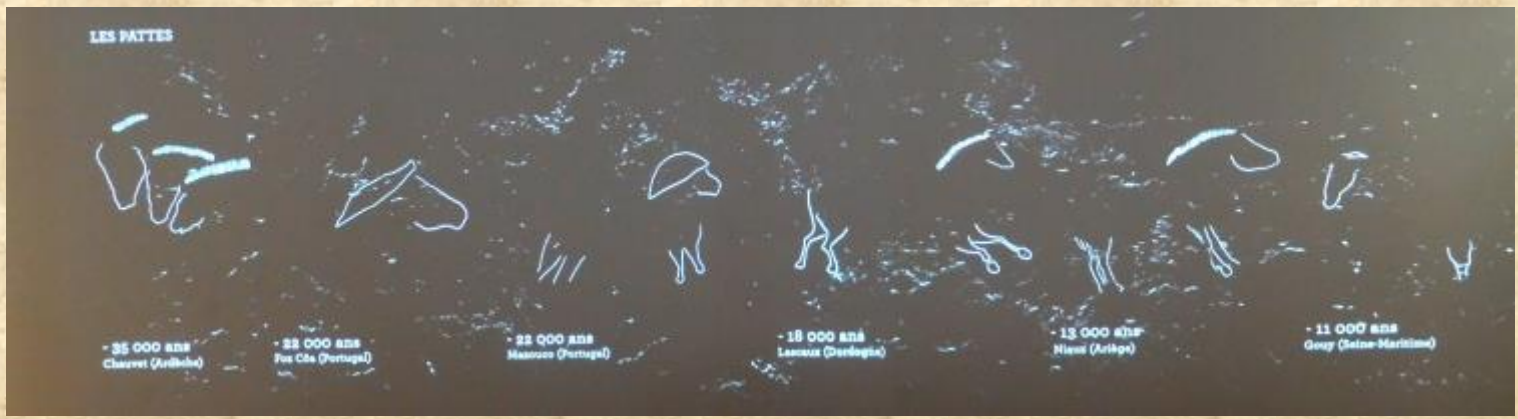


# L'art rupestre

## LA TÊTE



## LES PATTES



- 35 000 ans  
Chauvet (Ardèche)

- 23 000 ans  
Foz Côa (Portugal)

- 22 000 ans  
Mazouco (Portugal)

- 18 000 ans  
Lascaux (Dordogne)

- 13 000 ans  
Niaux (Ariège)

- 11 000 ans  
Gouy (Seine-Maritime)

L'art mobilier



# Le campement de Pincevent (Seine-et-Marne, France)



Lieu de fouilles depuis 50 ans, le site de Pincevent date d'une des cultures du Paléolithique supérieur, le Magdalénien (il y a environ 14 000 ans). Les vestiges d'os et de pierre mis au jour constituent les restes de plusieurs campements, d'ateliers de taille de silex et de zones de boucherie.

Les chasseurs-nomades sont revenus sur ce site chaque année, au fil des saisons, suivant les troupeaux de rennes et de chevaux. Plusieurs archéologues ont essayé d'interpréter la forme des habitats de ces chasseurs.

Découvrez les différentes hypothèses en appuyant sur les boutons ci-dessous.

## André Leroi-Gourhan et la tente

1948-1950

André Leroi-Gourhan et son équipe ont proposé une hypothèse de tente en forme de tente à deux entrées, avec un toit en forme de dôme. Il s'agit d'une tente en forme de tente à deux entrées, avec un toit en forme de dôme.

## Pierre Dorlé et le pavillon

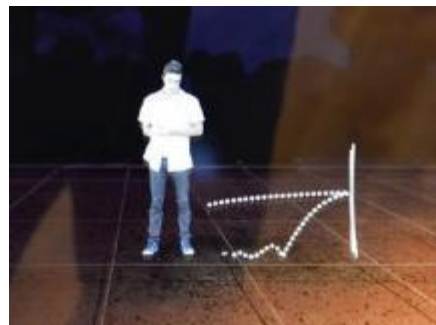
1952-1953

Pierre Dorlé a proposé une hypothèse de tente en forme de pavillon, avec un toit en forme de dôme. Il s'agit d'une tente en forme de pavillon, avec un toit en forme de dôme.

## Michèle Dubon et le passage

1968-1970

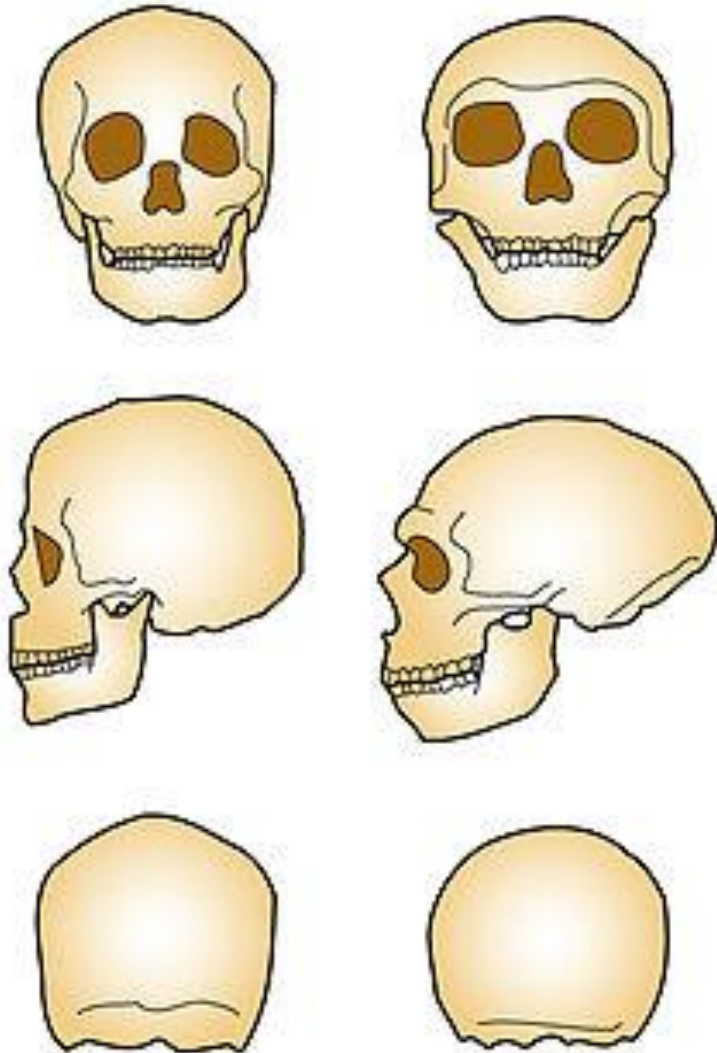
Michèle Dubon a proposé une hypothèse de tente en forme de passage, avec un toit en forme de dôme. Il s'agit d'une tente en forme de passage, avec un toit en forme de dôme.



# Morphing Neandertal

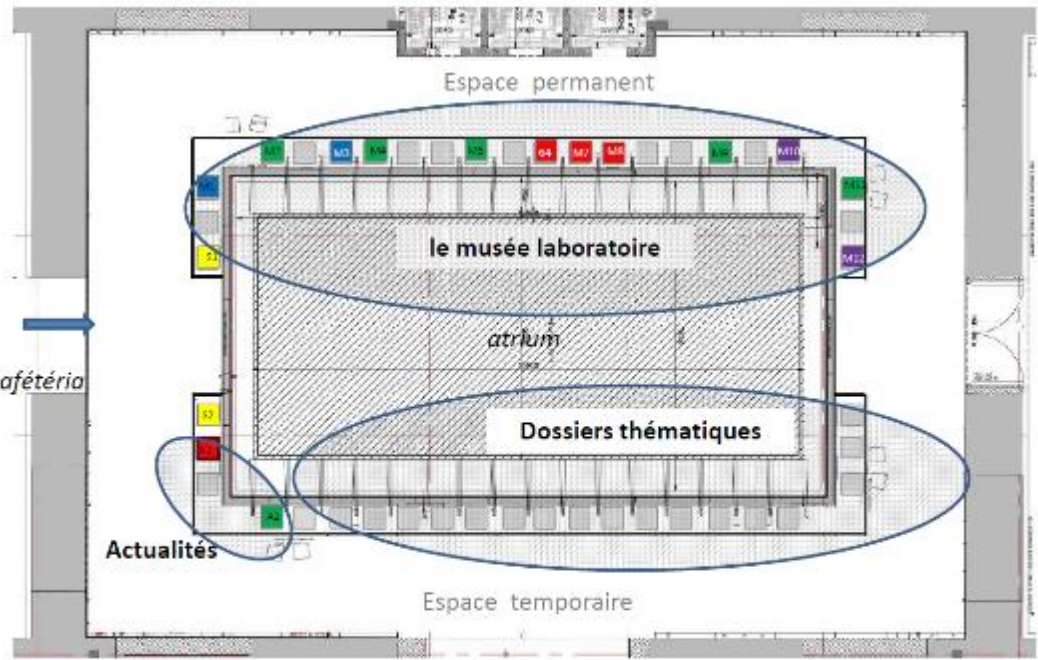
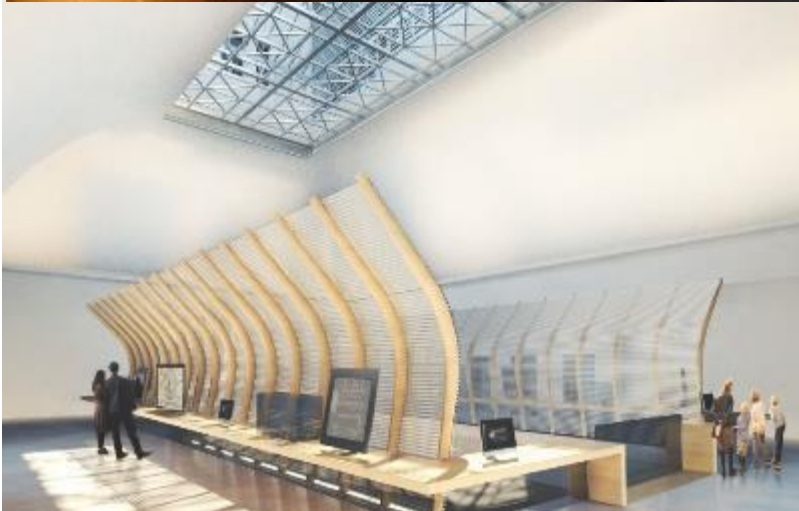
Sapiens / Neandertal

Caractéristiques Neandertal

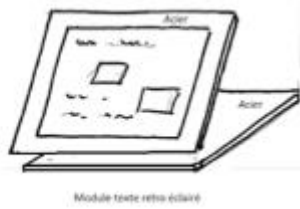
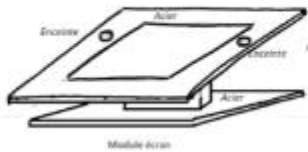
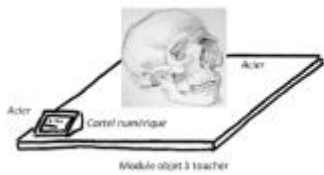


- cerveau plus grand que celui des hommes modernes
- Front bas et fuyant
- Arcades sourcilières prononcées et arrondies formant une barre au-dessus des yeux
- orbites circulaires et de grande taille
- Pommettes larges et inclinées vers l'arrière
- Milieu de face projeté en avant
- Nez volumineux (grande ouverture nasale) et
- crâne allongé vers l'arrière
- Peu ou pas de menton
- mandibules fortes et avec grandes incisives
- crâne arrondi en vue postérieure
- Peau plus pâle que leur ancêtres africains
- ...

# LE BALCON DES SCIENCES

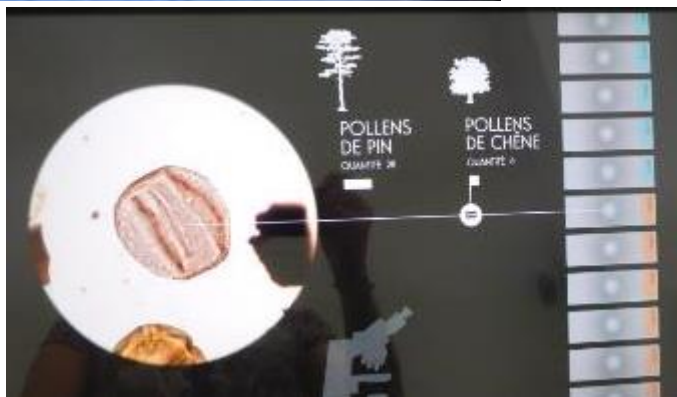


- cache
- panneau graphique
- vitrine
- signalétique
- multimédia
- objet à toucher



Recherche au MH, Acteurs,  
 Vidéo sur les métiers au MH  
 Terrains de la recherche  
 Collecte, du labo à l'expo, Numérique  
 Science en marche  
 Collections

# Balcon des sciences - Vidéo sur 20 métiers du MH





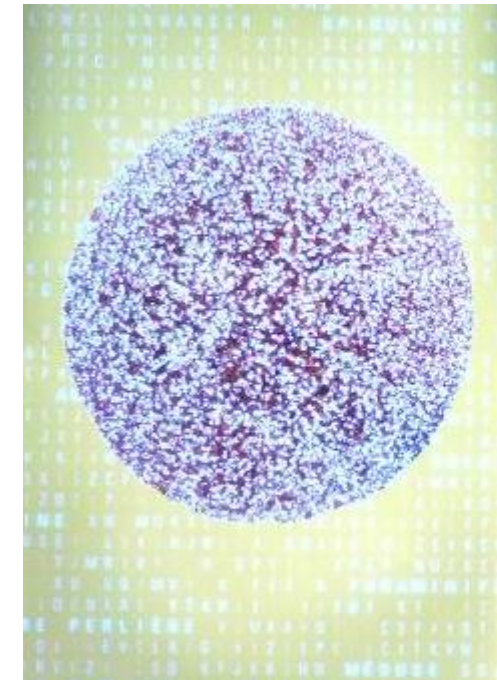
Nous sommes tous uniques.



Nous sommes tous les héritiers  
d'un patrimoine génétique  
et culturel qui nous est propre.



Tous différents, nous appartenons  
pourtant à la même espèce,  
l'espèce humaine, apparue en Afrique  
il y a environ 200 000 ans.



Nous constituons tous, ensemble,  
une minuscule branche de l'arbre du vivant:  
8,5 millions d'autres espèces, issues  
d'une longue évolution, nous entourent.







**Patricia Crépin-Obert**  
*Maître de conférences,*  
*didactique et histoire des SVT*  
patricia.crepin-obert@u-pec.fr



**Agnès Marle**  
*Prag svt,*  
agnes.marle@ac-besancon.fr

# La filiation Homme-Singe en débat en classe de 3<sup>ème</sup> dans deux collèges de milieux socio-culturels différents



Colloque AFP-SVT- 20 juin 2016, PARIS

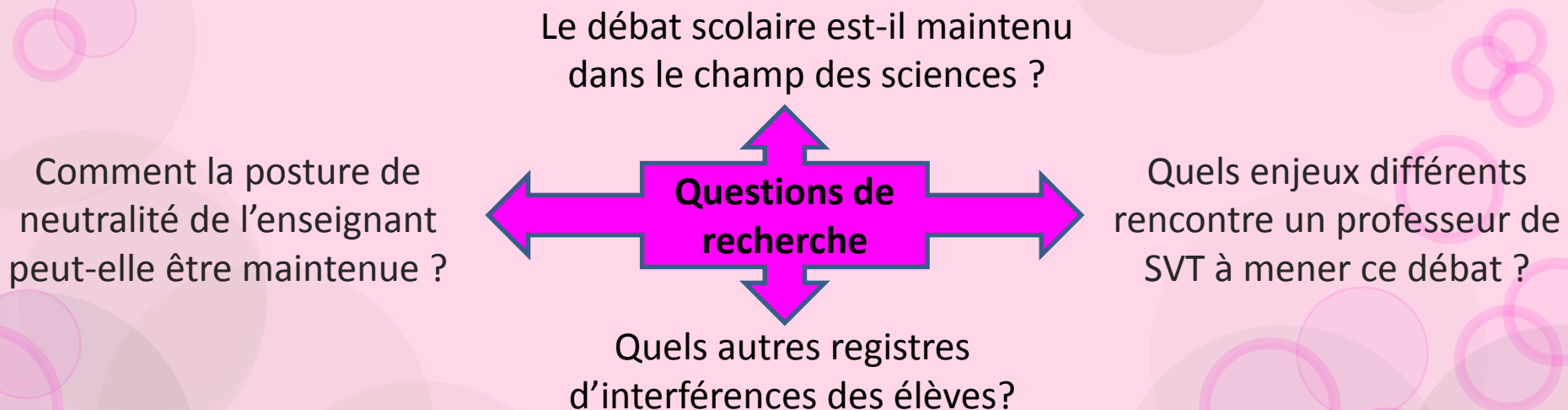
« **L'évolution des Hominidés : enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement** »

## Cadre théorique

- construction de problèmes
- travail sur l'obstacle épistémologique
- question vive

## Problématique

Comparer la construction de la filiation Homme-Singe, dans deux classes de 3<sup>ème</sup> issues d'établissements différents socio-culturellement



## Hypothèse de recherche

**Le milieu socio-culturel de l'élève engage des obstacles différents à l'enseignement de l'évolution**

# Méthodologie comparatiste de collecte des données les constantes

- Une même séquence d'investigation
- Une même enseignante
- Un même scénario pédagogique :  
débatteurs/ observateurs
- Une consigne identique (15 à 30 min)
  - par pré-test « Discute la formule courante “l'homme descend du singe” »
  - et post-test « Discute, en utilisant les documents étudiés en classe et tes connaissances, l'expression “ l'Homme descend du Singe ” »



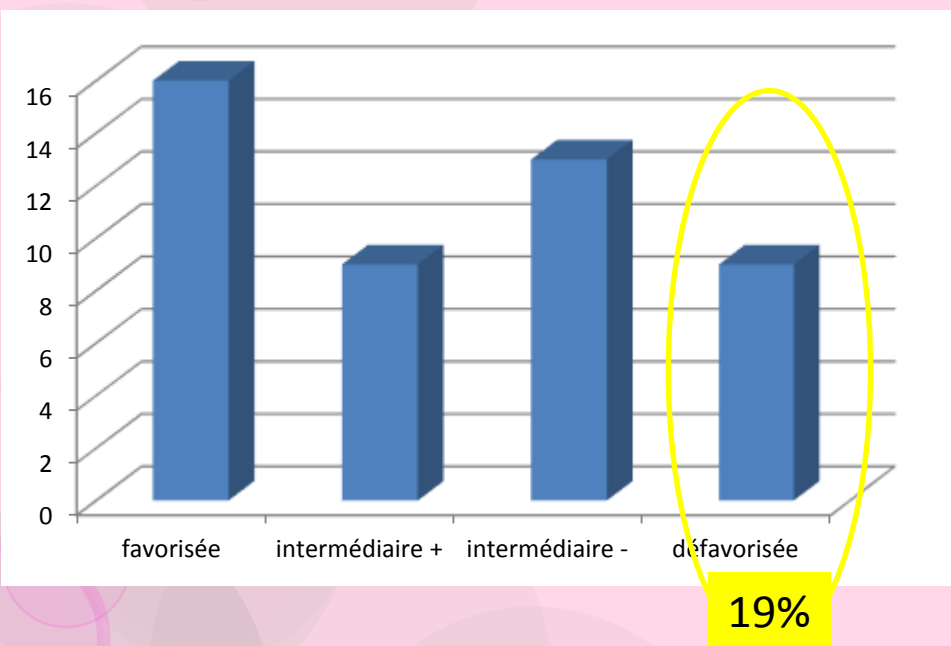
# Méthodologie comparatiste de collecte des données

## la variable : Cartographie socio-culturelle des publics

Catégories socio-professionnelles (responsable 1: domicile de l'élève/ responsable 2)

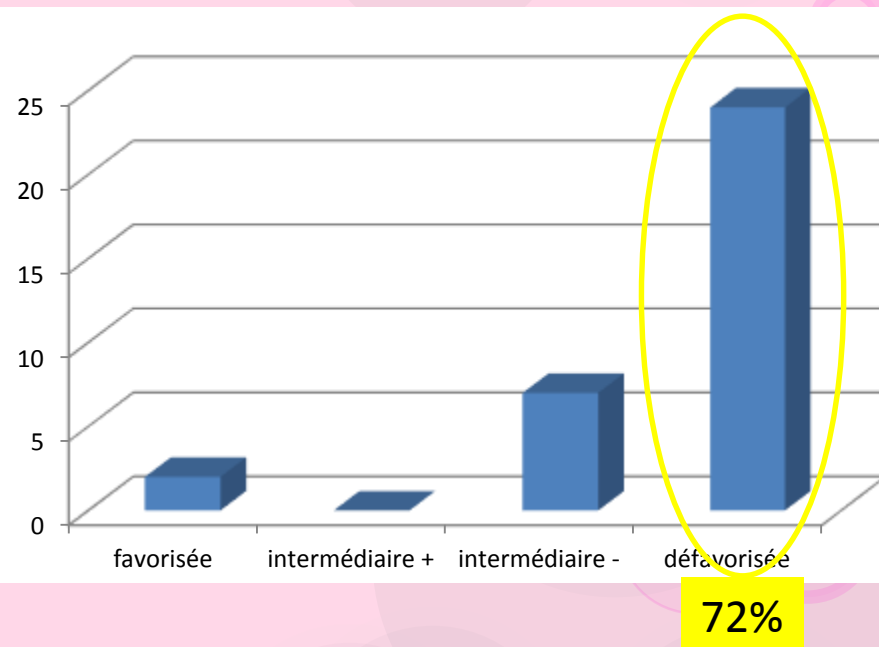
une classe de 3<sup>ème</sup> Collège péri-urbain non REP

24 élèves / 47 parents



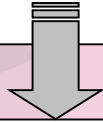
une classe de 3<sup>ème</sup> Collège urbain REP

17 élèves / 33 parents



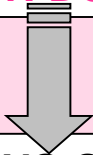
# Canevas de séquence

**ENTRÉE EN QUESTIONNEMENT**  
**POSITION DU PROBLEME**



**FORMULATION DE QUESTIONS ET  
D'HYPOTHESES**

**DEFINITION DU PROBLEME**



**INVESTIGATIONS SCIENTIFIQUES**

**RESOLUTION DU PROBLEME**

S1 Émergence des  
conceptions initiales

S1 TP phylogène

S2 **Débat** de confrontation des idées sur  
la formule

# Canevas de séquence

**ENTRÉE EN QUESTIONNEMENT**  
**POSITION DU PROBLEME**

S1 Émergence des conceptions initiales

S1 TP phylogène

**FORMULATION DE QUESTIONS ET D'HYPOTHESES**

**DEFINITION DU PROBLEME**

S2 **Débat** de confrontation des idées sur la formule

**INVESTIGATIONS SCIENTIFIQUES**

**RESOLUTION DU PROBLEME**

S3 Construction de groupes emboîtés  
Observation d'échantillon de vertébrés

S4 Comparaison d'espèces fossile et actuelle  
Film «Espèces d'espèces»

**CONFRONTATION & STRUCTURATION DU SAVOIR**

**RESOLUTION DU PROBLEME**

S5 Lecture d'arbre de parentés ( homme et singes)

S6 Réalisation d'un diaporama sur un fossile de leur choix : Position sur l'échelle des temps fossilifères

**APPROPRIATION DU SAVOIR**

**« TRANSFERT DU PROBLEME »**

S6 Evaluation finale  
Validation ou réfutation au savoir établi

# Eclairage du choix didactique:

« Discutez la phrase : l'homme descend du singe »

Idée reçue ancrée  
dans **l'histoire des  
sciences** (1860)

**Question d'élèves :**  
l'homme préhistorique est-il  
intermédiaire entre l'homme et  
le singe ? (2010)

Sujet du **concours  
CRPE** (2012)  
**Enquête M1 MEEF**  
(2013-2014)

**Débat si  
désaccords des  
élèves**



# Eclairage du choix didactique:

« Discutez la phrase : l'homme descend du singe »

Idée reçue ancrée  
dans **l'histoire des  
sciences** (1860)

**Question d'élèves :**  
l'homme préhistorique est-il  
intermédiaire entre l'homme et  
le singe ? (2010)

Sujet du **concours  
CRPE** (2012)  
**Enquête M1 MEEF**  
(2013-2014)

**Débat** si  
désaccords des  
élèves



« Discutez la phrase  
- l'Homme est un Singe  
- l'homme ne descend pas du singe  
- l'homme et le singe sont cousins »

Consigne :  
**Discutez !**

**Classification  
ou évolution ?**

**Programmes 2008**  
« l'Homme actuel ne  
descend pas des  
Chimpanzés ! »

**Adhésion à la  
théorie de  
l'évolution**



Elève a\_3<sup>ème</sup>\_14 ans\_collège urbain REP

Transformisme linéaire

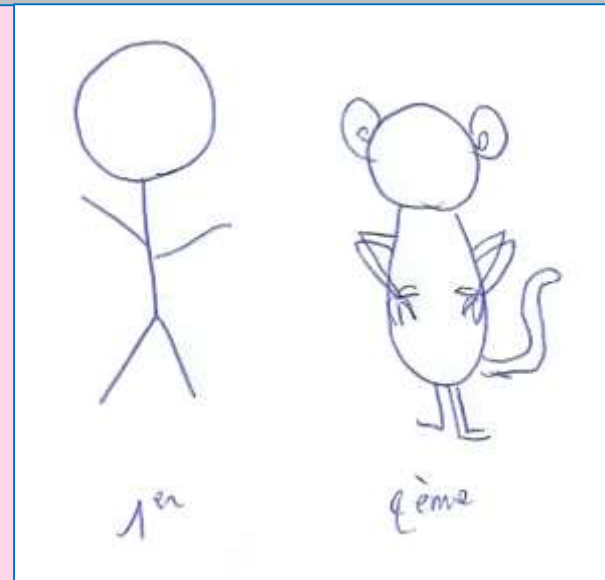
Fixisme

créationnisme

FINALISME

« L'homme ne descend pas du singe car j'ai lu un article sur internet où c'était écrit que quand une race arrive elle extermine l'ancienne race or les singes sont encore là.

Aussi car dans ma religion dieu dit qu'il a créé les humains puis les animaux »





# Comparaison du questionnement Des convergences

PROBLEMES CONVERGENTS & <i>OBSTACLES IDENTIFIES</i>	Questions d'élèves Classe péri-urbaine	Questions d'élèves Classe urbaine REP
Développement individuel et évolution des espèces <i>Analogie généalogique et transformisme linéaire finalisme</i>	« Qu'y a-t-il entre l'homme et le singe ? »	« Si l'homme descend du singe, comment se fait-il qu'il y ait encore des singes ? »
Espèce biologique et paléontologique <i>Dyade familiale interspécifique</i>	« Est-ce que l'homme peut se reproduire avec un singe ? »	« L'humain peut-il accoucher d'un singe ? »
Culture en histoire des sciences	« Qui a parlé le premier de la théorie de l'évolution ? »	« D'où vient cette affirmation ? »

# Comparaison du questionnement

## Des divergences

### PROBLEMES DIVERGENTS

#### Classe péri-urbaine

##### Mécanismes de transformation

« Est-ce possible que le singe s'adapte à la nature ? »

« Est-ce que c'est une transformation ou une mutation ? »

« Comment une transformation pourrait être possible ? »

« Si l'ADN change, est-ce que les caractères physiques changent ? »

#### Classe urbaine REP

##### Datation des fossiles

« Quel est l'âge de Lucy ? Quand a-t-elle vécu ? »

« Quel est le plus vieux fossile d'homme ? »

##### Méthodologie scientifique

« Tous les points communs entre les singes et l'homme permettent-ils d'affirmer que l'homme descend du singe ? »

##### Interférences avec la philosophie ou la religion

« L'homme est-il un animal ? »

« Adam et Eve sont-ils les premiers humains ? »

« Et pourquoi Dieu ne serait-il pas à l'origine des hommes ? »

# Un enjeu majeur pour mener le débat :



# Un enjeu majeur pour mener le débat : séparer science & récit ou croyance

## ○ Gérer les rapports problématiques entre sciences et récit

E1	<b>Quand ils ont cherché la vraie réponse [...] en fait un scientifique est parti chercher très très loin... plusieurs histoires et tout</b>
P	Pas des histoires ! Il cherche des preuves et il cherche des choses concrètes, des choses matérielles, [...] Si on veut prouver des choses, comment fait-on ?
E2	Des squelettes
P	Ca, des objets qu'on observe
E3	La machine à remonter le temps !
P	Ca non ! Ca non !

## ○ Gérer les tensions entre enseignement scientifique et croyance personnelle

E4	<b>Mais Madame chacun croit ce qu'il veut !</b>
P	Non E4. Chut ! E4 est en train de dire chacun croit ce qu'il veut. On n'est pas ici//
E4	Certaines personnes pratiquent leur religion partout. Et sans mille preuves
P	On est d'accord que les religions c'est personnel !

# Un enjeu majeur pour mener le débat : séparer science & récit ou croyance

- **Gérer les rapports problématiques entre sciences et récit**
- **Gérer les tensions entre enseignement scientifique et croyance personnelle**
- **Différencier la preuve en sciences historiques VS en sciences expérimentales**

# Un enjeu majeur pour mener le débat : séparer science & récit ou croyance

- **Gérer les rapports problématiques entre sciences et récit**
- **Gérer les tensions entre enseignement scientifique et croyance personnelle**
- **Différencier la preuve en sciences historiques VS en sciences expérimentales**
- **Gérer la virulence de certaines interactions langagières**
- **Gérer les interventions d'ordre religieux dans un cours de SVT**



# Fonctions didactiques du débat scolaire sur une question vive, la parenté Homme-Singes

## **une fonction heuristique**

Apprendre à questionner le monde de  
la nature

## **une fonction sociale et psychologique**

Apprendre à écouter et respecter l'autre



## **une fonction argumentative et épistémologique :**

Apprendre à mettre en tension des raisons bien différenciées, empiriques et explicatives, dans une communauté discursive

# Autres difficultés liées à la séquence pédagogique

- Négocier les prescriptions et les besoins des élèves
- Comment réduire la distorsion entre une progression programmée a priori et les questions spécifiques des élèves ?
- Constater le manque d'acquis des classes antérieures
- Comment diminuer les écarts entre les pré-requis institutionnels et les conceptions-obstacles des élèves ?
- Méconnaître les programmes des autres disciplines
- Quel(s) rôle(s) peut jouer une communauté éducative interdisciplinaire ?

# Merci de votre attention



1878.



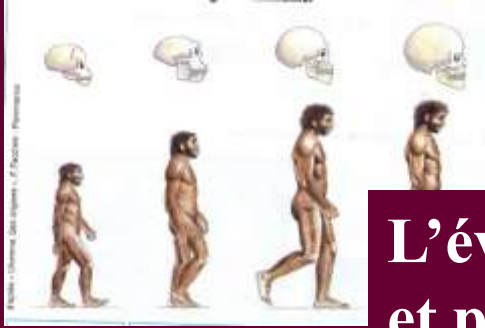
Lecointre, G. (2005). « Singeries de spécialistes : l'homme, ce mal classé ». In *Charlie ramène sa science*. Paris : Vuibert-Charlie Hebdo. p.195

# Bibliographie

- Crépin-Obert, P. (2014). L'analogie, obstacle épistémologique ou raison scientifique pour enseigner la parenté et la filiation entre êtres vivants. *Recherches en didactique des sciences et des technologies* n°9 . Lyon : IFÉ.19-49. Résumé en ligne : <http://rdst.revues.org/839>
- Crépin-Obert, P. (2016). Étude comparée d'un débat en 3<sup>ème</sup> sur l'évolution de l'Homme dans deux collèges de milieux socio-culturels différents. *Actes des Neuvièmes rencontres scientifiques de l'ARDiST*. Lens. 5p. En ligne : <http://ardist2016lens.sciencesconf.org/82266>

Sources iconographiques des caricatures sur Darwin :

- Lecointre, G. et Tort, P. (2015). *Le monde de Darwin*. Paris : éditions de la Martinière.



**L'évolution des Hominidés : enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement.**

# **L'évolution humaine dans les programmes et des manuels scolaires : Quelles conceptions et quels obstacles ?**

Marie-Pierre Quessada  
LIRDEF, Faculté d'Education,  
Université de Montpellier



# Introduction

# Un contexte international contrasté

- Consensus au sein de la communauté scientifique internationale sur la théorie de l'évolution

*« Rien n'a de sens en biologie si ce n'est à la lumière de l'évolution ».* Dobzhansky (1973)

# Un contexte international contrasté

- Tensions dans l'enseignement de l'évolution en lien avec un regain du fondamentalisme religieux.

« *Nous(...) avons été informées de ce que, en diverses régions du monde et à l'occasion des cours de science (...), des évidences et des **données** scientifiques, ainsi que des théories vérifiables **concernant les origines et l'évolution de la vie sur Terre**, sont soit **cachées**, soit **démenties**, soit encore **mélangées avec des théories non testables par la science**. »*

Déclaration de l'InterAcademy Panel, assemblée mondiale des Académies des Sciences sur l'enseignement de l'Evolution (2006)

68 pays signataires



# Un contexte international contrasté

Les enquêtes internationales sur l'acceptation de l'Evolution montrent que **la France comparée à d'autres pays est majoritairement évolutionniste.**

# Les adultes français se déclarent majoritairement évolutionnistes

Enquête portant sur la population de 34 pays en 2005 (Miller et al., 2008)

- la France est classée au 4<sup>o</sup> rang après l'Islande, le Danemark et la Suisse
- 80% des français interrogés valident l'affirmation – « les humains tels que nous les connaissons se sont développés à partir d'espèces animales plus anciennes »
- contre 40% aux USA ou 25% en Turquie.
- moins de 15% des français interrogés rejettent l'évolution.

# Les enseignants français se déclarent très majoritairement évolutionnistes

Enquête en 2004-2008 dans le cadre du projet BIOHEAD portant sur les enseignants du premier et du second degré dans 19 pays (Clément et Quessada, 2008, 2012, 2013)

- 98% des 732 enseignants français interrogés répondent que les origines de l'espèce humaine s'expliquent par des processus évolutifs
- contre 53 % en Roumanie, 30% au Sénégal et 10% en Algérie.
- seulement 2% des enseignants interrogés déclarent une conception créationniste radicale

**B28 : Avec laquelle des quatre propositions suivantes êtes vous le plus en accord ? Choisissez une seule proposition :**

**Il est certain que les origines de l'espèce humaine s'expliquent par des processus évolutifs.**

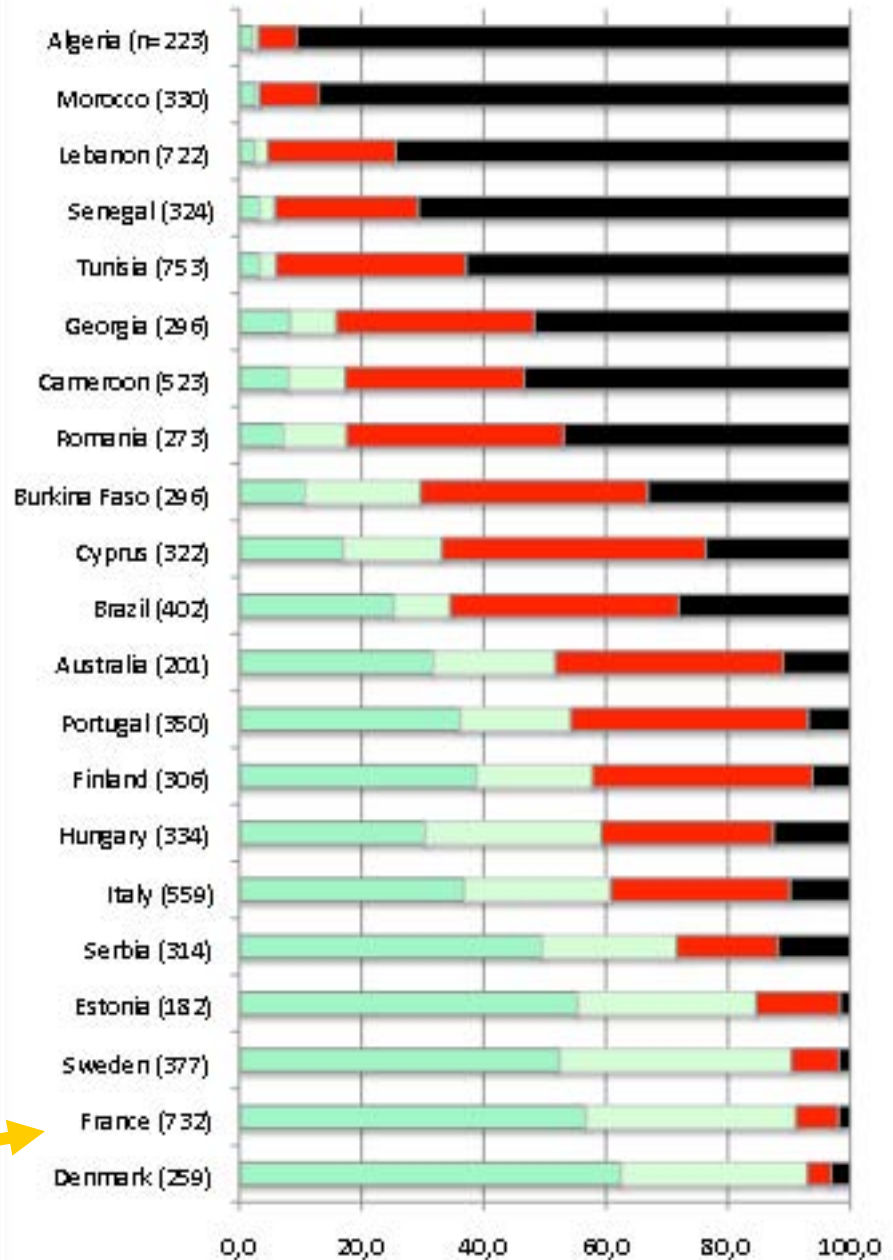
**Les origines de l'espèce humaine peuvent être expliquées par des processus évolutifs, sans avoir besoin de l'hypothèse que Dieu a créé l'espèce humaine.**

**Les origines de l'espèce humaine peuvent être expliquées par des processus évolutifs qui sont sous le contrôle de Dieu.**

**Il est certain que Dieu a créé l'espèce humaine.**

B28

■ Evol sure   ■ Evol without God   ■ Evol by God   ■ Only God



Comment expliquer cette  
prégnance du concept d'évolution  
dans la société française ?

# L'enjeu de la recherche

- Conserver une bonne diffusion des connaissances relatives à l'évolution biologique dans la population française
- Eviter les refus et rejets de l'évolution par des positions créationnistes radicales

# L'objet de la recherche: l'enseignement de l'évolution humaine

Pourquoi cibler sur les origines de l'espèce  
humaine ?

# Le thème des origines de l'espèce humaine actuelle

Exacerbation des caractéristiques de la transposition didactique **en SVT**

- Complexité des concepts en jeu
- Implication de nombreuses disciplines scientifiques
- Renouvellement très rapide des connaissances
  - Publications 2016 Homme de Neandertal et Grotte de Bruniquel 180 000 ans et Homme de Flores 700 000 ans
- Interactions fortes entre connaissances et valeurs
- Médiatisation très importante



# Le cadre théorique de la recherche

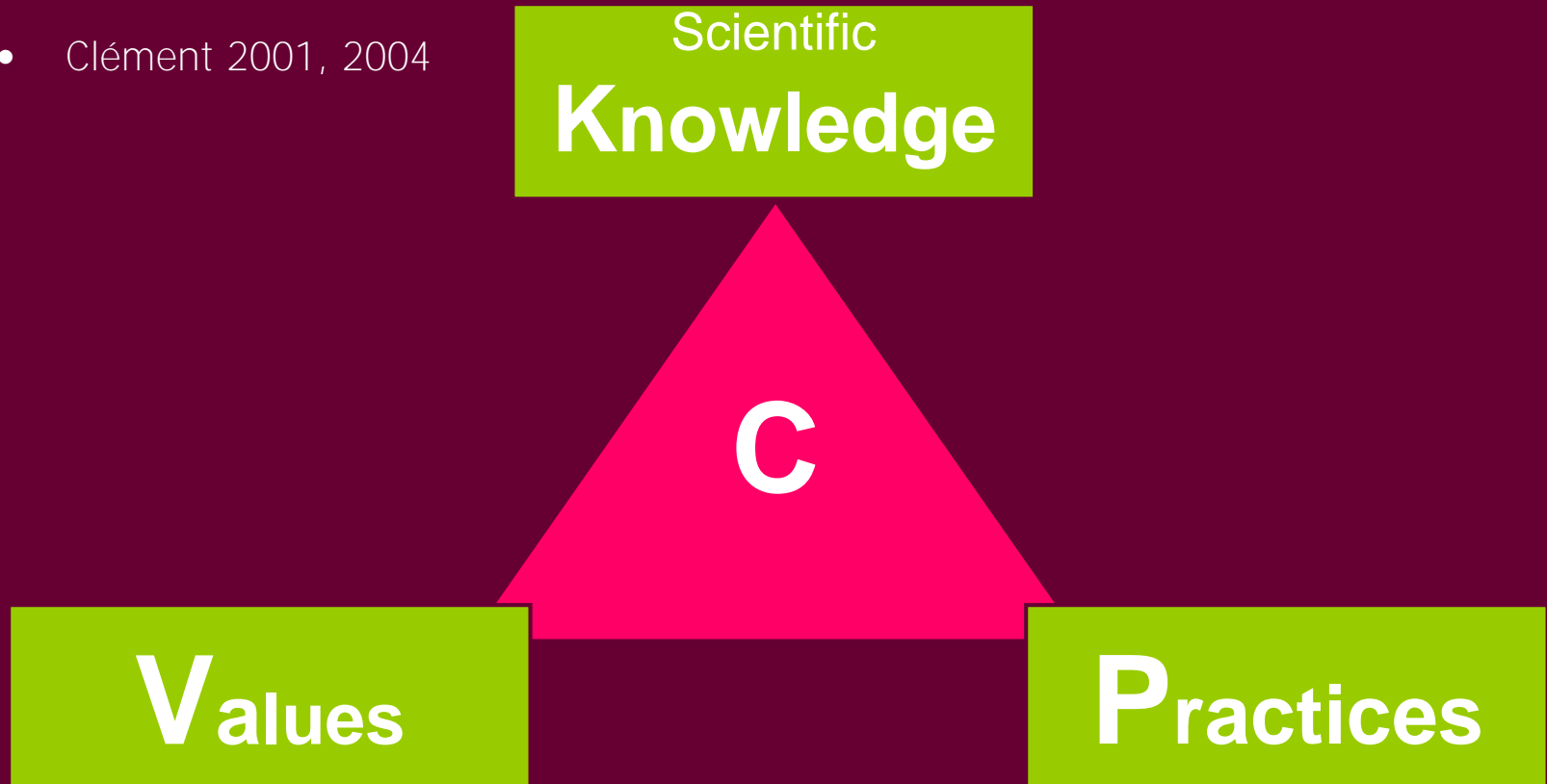
- la transposition didactique
- comme modélisation des mécanismes qui régissent la diffusion d'un concept à l'Ecole.

# Conceptions

analysées comme interactions entre 3 pôles

Modèle **KVP**

- Clément 2001, 2004



## DIDACTIC TRANSPOSITION

- Science & Social references

- Different levels of science dissemination

- Curricula & syllabuses

- Textbooks & other tools

K, V, P

K, V, P

K, V, P

K, V, P

K, V, P

K, V, P

## CONCEPTIONS of

- Scientists, leaders, groups

- Medias (Journals, TV, ...)

- Main actors of the school system

- Authors & Publishers

- Teachers

- Learners

- What is taught

- What is learned

DIDACTIC SITUATION = ENVIRONMENT OF LEARNING

Clément 2004,  
2006

# Notre modèle de la transposition didactique

- Notre recherche s'intéresse particulièrement aux **interactions entre science et valeurs**
- Comme le dit Picq (2002), « *le véritable problème de la paléanthropologie, c'est une certaine idée de l'homme* ».

# Méthode de recherche

- Analyse épistémologique sur l'évolution humaine
- Prise de recul critique dans une approche contrastive :
  - Comparaison synchronique ou diachronique des programmes et des manuels scolaires relatifs à l'évolution humaine

# Approche épistémologique

Les études sur la construction des connaissances sur les origines d'Homo sapiens dans l'histoire des sciences (Quessada & Clément, 2006) ont permis

- l'identification des **obstacles épistémologiques** majeurs qui s'opposent à une conception évolutionniste de l'homme
  - La coupure homme/animal, le fixisme, le créationnisme, le finalisme, l'anthropocentrisme, l'ethnocentrisme
- la catégorisation des **conceptions** qui s'y rattachent

# 3 analyses comparatives présentées

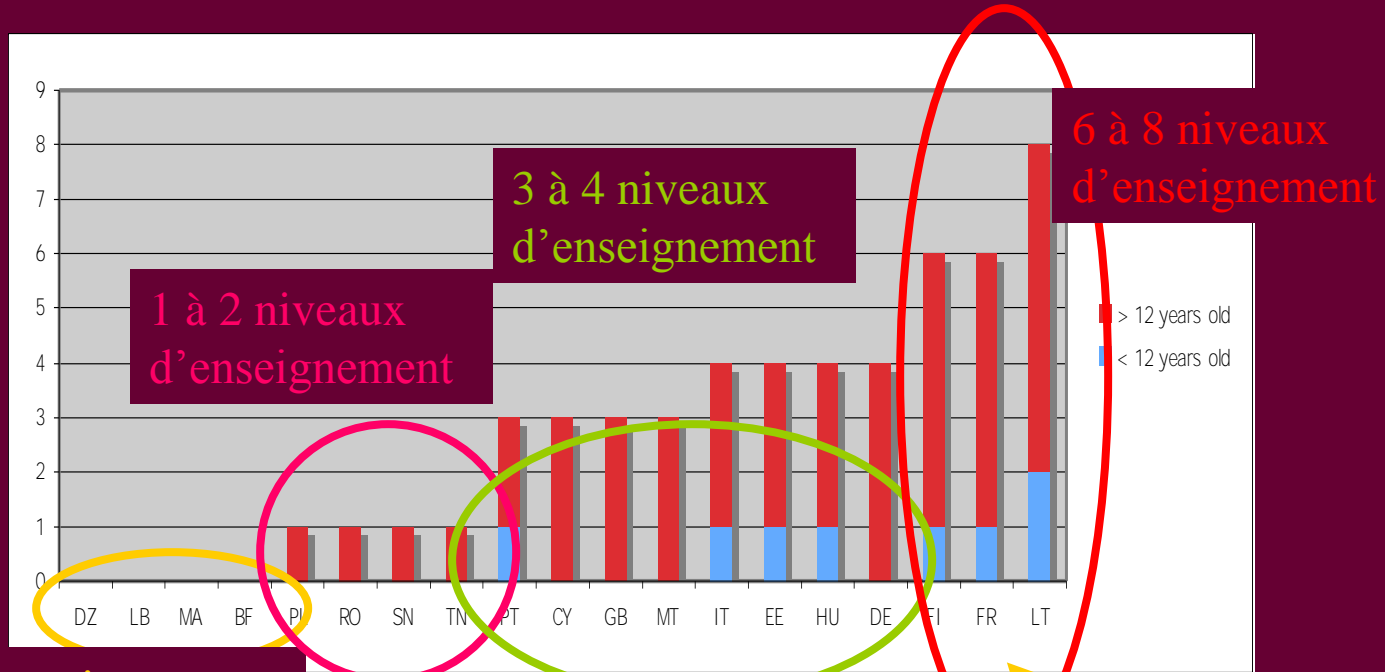
- Une analyse **synchronique** portant sur **différents pays** effectuée en 2008.
- Une analyse **diachronique** portant sur **2 siècles en France**.
- Une analyse **diachronique** portant sur les **20 dernières années en classe de terminale scientifique en France**.

*Analyse synchronique portant sur  
différents pays effectuée en 2008.*



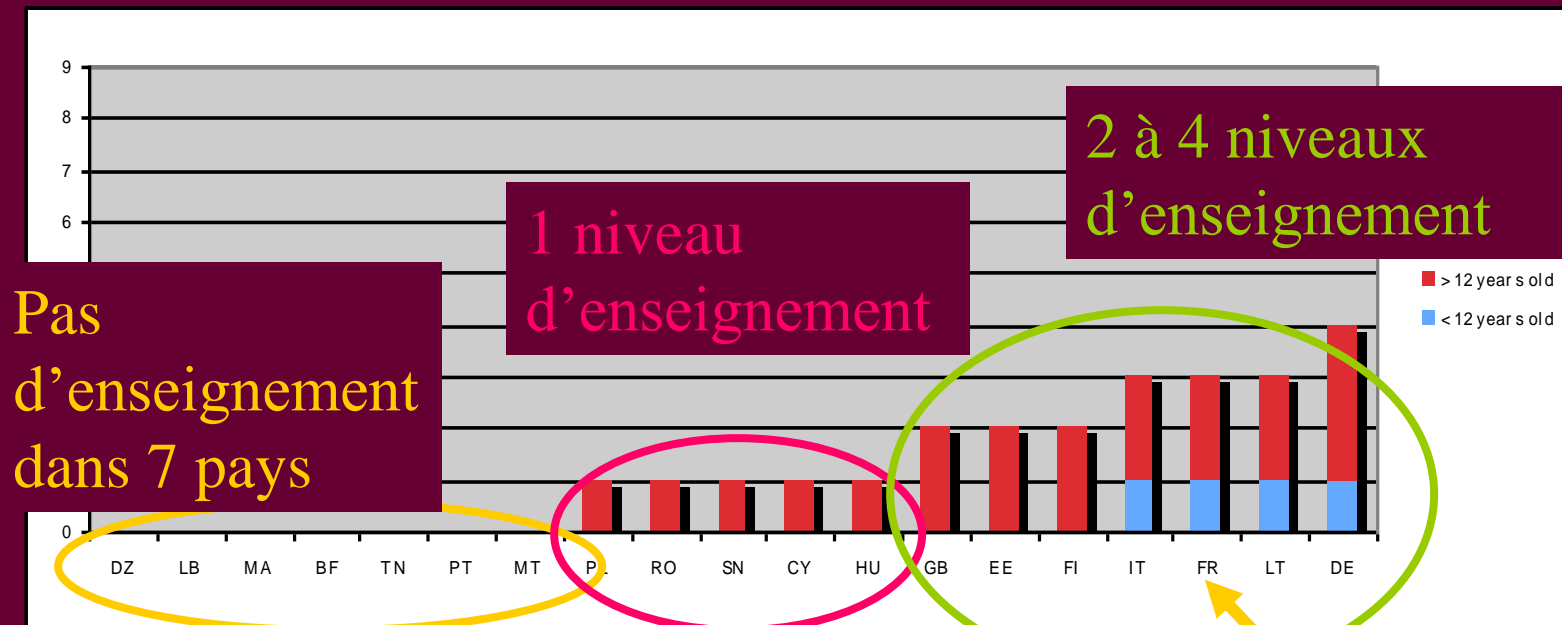
# Analyse des programmes dans 19 pays

# Nombre de niveaux scolaires où l'Evolution est présente dans les programmes de Biologie dans 19 pays en 2008



Pas d'enseignement dans 4 pays

Nombre de niveaux scolaires  
où l'évolution humaine est présente  
dans les programmes de Biologie dans 19 pays en 2008



En 2008 en France, un enseignement  
de l'évolution étalée sur la totalité de  
la scolarité avec l'évolution humaine  
présente à plusieurs niveaux  
scolaires

Un élément important à maintenir dans les  
programmes scolaires garant d'une culture  
commune dans ce domaine

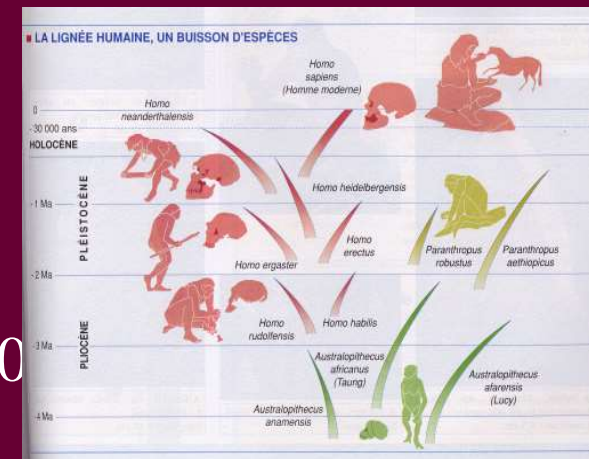
# Analyse des manuels scolaires

# Une grille d'analyse des chapitres consacrés à l'évolution biologique

- le nombre de pages sur l'évolution
- le nombre de pages sur l'évolution humaine
- les schémas représentant l'évolution humaine (place occupée par l'espèce humaine dans le schéma, la présence ou non d'éléments indiquant l'incertitude)
- la présence de mots-clés comme Darwin, Lamarck ou sélection naturelle

# Analyse des schémas

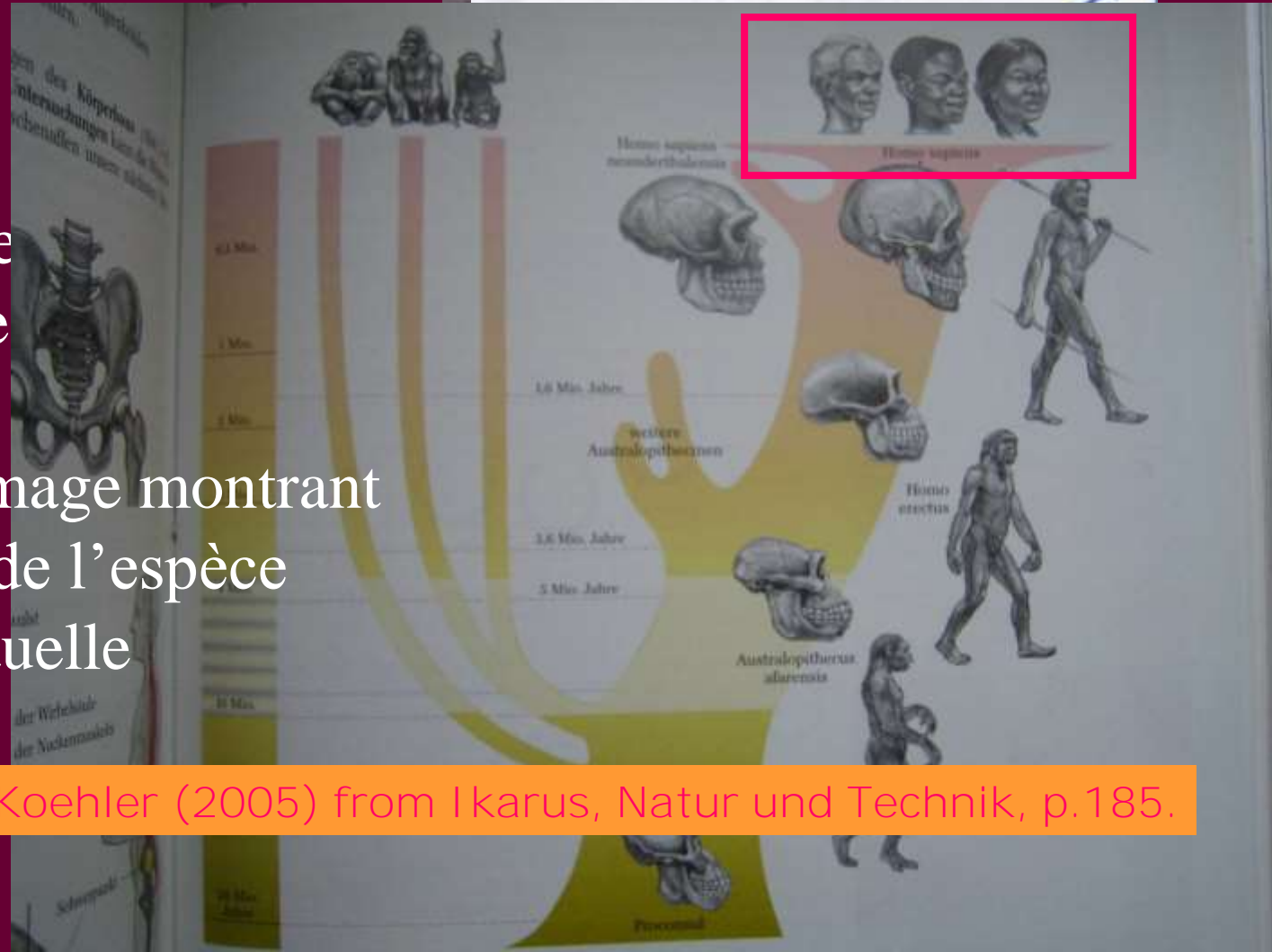
- 50 images d'*Homo sapiens* dans les schémas d'évolution
  - Collectés dans 18 manuels en vigueur en 2002
  - de 9 pays (Cyprus, Estonia, France, Italy, Lebanon, Portugal, Romania, Senegal, Tunisia)



France Bordas 2002

# La diversité humaine dans les représentations de *Homo sapiens*

- Les marqueurs occidentaux
- Une seule image montrant la diversité de l'espèce humaine actuelle



Germany, illustr by Koehler (2005) from Ikarus, Natur und Technik, p.185.



# Le genre dans les représentations de *Homo sapiens* d'évolution

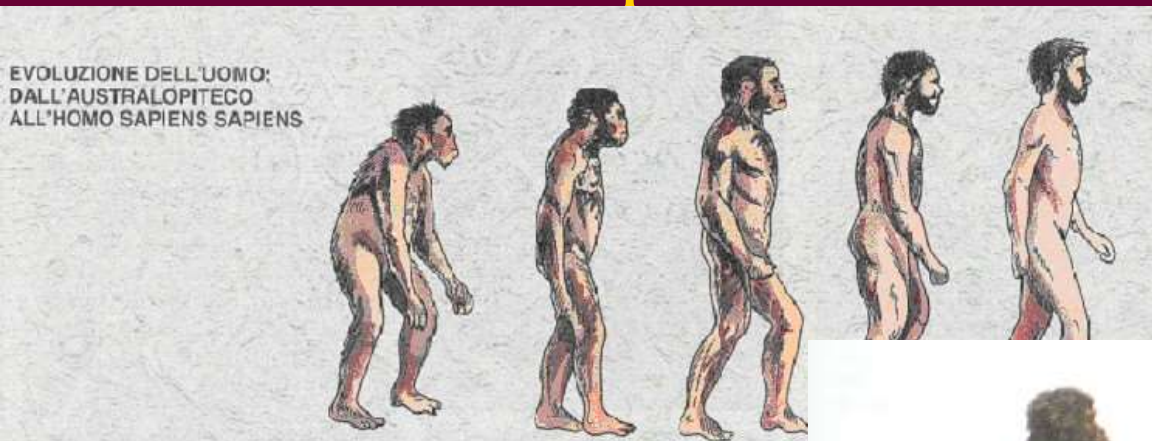
- *Homo sapiens* : un homme blanc
- *Homo sapiens* n'est jamais représenté par une femme.
- Seulement 3 images avec une femme dans 2 cas, elle est en couple

EVOLUZIONE  
DALL'AUSTRO  
ALL'HOMO

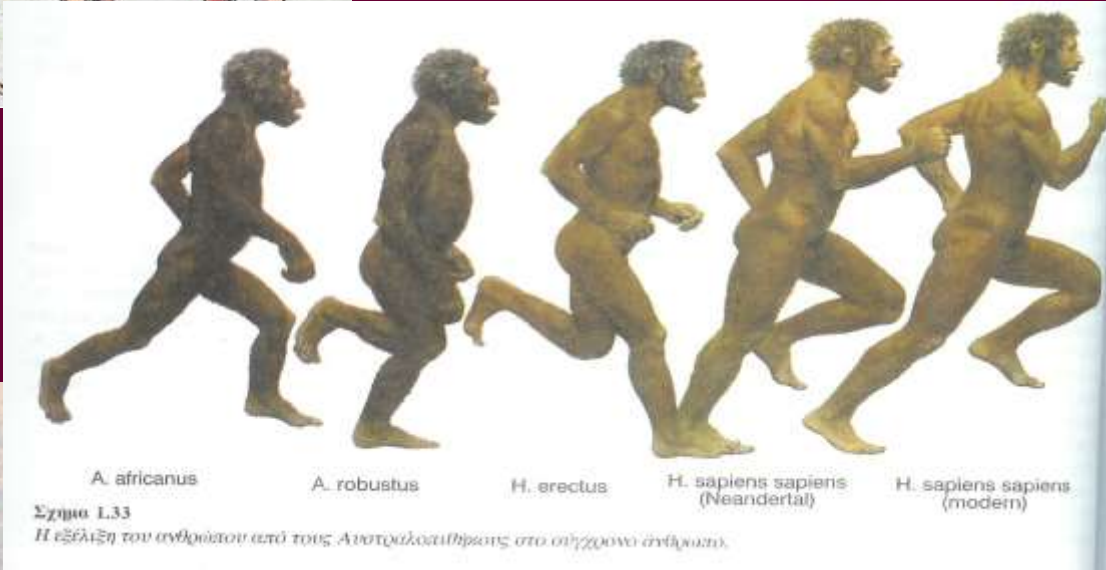


A couple (in Biologija, S.S.Mader, Vilnius, Lithuania, 1999, p.134)

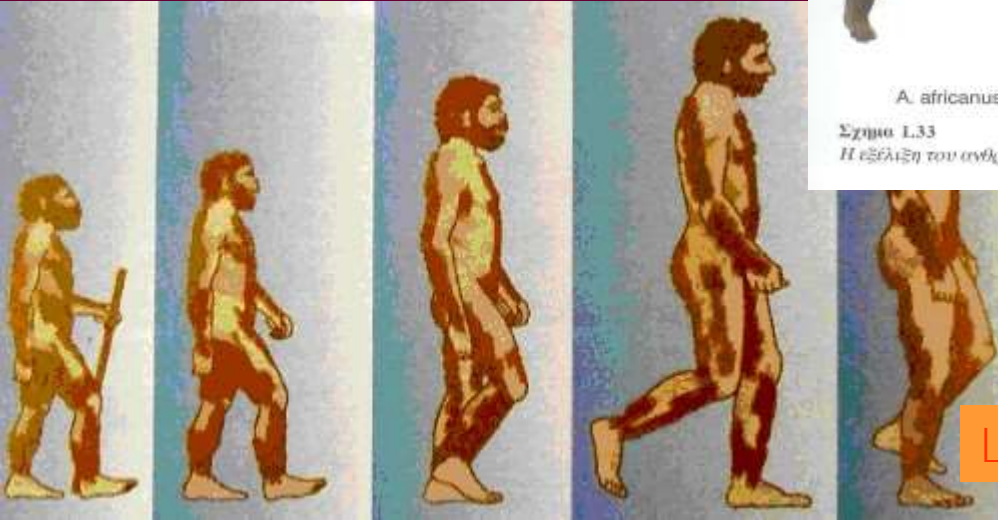
# une conception linéaire de l'évolution



Italia, Il Capitello, 2001, p.277



Cyprus, 2eGHS, ME, 1999, p.44



Lebanon CRDP, Term S, 2002, p.368.

# Des convergences

- Nombreux messages **implicites** tels que **le finalisme, l'anthropocentrisme, l'androcentrisme**
- Des **représentations sociales** fortement **ancrées**

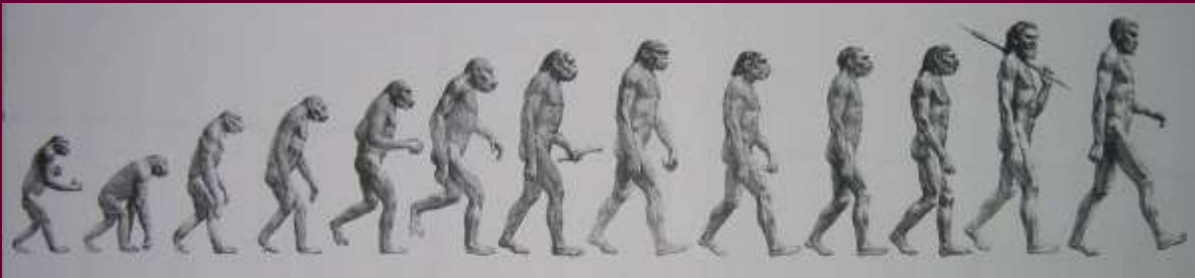
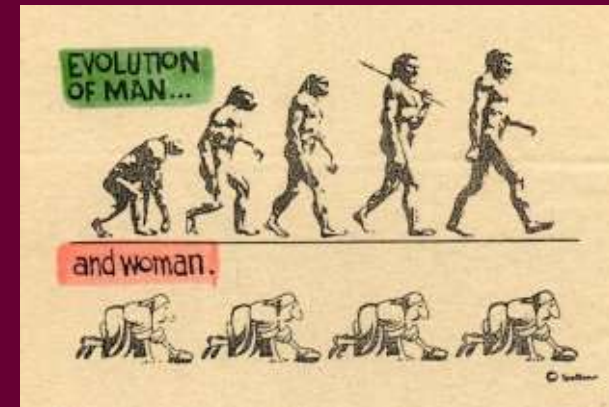


Image de l'ouvrage de la collection Time Life de 1970. Collection Life le monde vivant Books éditions bücher coleccion



# Des divergences

- Dans l'importance du thème
  - De 0 à 200 pages sur l'évolution des êtres vivants
  - De 0 à 20 pages sur l'évolution humaine.
- Dans l'approche épistémologique

# Des divergences dans l'approche épistémologique



– d'une **contextualisation** des théories de l'évolution avec des **références historiques** nombreuses dans les manuels de nombreux pays Lamarck et **Darwin**, Linné, Buffon, Hutton, Lyell, Cuvier, Agassiz, Malthus, Wallace, Gould et Eldredge

- à une **décontextualisation** totale

**Darwin ignoré**

Pas d'autres scientifiques

**Dépersonnalisation** forte qui contribue à dogmatiser le discours

# Des divergences dans l'approche épistémologique

- d'une **confusion** des registres **scientifiques et religieux**
- à un **explicitation** des registres **scientifiques et religieux**
- ou une **centration totale** sur le registre **scientifique** comme en France

L'existence de similitudes, parfois très évidentes (Fig. 1), entre les formes vivantes est une observation à l'origine des théories de l'évolution du monde vivant.

Ces idées s'apparentent au dogme créationniste. Elles qui admettent que chaque espèce vivante actuelle est le résultat d'une création séparée (notamment) dès l'origine du monde vivant. La coexistence de toutes les espèces actuelles y compris l'Homme (Fig. 3).

Les théories de l'évolution se basent toutes sur l'idée que les espèces vivantes ont dérivé les unes des autres en se diversifiant et qu'elles proviennent d'une seule espèce originelle appelée ancêtre commun (Fig. 2).

2. Schéma représentant l'évolution à partir d'un ancêtre commun

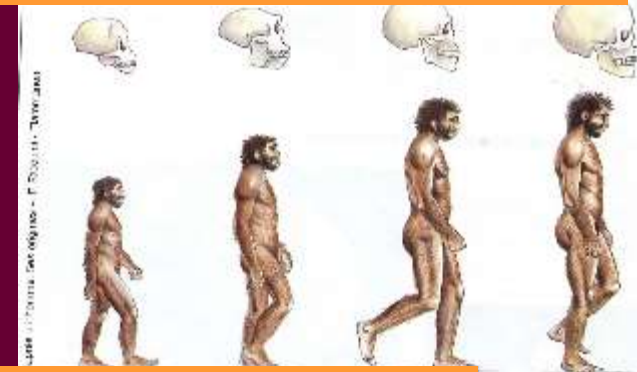
3. Schéma représentant l'hypothèse fixiste

- ❑ Quels sont les arguments en faveur de l'évolution du monde vivant ?
- ❑ Quels est l'histoire évolutive du monde vivant ?
- ❑ Quels sont les mécanismes de l'évolution ?

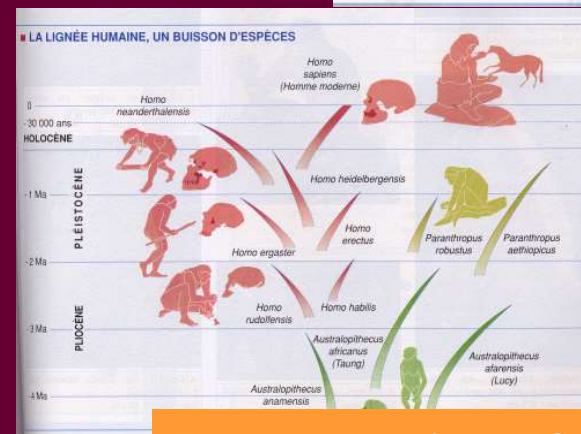
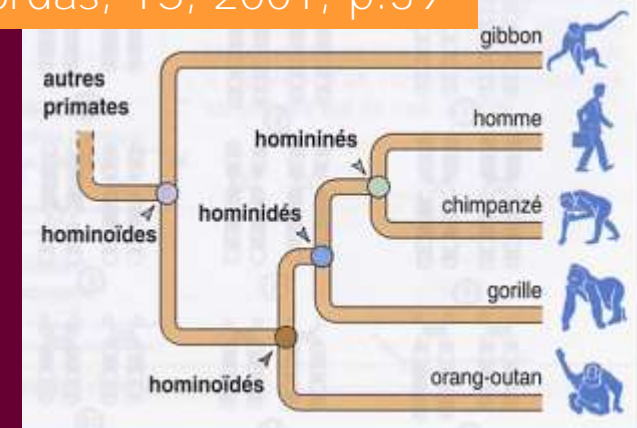
Tunisie, Term, 2004

# En France en 2008,

- Thème largement couvert dans les manuels scientifiques du primaire et du secondaire
- Centration sur le seul registre scientifique
- Pas d'histoire des sciences
- Peu ou pas de cadre théorique explicite
- Centration sur les « faits » d'évolution
- Valeurs implicites



France, Bordas, TS, 2001, p.39



France, Bordas, TS, 2001, p.73

En 2008 en France, certes un enseignement de l'évolution étalée sur la totalité de la scolarité avec l'évolution humaine présente à plusieurs niveaux scolaires

mais un enseignement dogmatique centré sur les faits avec une faible vigilance épistémologique

3 éléments importants pour l'enseignement de l'évolution

Maintien dans les programmes scolaires

Approche épistémologique

Vigilance sur les valeurs implicites



# Analyse diachronique portant sur 2 siècles en France.

Histoire de l'enseignement de  
l'évolution humaine en France:

*programmes et manuels scolaires  
de 1814 à nos jours*

# Le délai de la transposition didactique (DTD)

- = le décalage entre la publication d'une conception scientifique et son introduction dans l'enseignement

Quessada et Clément, 2005

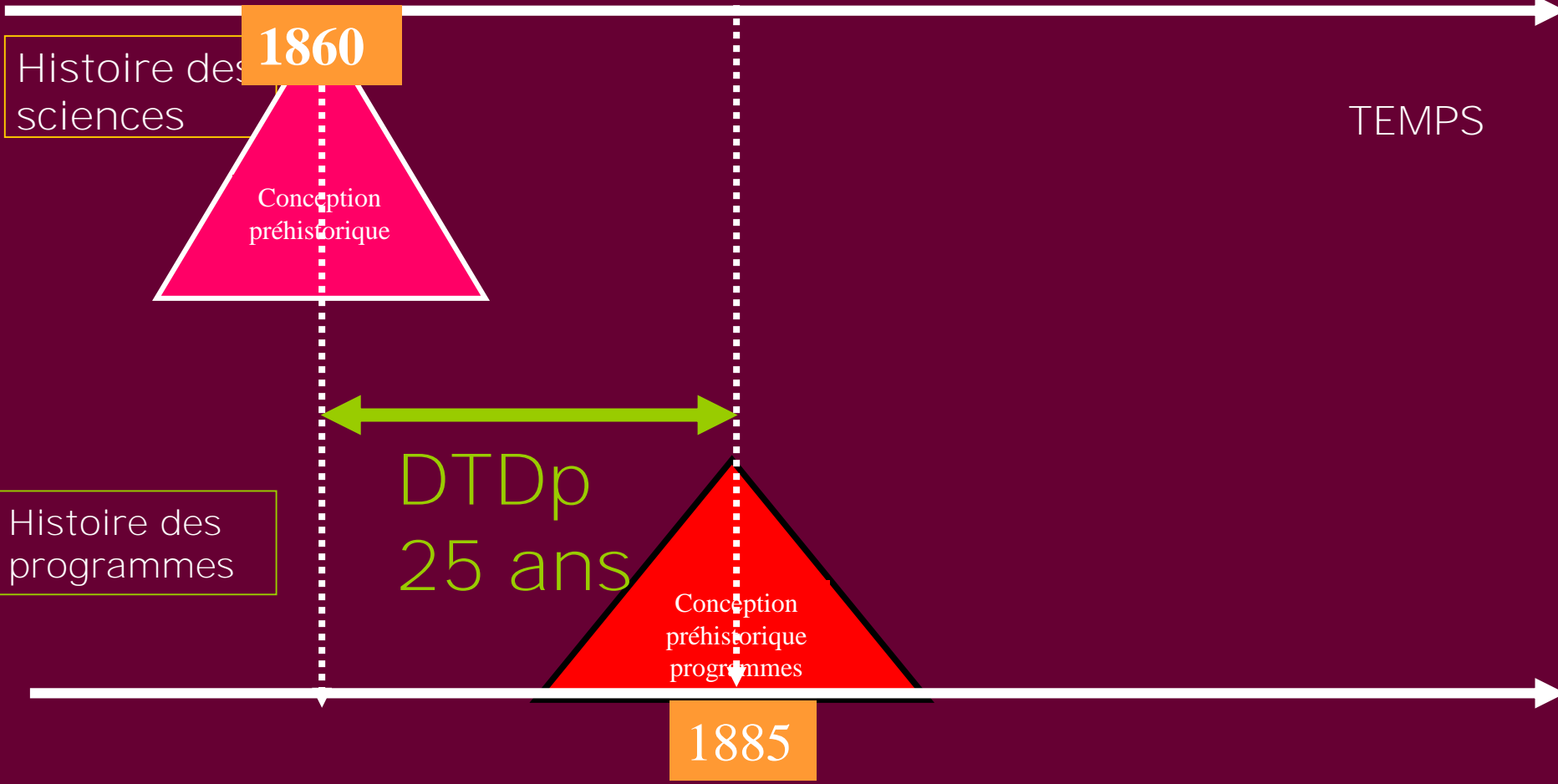
Première moitié du 19e siècle :  
D'une conception créationniste à  
une conception zoologique de  
l'espèce humaine

Deuxième moitié du 19<sup>e</sup> siècle  
d'une conception zoologique à  
une conception préhistorique

# 1885 : une transposition rapide de la conception préhistorique

Extrait - 22 janvier 1885 Nouveaux programmes de sciences de l'enseignement secondaire classique – classe de quatrième Belhoste p.503-504.

- Terrains quaternaires
- Période glaciaire.- **Diluvium**.- Prédominance des animaux et des végétaux actuels.- **Homme préhistorique** : caverne à ossements, armes et instruments primitifs.
- Aspect général sur la formation du sol de la France.



Histoire des sciences

1860

Conception préhistorique

TEMPS

Histoire des programmes

1885

Conception préhistorique programmes

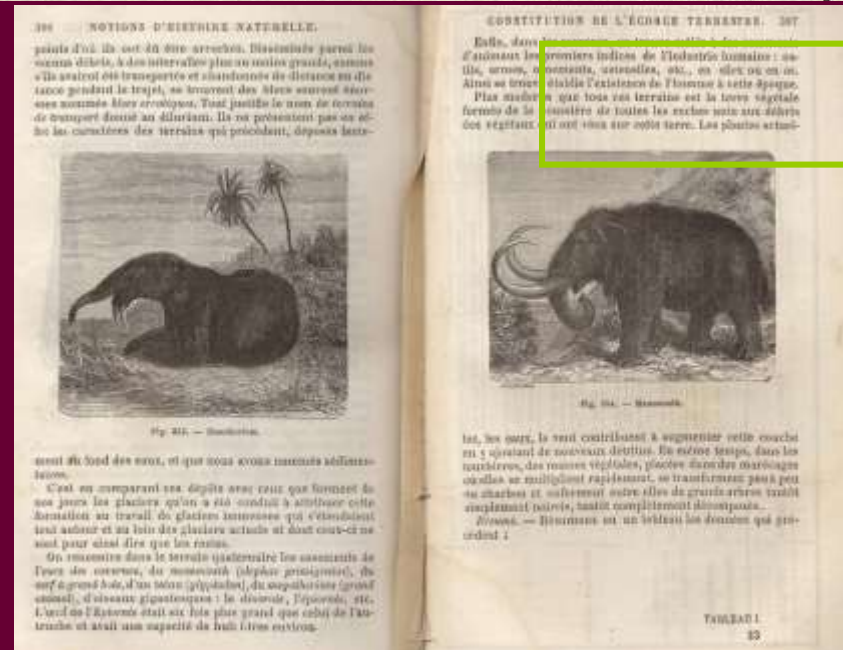


DTDp  
25 ans

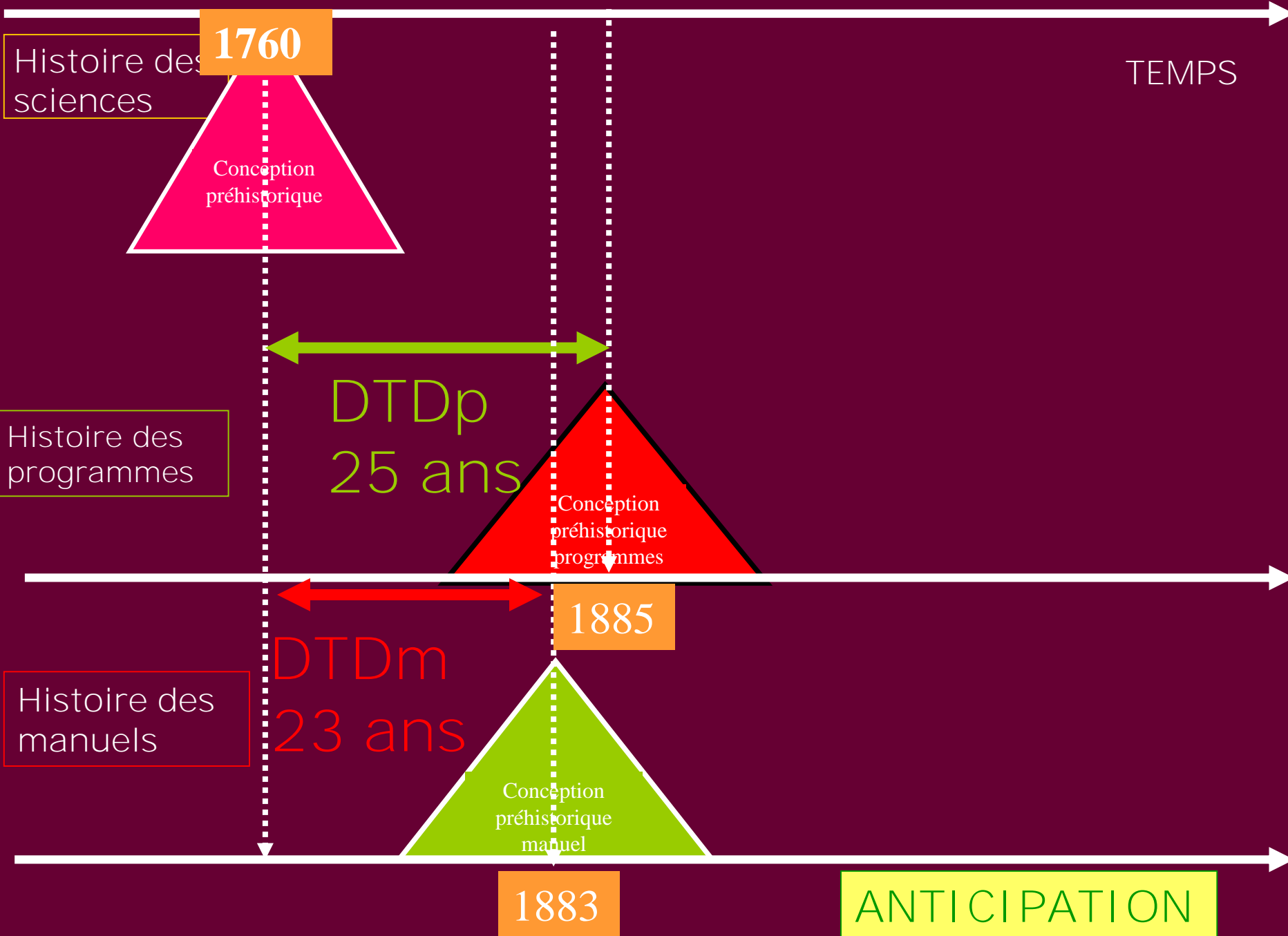
# Anticipation dans un manuel de 1883

Enfin, dans les cavernes, on trouve mêlés à des ossements d'animaux les premiers indices de l'industrie humaine : outils, armes, ornements, ustensiles, etc., en silex ou en os. Ainsi se trouve établie l'existence de l'homme à cette époque.

- Une argumentation scientifique à l'existence de l'homme quaternaire

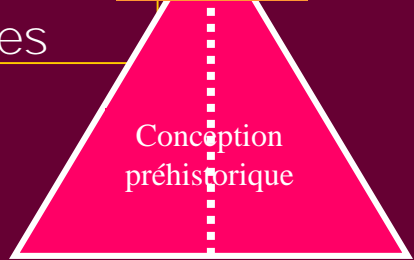


Hémet F., 1883. *Premières notions d'histoire naturelle*, Delagrave, Paris.



Histoire des sciences

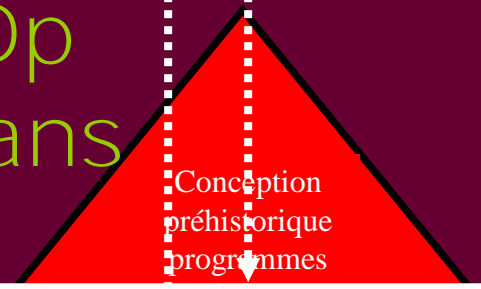
1760



TEMPS

Histoire des programmes

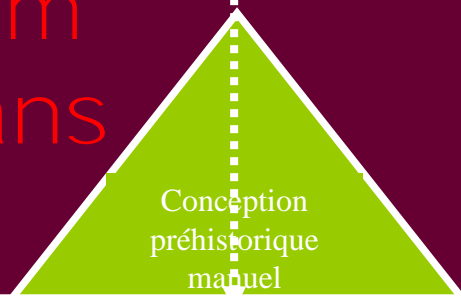
DTDp  
25 ans



Histoire des manuels

DTDm  
23 ans

1885



1883

ANTICIPATION



# DTD court pour la conception préhistorique

- la **laïcisation** de l'école de la République
- la **médiatisation** de l'homme préhistorique

*« L'histoire naturelle en est arrivée à lutter, corps à corps avec les anciennes philosophies, elle leur a arraché une à une leurs vieilles légendes, et elle prépare maintenant, non sans avoir de rudes batailles à livrer, la plus profonde des révolutions qui se soit jamais opérée dans l'ordre philosophique, politique et religieux »*

Edmond Perrier, zoologiste et évolutionniste  
(dictionnaire Pédagogique Buisson 1882)

# Introduction de l'homme préhistorique et construction du mythe laïque des origines

- transmission de valeurs partagées à la fin du 19<sup>e</sup> siècle
  - laïcité
  - humanisme
  - anthropocentrisme
  - hiérarchie des races humaines
- trahison épistémologique
  - argumentation scientifique réduite et incomplète
  - expression du doute souvent absente
  - mythe laïque des origines humaines

Début du 20<sup>o</sup> siècle: d'une  
conception préhistorique à une  
conception évolutionniste

# La réforme de 1902: une conception évolutionniste avec l'exemple de l'Homme

31 mai 1902 programmes de sciences et de comptabilité des classes secondaires dans les lycées et collèges de garçons. Sections A, B, C, D – Philosophie A et B et Mathématiques A et B, p.615-616.

- Notions sommaires de **paléontologie** (les notions forment la matière de cinq leçons d'une heure au plus).
  - Les animaux des temps tertiaires et quaternaires.- **Evolution des mammifères ; origine des types actuels.- Histoire du cheval - L'Homme.**

# Manuel de 1915 : Transposition didactique rapide et rigueur épistémologique

**L'Homme tertiaire.** — Pendant longtemps, l'idée de l'existence de l'Homme tertiaire a été rejetée. Cependant des géologues ont trouvé dans le terrain miocène, à Thenay (Loir-et-Cher), des silex qui paraissent avoir été taillés par l'Homme.

De plus, dans des sables pliocènes, aux environs de Chartres, on a trouvé des ossements d'Éléphants portant des stries qu'on a attribuées à l'action de l'Homme. Enfin, en 1895, on a trouvé, à Tilloux (Charente), des silex taillés et des ossements de l'*Elephas meridionalis*, qui est caractéristique du Pliocène.

D'autre part, un savant hollandais a trouvé, en 1892, dans le Pliocène de Java, un crâne et un fémur de squelette qu'il a attribué à un précurseur de l'Homme et qu'il a appelé *Pithecanthropus*.

Malgré ces découvertes, l'existence de l'Homme tertiaire n'est pas encore suffisamment démontrée. L'existence de l'Homme quaternaire est au contraire indiscutable.



■ Caustier E., 1915, *Géologie à l'usage des élèves de quatrième A et B* Conforme aux programmes du 4 Mai 1912, Vuibert, Paris.

- une présentation **exhaustive des données paléontologiques** dans une conception évolutionniste conforme aux visées positivistes de la réforme de 1902 et au développement d'un **humanisme scientifique**
- une **problématisation scientifique** sur l'existence de l'homme tertiaire alors que seul l'homme quaternaire est demandé dans les programmes.





De 1912 à 1966 : pas d'évolution  
humaine

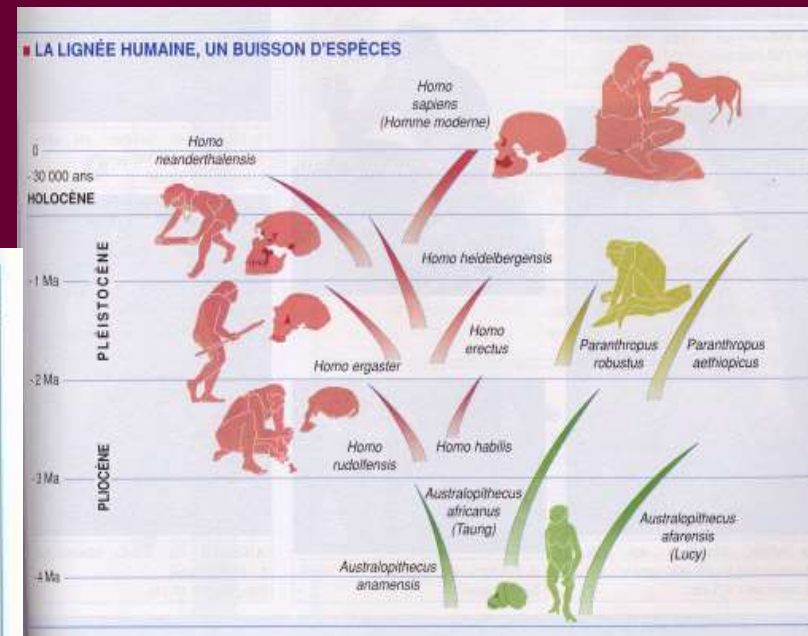
La conception évolutionniste  
persiste sans l'exemple de  
l'homme avec une réduction  
progressive de cet enseignement.

# de 1966 à nos jours: ré-introduction de l'évolution humaine

Bordas 2002

Bordas 1983 (Tavernier)

Types d'Hominidés	Australopithèques	Archanthropiens	Paléanthropiens	Néanthropiens
locomotion et taille	<p>taille d'un pygmée</p>  <p><i>australopithèque</i></p>	<p>1,50 m</p>  <p><i>pithécantrope</i></p>	<p>1,55 m</p>  <p><i>homme de Néanderthal</i></p>	<p>1,80 m</p>  <p><i>homme de Cro-Magnon</i></p>



# Que nous apporte l'approche historique ?

- Des choix et un délai de transposition variables en forte interaction avec le contexte socio-politique.
  - stabilisation des contenus/actualisation des contenus
  - développement/régression-disparition
- Dogmatisme, scientisme/ rigueur épistémologique



Une analyse diachronique portant  
sur les 20 dernières années en classe  
de terminale scientifique en France.

**L'évolution humaine dans les programmes et  
les manuels scolaires de science français de  
1994 à aujourd'hui**

# Corpus

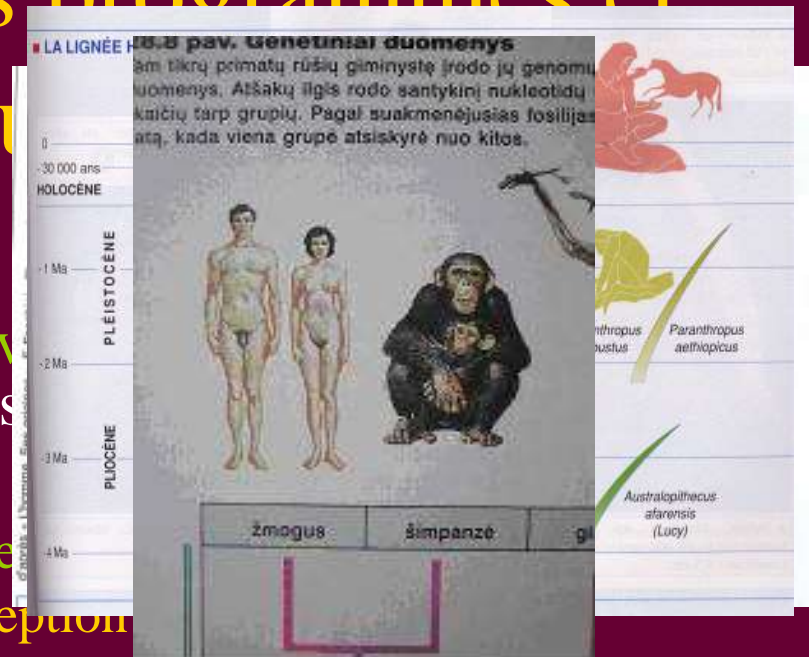
- les **programmes** de Sciences de la vie et de la Terre (SVT) de la classe de terminale de 1994, 2001 et 2011
- les **manuels scolaires** de TS de SVT de 1994, 2002 et 2012 des éditions Bordas et Nathan

# Analyse du texte des programmes et des manuels

- Selon la **méthode des termes pivots** (Lévesque, 1987). Les termes pivots choisis

- « lignée »
- « buisson »,
- « parenté »,
- « arbre »
- « ancêtre »
- « phylogénie »

- conception phylogéniste
- conception phylogéniste
- conception phylogéniste
- conception phylogéniste



*Analyse comparée des  
programmes scolaires de 1994,  
2001 et 2011*

**Tableau 1 – Occurrence des termes - pivots dans les programmes**

	lignée	Buissonnant	parenté	arbre	ancêtre	phylogénie
Programme 1994	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Programme 2001	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Programme 2011	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

# Analyse des programmes scolaires

## 1994

- Les programmes de 1994 sont
  - concis (213 mots)
  - d'une **conception évolutionniste, linéaire, et finaliste de l'évolution humaine**
- La transposition didactique est
  - simplificatrice,
  - **dogmatique,**
  - en lien avec des **valeurs** soit implicites (**finalisme, anthropocentrisme**), soit explicites (**éducation à la citoyenneté**).

# Analyse des programmes scolaires 2001

- Les programmes de 2001 (MEN, 2001) sont
  - détaillés (585 mots) avec de nombreuses données concernant les espèces et leur âge
  - d'une **conception évolutionniste, buissonnante de l'évolution humaine.**
- La transposition didactique est
  - centrée sur l'actualisation des connaissances, avec un DTD est très court (moins de 10 ans) qui vise à une adéquate intenable tenable, à l'actualité scientifique.
  - Peu rigoureuse du point de vue épistémologique
    - « création » du concept ambigu de *lignée buissonnante*
    - non présentation d'hypothèses controversées

# Analyse des programmes scolaires

## 2011

- Les programmes de 2011 (MEN, 2011) sont
  - plus concis (426 mots) et beaucoup moins détaillés
  - d'une **conception évolutionniste phylogéniste**.  
C'est un arbre phylogénétique qui est objet d'étude
- La transposition didactique est
  - ouverte à d'autres domaines comme la philosophie pour le thème de convergence « *Regards croisés sur l'Homme* ».
  - Le caractère général de ces programmes rend difficile le calcul du DTD.



# Analyse comparée des programmes scolaires

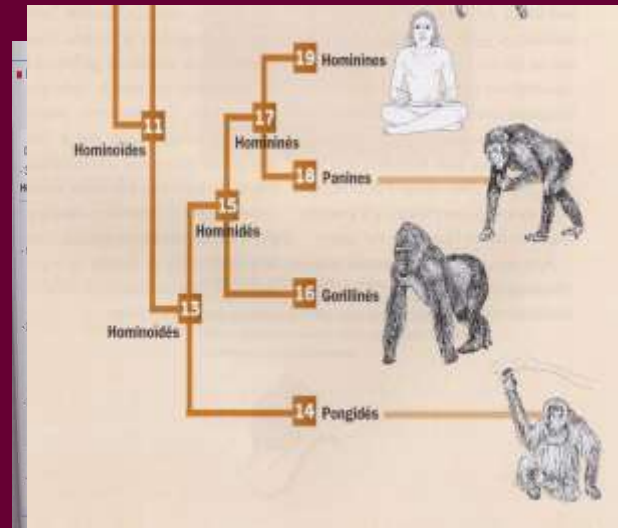
## 2011

- La transposition didactique est
  - marquée par une sensibilité épistémologique
    - Sensibilisation à la **nature des sciences** : « illustre(r) une question scientifique en devenir » , évoquer les différentes « conceptions » scientifiques au sujet de la phylogénie des primates.
    - Prévention contre
      - Le **dogmatisme** : La nature *controversée* de l'arbre phylogénétique du genre *Homo* est précisée.
      - Le **finaliste et l'anthropocentrique** : « *Homo sapiens* peut être regardé, sur le plan évolutif, comme toute autre espèce. Il a une histoire évolutive et est en perpétuelle évolution. »
      - L'**innéiste** : « l'interaction entre l'expression de l'information génétique et l'environnement (dont la relation aux autres individus) »

*Analyse comparée du texte des  
chapitres de manuels scolaires de  
SVT de 1994, 2002 et 2012*

# Analyse des manuels

- les schémas représentant l'évolution humaine sont classés selon les trois catégories que nous avons définies en 2005 :
  - Le schéma stratigraphique présente la répartition des espèces fossiles dans le temps, sans lien entre elles.
  - Le schéma phylogénétique représente les relations de parenté entre espèces.
  - Le schéma mixte associe les deux approches précédentes
- Les valeurs implicites présentes dans les arbres d'évolution, mises en évidence (Quessada et al., 2008):
  - L'androcentrisme,
  - L'éthnocentrisme,
  - Le finalisme
  - l'anthropocentrisme



**Tableau 1 – Occurrence des termes - pivots dans les programmes et manuels scolaires**

	lignée	buissonnant	parenté	arbre	ancêtre	phylogénie
Programme 1994	2	0	1	0	0	1
Nathan 1994	12	0	2	1	1	1
Bordas 1994	20	0	5	0	2	1
Programme 2001	10	1	2	0	2	2
Nathan 2002	20	5	1	0	8	1
Bordas 2002	32	4	14	4	18	4
Programme 2011	0	0	0	4	2	3
Nathan 2012	4	0	4	3	7	5
Bordas 2012	4	1	8	12	21	18

**Tableau 2 – Les catégories de schémas sur l'évolution humaine dans les manuels SVT de 1994, 2002 et 2012.**

schéma stratigraphique	schéma phylogénétique	schéma mixte
<p><u>Nathan 1994- p.363</u>  <u>Nathan 1994- p.369</u></p>	<p><u>Nathan 1994- p.367</u>  <u>Bordas 1994- p.385</u></p>	<p><u>Nathan 1994- p.364</u>  <u>Bordas 1994- p.386</u>  <u>Bordas 1994- p.391</u></p>
<p>Nathan 2002- p.51  Bordas 2002- p.61  Bordas 2002- p.73</p>	<p>Bordas 2002- p.39  Bordas 2002- p.42  Bordas 2002- p.43</p>	<p>Nathan 2002- p.43  Nathan 2002- p.61</p>
	<p><i>Bordas 2012- p.85</i>  <i>Bordas 2012- p.89</i>  <i>Bordas 2012- p.91</i>  <i>Bordas 2012- p.101</i>  <i>Nathan 2012- p.80</i>  <i>Nathan 2012- p.83</i></p>	<p><i>Nathan 2012- p.86</i>  <i>Nathan 2012- p.87</i></p>

# D'une conception linéaire à une conception phylogéniste

- Le terme lignée est remplacée par les termes phylogénie, parenté, ancêtre.
- Les schémas sont presque essentiellement phylogénétiques en 2012
- Le risque est d'en oublier toute la richesse de ce domaine apportée par les sciences historiques

# En 2012 comme précédemment respect des programmes à la lettre

- Pas d'innovation
  - Absence de référence à l'histoire des sciences,
  - Absence d'ouverture à d'autres disciplines
  - Absence de références aux débats socio-scientifiques marquant le début du XXIe siècle et médiatisés à l'occasion de l'année Darwin en 2009

## 2 La construction d'une phylogénie

La phylogénie des représentants du genre *Homo* peut s'établir à partir de caractères crâniens. On peut aussi utiliser les autres caractéristiques du squelette. En effet, les représentants du genre *Homo* possèdent en commun des modifications du squelette leur permettant de se tenir debout, de marcher et même de courir. Il possède un squelette qui présente des adaptations à cette forme de bipédie (talon épais et voûte plantaire prononcée, col du fémur long et fémur rectiligne orienté vers l'intérieur, genoux épais avec os spongieux ...). Il existe peu de différences entre les individus appartenant aux deux sexes.

**RÉALISER**

1. Ouvrir le logiciel Phylogène et sélectionner la collection « Hominiens ».
2. Construire une matrice avec les espèces proposées et les caractères : prognathisme, trou occipital, saillie des pommettes.
3. Établir des parentés possibles pour chacun des caractères.

Arbres phylogénétiques élaborés à partir de caractères crâniens : **prognathisme** et **trou occipital**.

**Prognathisme**

- En apert (let. avant)
- Intermediaire (plus de dent.)
- Absent (let. avant)

**Trou occipital**

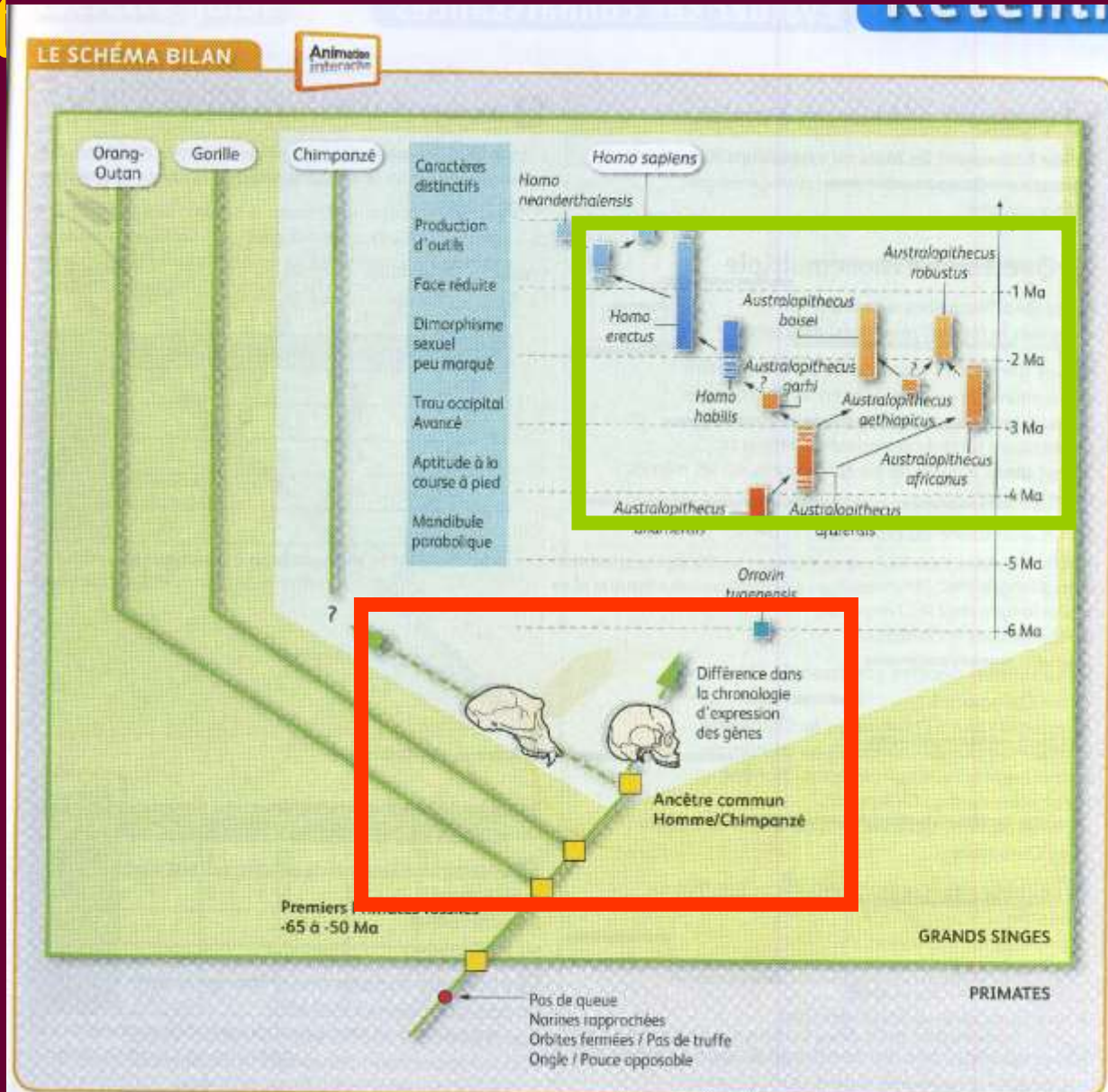
- En apert (let. avant)
- Intermediaire (plus de dent.)
- Absent (let. avant)

H: Homo  
P: Parvontopie  
A: Australopithecus

# Schéma Mixte

- Risque de confusion dans les référents théoriques et méthodologiques

équilibres  
ponctués et  
gradualisme





# La transposition des connaissances sur l'évolution humaine

- **Renouvellement très rapide des connaissances prise en compte**
  - soit par une **actualisation très rapide**
  - soit par **une généralisation des connaissances.**
- Dans les **programmes**, passage en 20 ans
  - **d'une information scientifique** actualisée, simplifiée et dogmatisée et rapidement obsolète à
  - **une formation** au registre scientifique non dogmatique et plus rigoureuse.

# La transposition des connaissances sur l'évolution humaine

- Les **manuels scolaires** ne s'approprient pas vraiment cette **vigilance « épistémologique »** des programmes.
- Les manuels maintiennent un **DTD très court** et transposent les programmes de façon **illustrative**.

# La transposition des connaissances sur l'évolution humaine

Prise en compte des valeurs dans les nouveaux programmes

Les valeurs implicites qui sont véhiculées dans les manuels:

- réduction de l'androcentrisme, du finalisme et de l'anthropocentrisme
- il ne reste qu'un ethnocentrisme manifeste dans la représentation de l'espèce humaine actuelle.



Bordas 2012



Nathan 2012

# La transposition des connaissances sur l'évolution humaine

- La difficulté à différencier le registre scientifique du registre des opinions et des croyances est explicitée. Elle est abordée par un travail
- sur le seul registre scientifique ( hypothèses, limites, controverses scientifiques) :
  - pas de prise en compte des controverses socio-scientifiques passées et actuelles.

# Conclusion

# Quelles conceptions des origines de l'espèce humaine?

- Modifications profondes des modèles et des conceptions scientifiques eu cours des 30 dernières années
- Transposition très rapide qui écrase cette histoire des sciences récente
- Centration exclusive sur le registre scientifique

P13. Etes-vous :

Agnostique / Athée

Chrétien :  Catholique  Protestant  Orthodoxe  Autre (merci de préciser) :

Musulman :  Sunnite  Shite  Druze  Autre (merci de préciser) :

Juif

Autre croyance ou religion (merci de préciser) : \_\_\_\_\_

Je ne veux pas répondre

---

Vos conceptions sur les origines de l'Homme :

Expliquez par un schéma annoté les origines de l'Homme.

```
graph TD; Dieu((Dieu)) --- A[Tous vivants (Australopithecus...)] --- B[origine (Adam & Eve)] --- Homme[Homme];
```

# Quels obstacles?

- **épistémologiques**
  - sur la nature de la science
  - sur les origines de l'espèce humaine actuelle
- **didactiques**
  - schématisation des manuels
- **axiologiques**
  - Laïcité d'évitement

# Quelles préconisations pour la transposition didactique?

- Intégrer largement l'évolution dans les programmes scolaires dont l'évolution humaine à plusieurs niveaux scolaires

L'exemple du cycle 3 de 2008 à 2016

- En 2008, disparition de l'étude *des fossiles, des grandes étapes de l'histoire de la Terre*, du terme «*évolution*»
- En 2016, rétablissement de l'«*Evolution des espèces vivantes*» avec une identification «*des changements de peuplement de la Terre au cours du temps*» qui permet d'aborder la «*diversité actuelle et passée des espèces*» avec mention de l'homme

«*Les élèves appréhendent la notion de temps long (à l'échelle des temps géologiques) et sa distinction de celle de l'histoire des êtres humains récemment apparus sur Terre*» .



# Quelles perspectives pour la formation?

- Développer l'esprit critique et la vigilance des futurs enseignants avec le thème de l'évolution humaine.
  - Formation épistémologique, historique et didactique avec la prise en compte de la dimension axiologique

controverses scientifiques et socio-scientifiques

# Quelles perspectives pour l'enseignement?

- Aider les élèves à comprendre comment évoluent les connaissances relatives à l'évolution humaine : Préférer une **formation** scientifique à une **information** scientifique
  - par l'intégration de **l'histoire des sciences**,
  - par un traitement **non dogmatique** des connaissances scientifiques
  - par la présentation des **faits** et des **théories**

# Quelles perspectives pour l'enseignement?

- Aider les élèves
  - à différencier ce qui relève
    - du champ scientifique
    - du domaine des croyances et des idéologies
  - à éviter de les superposer ou les opposer, mais plutôt à comprendre leur indépendance
- dans le cadre d'une laïcité d'intelligence plutôt qu'une laïcité d'évitement ( Debray)

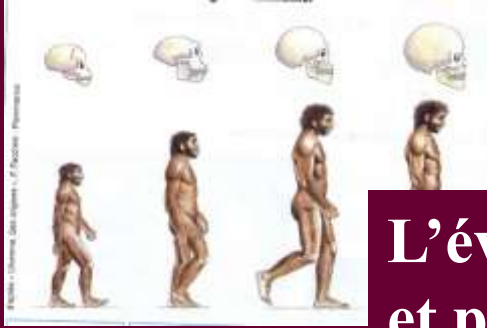
# Un contexte international contrasté

*« Rien n'a de sens en biologie si ce n'est à la lumière de l'évolution ».*

*« Je suis un créationniste et un évolutionniste. »*

*« L'évolution est la méthode de création de Dieu ou de la Nature »*

Dobzhansky (1973)



**L'évolution des Hominidés : enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement.**

# **L'évolution humaine dans les programmes et des manuels scolaires : Quelles conceptions et quels obstacles ?**

Marie-Pierre Quessada  
LIRDEF, Faculté d'Education,  
Université de Montpellier





# Manuel de 1886: conception préhistorique mais pas évolutionniste



198. L'homme à l'époque quaternaire. — L'homme quaternaire, dont nous trouvons des restes sur presque toute la Terre, nous semble avoir vécu dans des conditions comparables à celles des peuples actuellement les plus misérables et les plus sauvages.

- Pas de différence biologique avec l'homme actuel mais seulement une différence **culturelle**.
- Plutôt une conception préhistorique qu'une conception évolutionniste
- Des origines humaines laïques qui se distinguent de l'histoire biblique en lien avec la volonté de laïciser le système éducatif (Jules Ferry 1880)

# En début de 21<sup>o</sup>siècle, en 2008 rupture dans la cohérence des enseignements du primaire et du

En 2007 collège

- au cycle 3 de l'école élémentaire
  - la notion d'*évolution*
  - les *grandes étapes de l'histoire de la Terre*.
- en troisième
  - « *Evolution des organismes vivants et histoire de la Terre* » en classe de 3<sup>o</sup>(BO n<sup>o</sup>6 19 avril 2007)
  - avec l'exemple de l'homme : « *L'Homme, en tant qu'espèce, est apparu sur la Terre en s'inscrivant dans le processus de l'évolution* ».



# En début de 21<sup>o</sup>siècle, régression dans la transposition didactique

- En 2008 (BO n°3 du 19 juin 2008),
- Nouveaux programmes de sciences en cycle 3 centré sur la classification
- « *La diversité et l'unité du vivant- Approche de la classification du vivant. Notion de biodiversité.* »
- Disparition de l'étude
  - *des fossiles*
  - *des grandes étapes de l'histoire de la Terre*
  - *Du terme «évolution»*

# En début de 21<sup>o</sup>siècle, régression dans la transposition didactique

- Les conséquences de cette restriction :
  - limite la formation des professeurs des écoles sur le concept d'évolution avec le risque de conceptions non scientifiques des professeurs des écoles.
  - le concept d'évolution biologique ne sera explicité qu'en classe de troisième, celui de fossile seulement en classe de quatrième du collège.

Cela n'est pas sans inquiéter car une imprégnation médiatique ou liée à une éducation religieuse, de conceptions créationnistes pourrait se faire sans présentation scolaire explicite du concept d'évolution jusqu'à l'âge de 14 ans.

# En 2016, rétablissement d'un enseignement de l'évolution au cycle 3

- Les nouveaux programmes de sciences et technologie du cycle 3 rétablissent la mention explicite de l' « *Evolution des espèces vivantes* » avec une identification « *des changements de peuplement de la Terre au cours du temps* » qui permet d'aborder la « *diversité actuelle et passée des espèces* ».
- « *Les élèves appréhendent la notion de temps long (à l'échelle des temps géologiques) et sa distinction de celle de l'histoire des êtres humains récemment apparus sur Terre* » .
- Dans cette dernière formule réside une ambiguïté liée aux termes êtres humains. Si le temps historique est celui de Homo sapiens, c'est cependant dans le temps géologique que s'ancre l'évolution des hominidés et des premiers Homo : un flou épistémologique
- En sixième, le dialogue interdisciplinaire entre science, mythe et croyance est convoqué.

# La place de l'Homme dans l'arbre évolutif : une approche historique

**Florent Détroit**

Muséum national d'Histoire naturelle

[Musée de l'Homme]

Département de Préhistoire

UMR7194 – Histoire naturelle de l'Homme préhistorique



*Affe mit Schädel* (Rheinhold, ca. 1893, © Crea. Commons)

# De la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle à aujourd'hui: L'évolution des pratiques paléoanthropologiques en 4 étapes

## I- Typologie des hommes fossiles : des débuts aux années 1950

Chaque découverte est décrite et se voit attribuer un nouveau nom d'espèce, les synthèses sont peu nombreuses et les relations phylogénétiques peu claires

## II- Théorie synthétique de l'évolution : les années 1950

Sous l'impulsion de G.G. Simpson, E. Mayr et T. Dobzhansky

Genres & espèces sont considérablement réduits : genre *Homo*, création de *Homo erectus*  
Dérive de la théorie de l'espèce unique

## III- Equilibres ponctués : les années 1970

L'évolution n'est pas forcément lente & graduelle  
Si des étapes manquent, elles n'ont peut-être jamais existé  
*Homo erectus* est une stase

## IV- La cladistique : les années 1980

Les caractères primitifs n'éclairent pas les relations phylogénétiques entre espèces  
Distinction *H. erectus* asiatiques / *H. ergaster* africains  
Distinction *Homo habilis* / *Homo rudolfensis* ; *Australopithecus habilis* ?

L'évolution...

...des arbres évolutifs





## E. Haeckel

1868, *Natürliche Schöpfungsgeschichte* (Histoire de la création)

Description du chaînon manquant  
=> nouveau genre & nouvelle espèce  
(bien avant sa découverte)

### *Pithecanthropus alalus*

(Homme-singe muet)

selon Haeckel :

- dernière étape marquante de l'évolution = acquisition du langage
- les *alali* représentent l'avant dernier stage de l'histoire évolutive des êtres vivants
- ceux-ci vivaient « *dans une région chaude de l'ancien monde, quelque part en Afrique ou en Asie tropicale ou encore en Lémurie, continent ancien englouti au large des Indes, entre Madagascar et l'Indonésie* »



(Gabriel Max sur proposition de E. Haeckel)

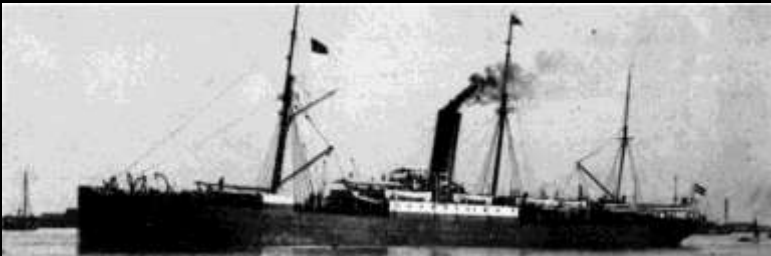


# 1887: E. Dubois part en Indonésie chercher le chaînon manquant



Octobre 1887

départ à bord du S.S. *Prinses Amalia*



# 1887: E. Dubois part en Indonésie chercher le chaînon manquant



Trinil



Octobre 1887

départ à bord du S.S. *Prinses Amalia*



# La découverte du Pithécanthrope (1891)



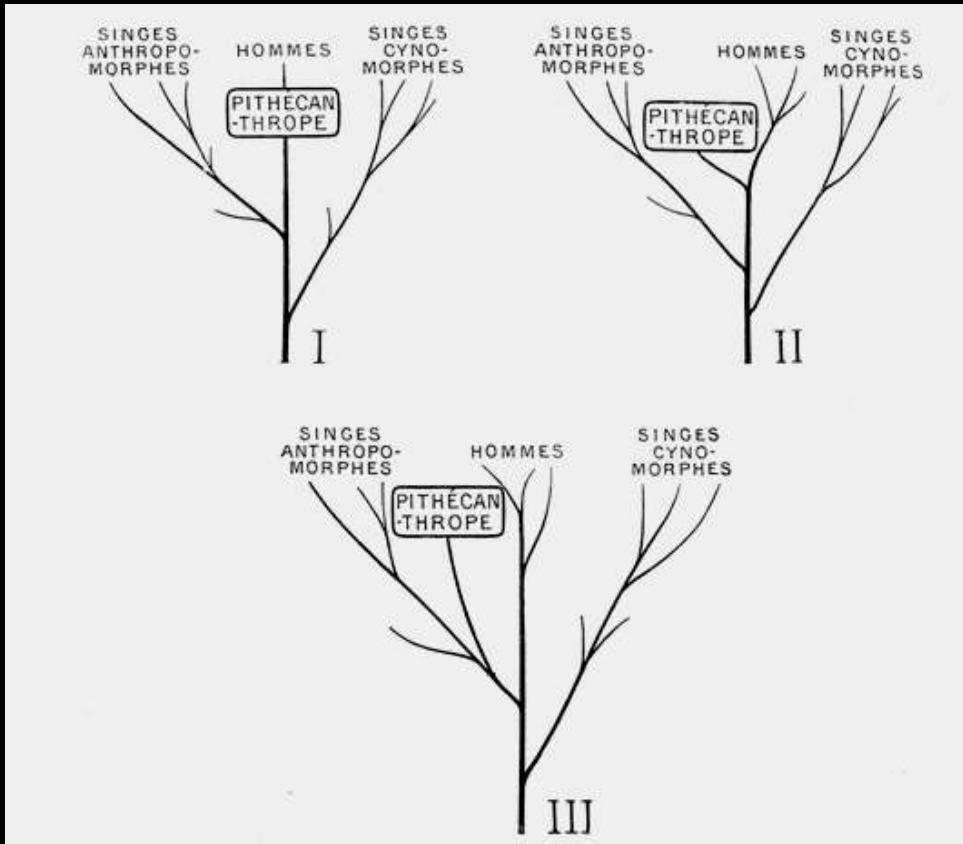
La calotte crânienne Trinil 2



(Dubois, 1894)

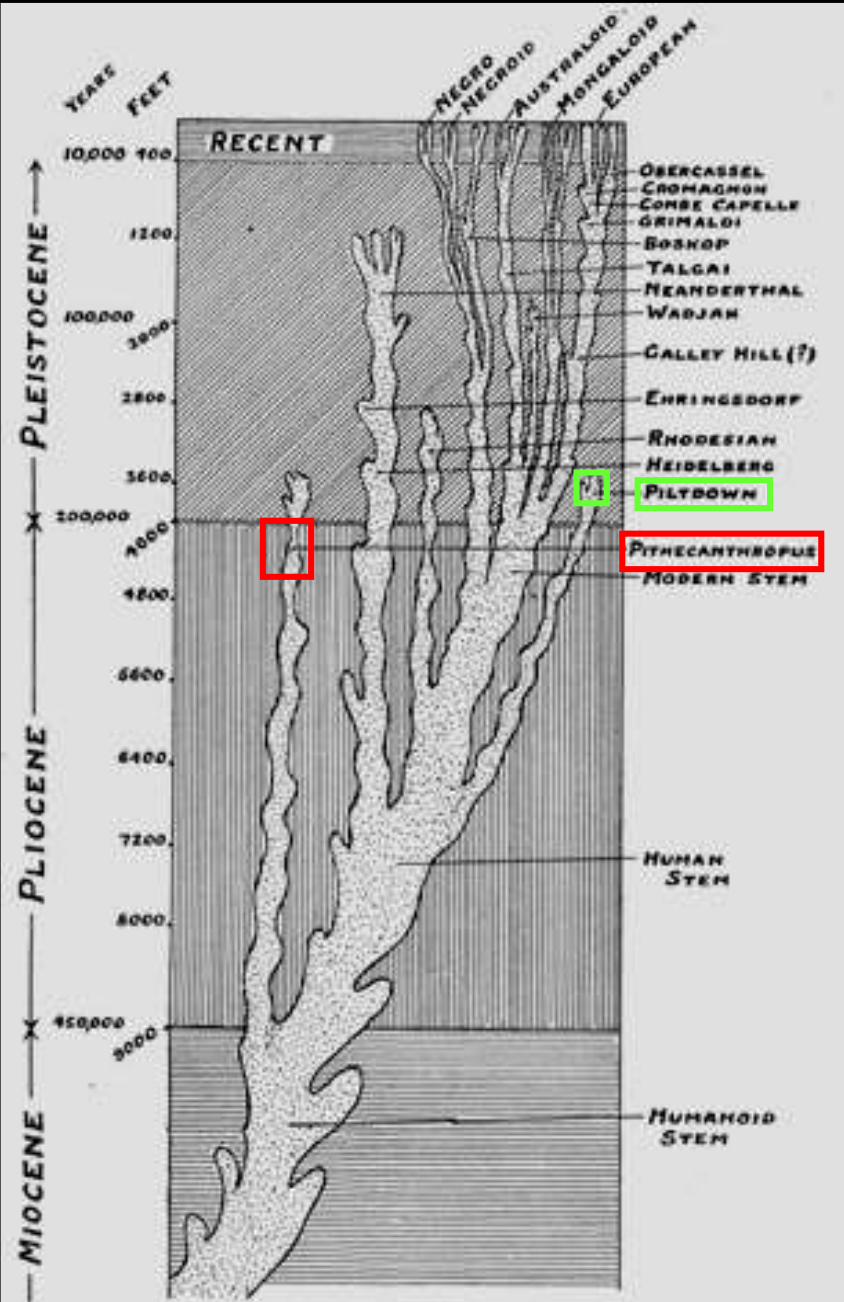
Le fémur Trinil 3





Boule, 1923

La place du « Pithécanthrope » dans notre arbre

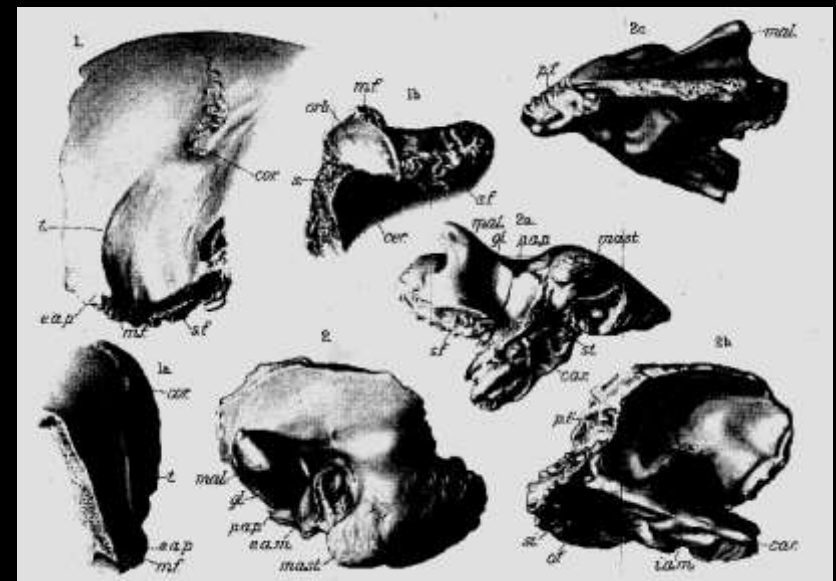
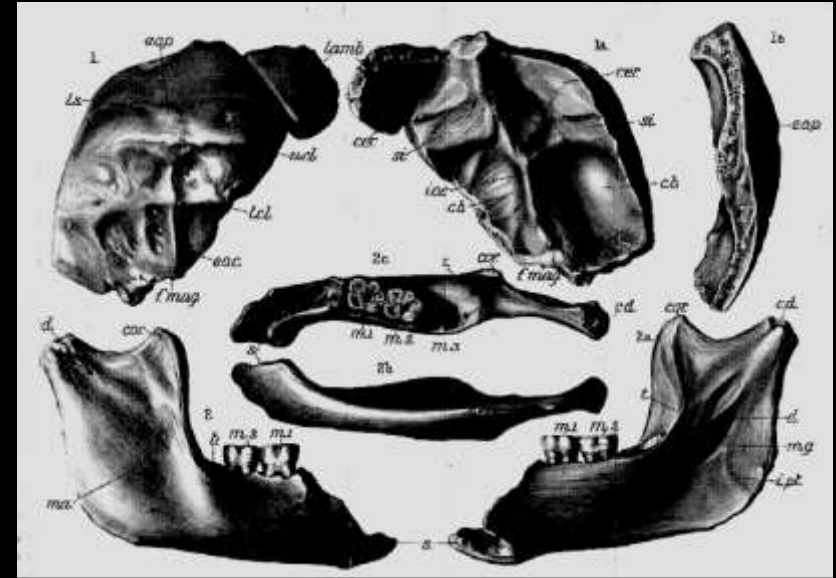


Keith, 1925

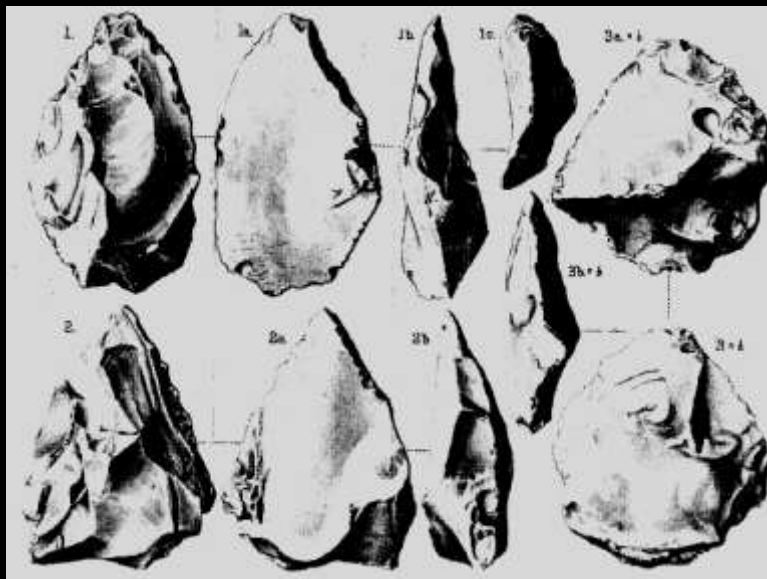
# 1912, l'homme de Piltdown



Site de la découverte  
(avec Sir A.S. Woodward)

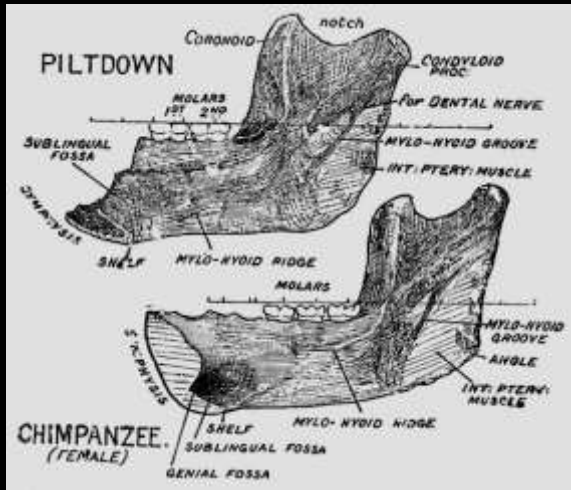
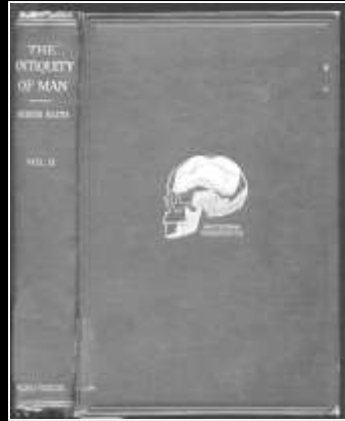


Fragments « fossiles » de  
l'homme de Piltdown

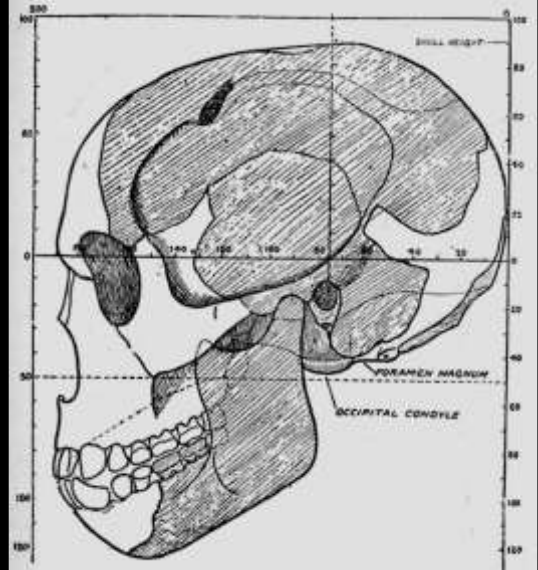
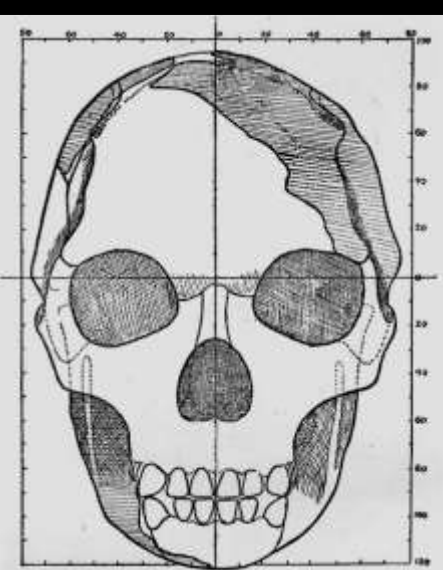
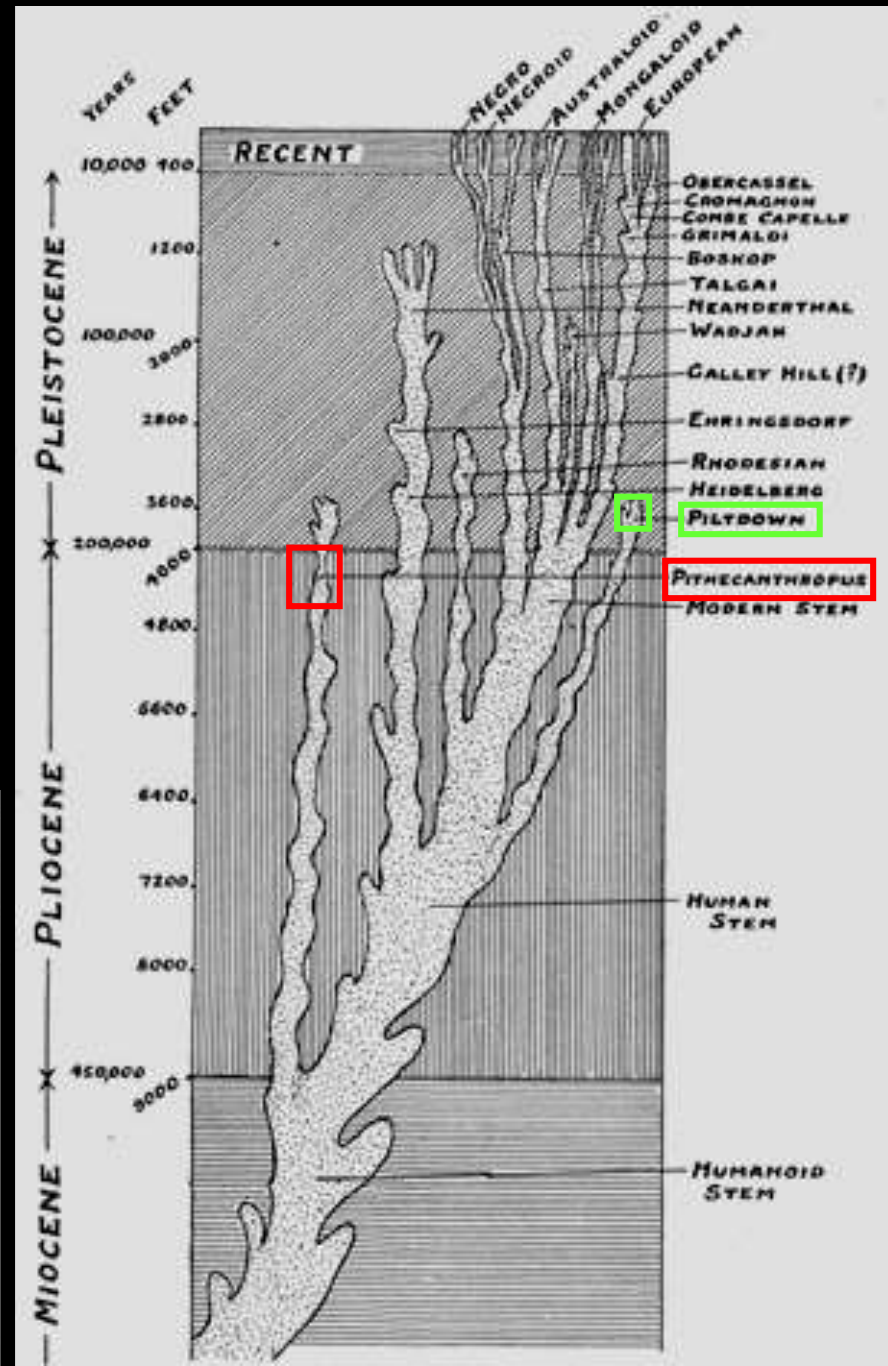


Outils lithiques « associés » aux fossiles

# Sir A. Keith (1925) The Antiquity of Man



Reconstitution du crâne et de la mandibule

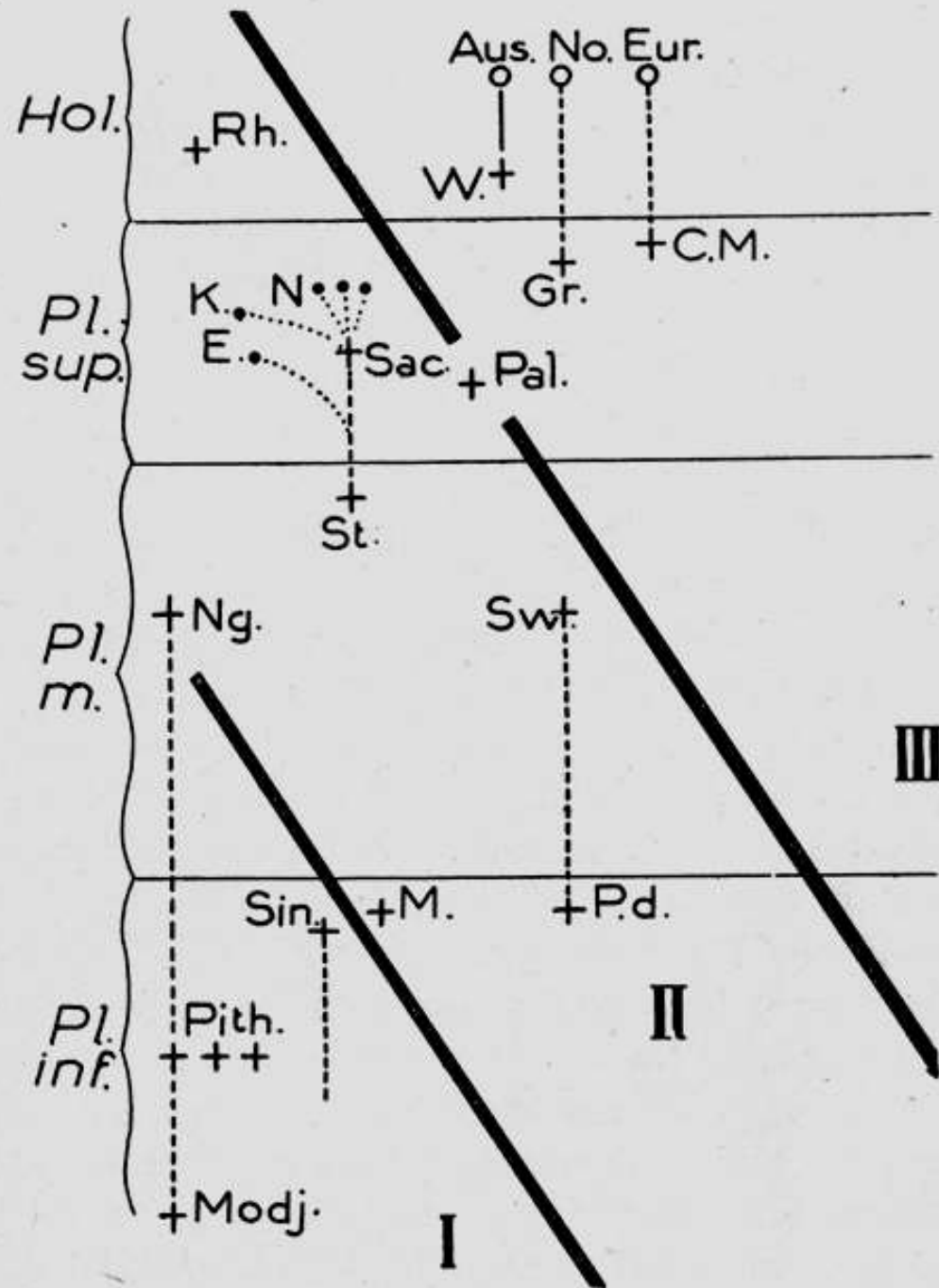


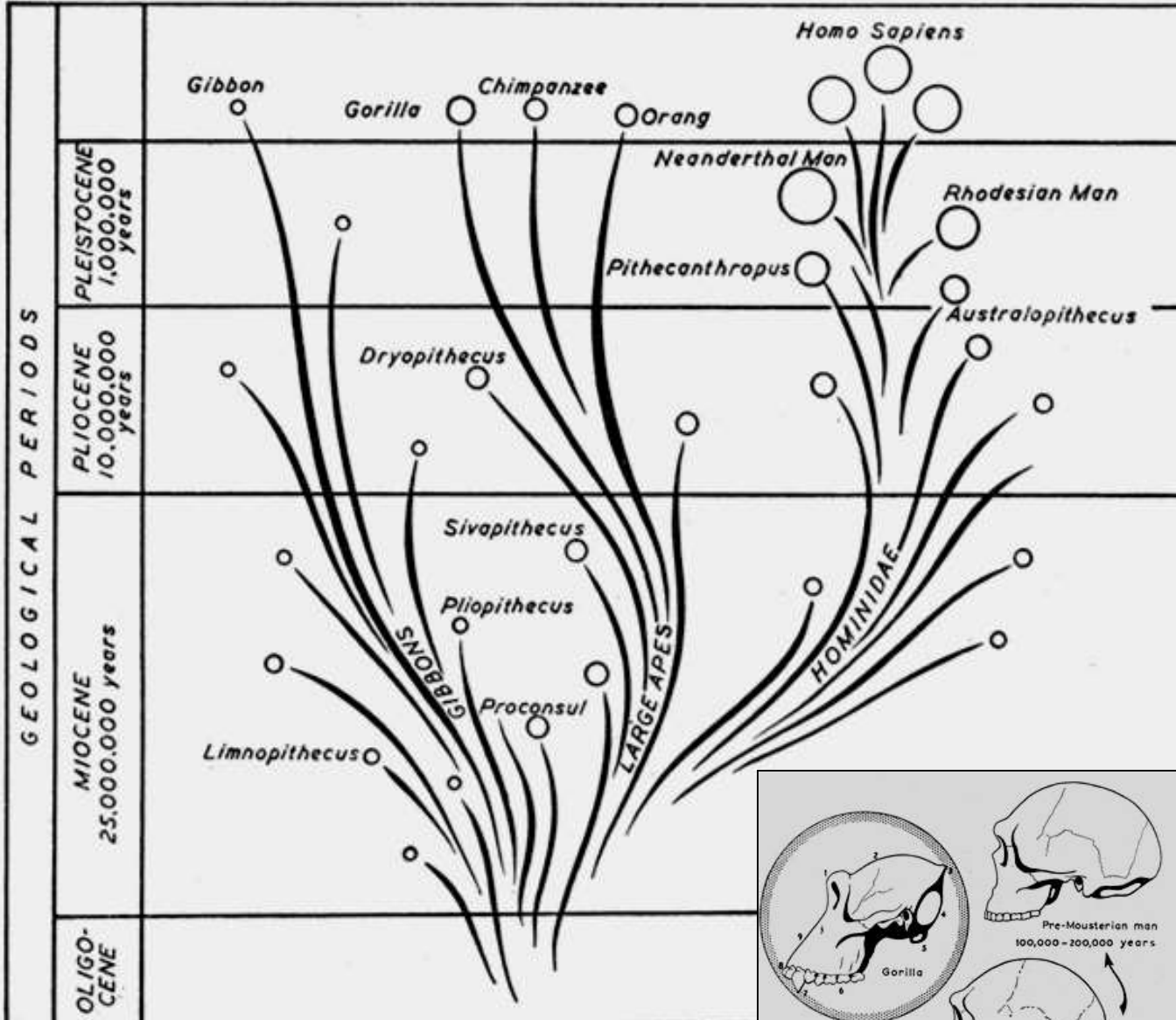




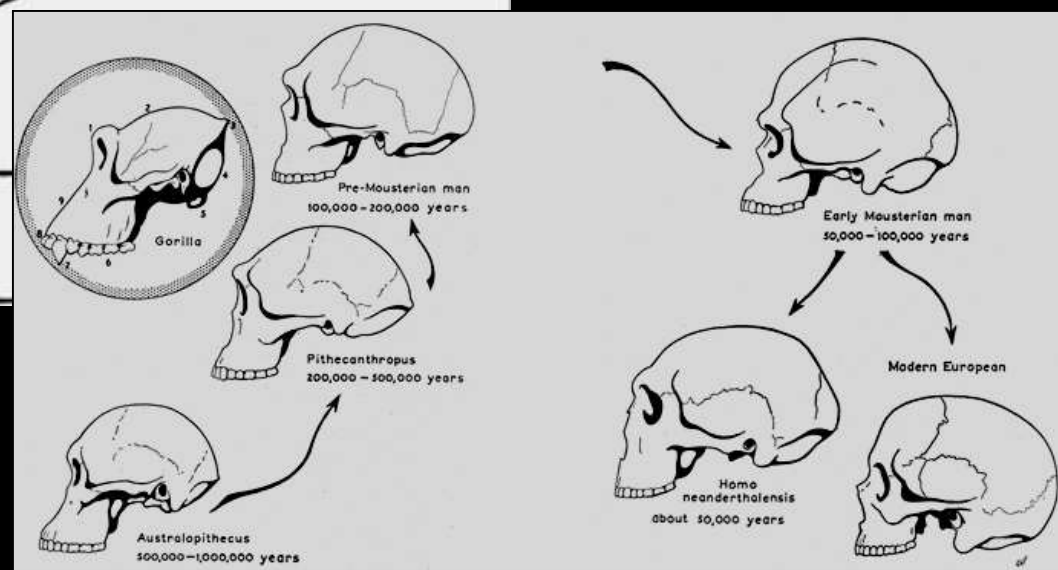


Vallois, 1950

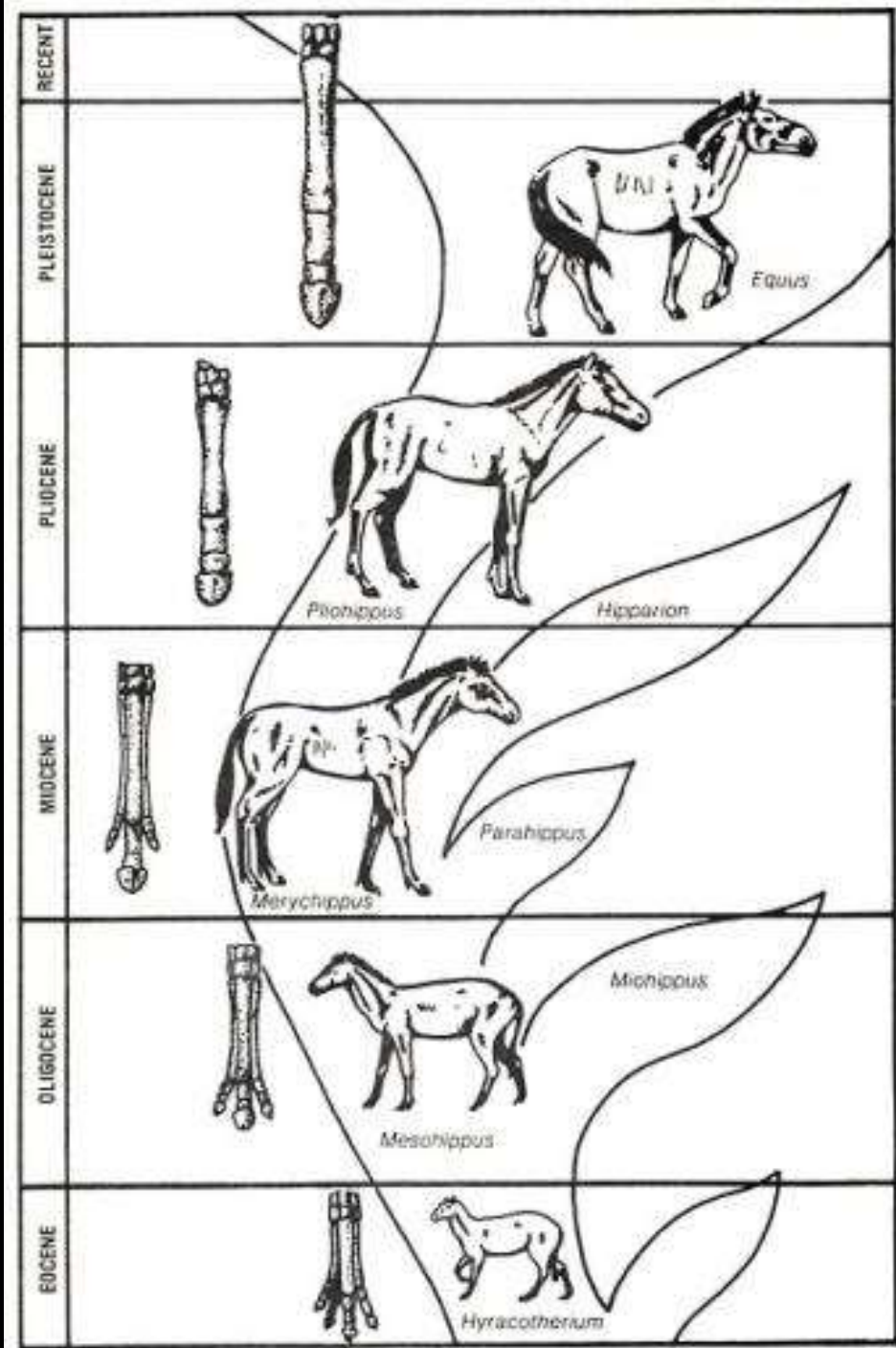




Sinanthropes et Pithecanthropes regroupés dans l'espèce *Homo erectus* (ici *Pithecanthropus*)

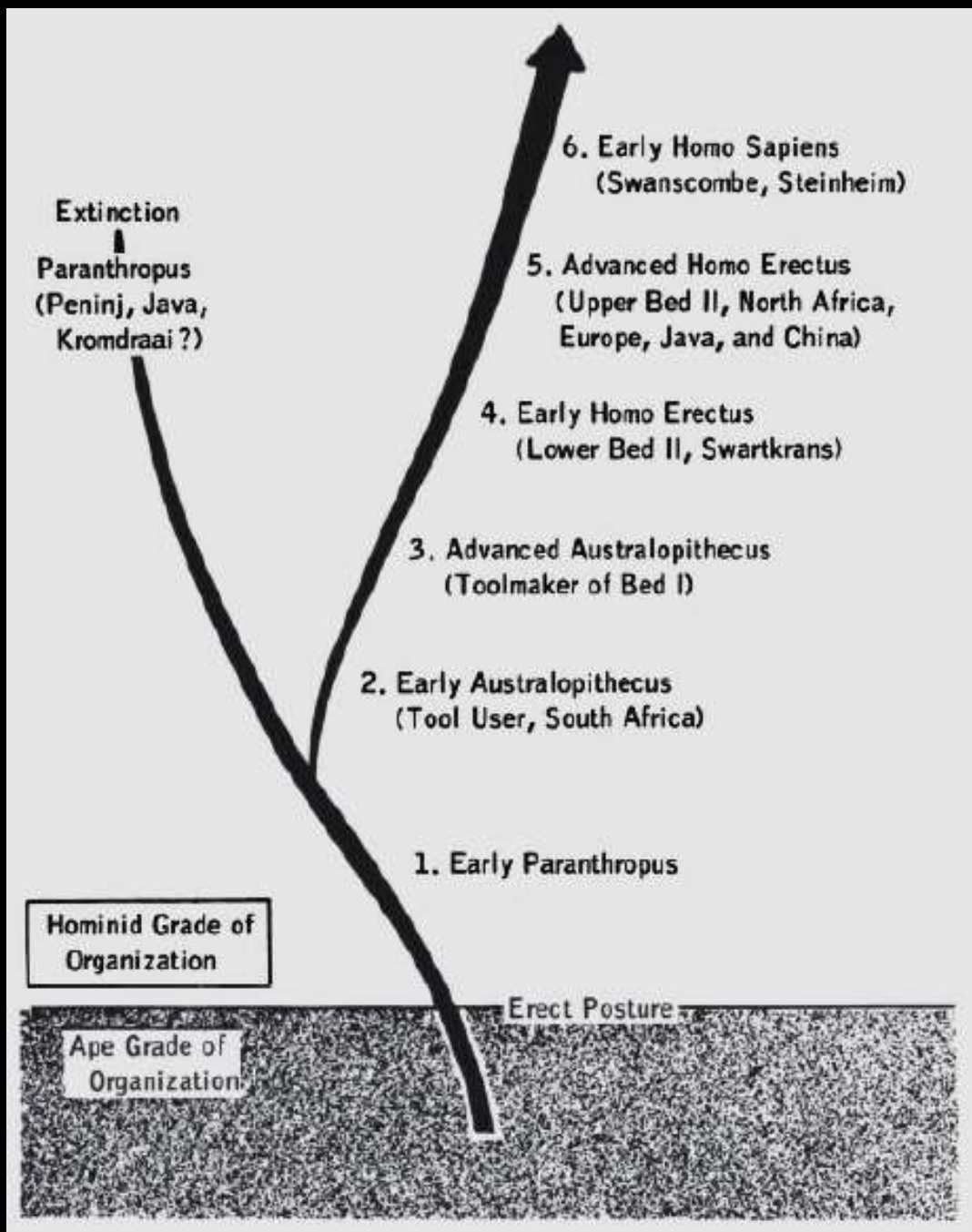


Le Gros Clark, 1962



Robinson, 1967

*(Time and stratigraphy in the evolution of Man)*



# 1960' & 1970' : l'influence de la théorie synthétique de l'évolution

## Les arbres disparaissent... beaucoup d'espèces aussi !

*"Telanthropus" and the Single Species Hypothesis<sup>1</sup>*

"Telanthropus" et l'hypothèse de l'espèce unique

M. H. WOLPOFF

University of Illinois

(*American Anthropologist*, 1968)

CULTURE AS A NICHE AND  
AS AN ADAPTIVE MECHANISM

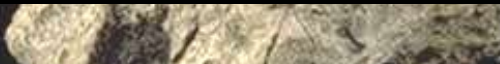
La culture en tant que niche et mécanisme adaptatif

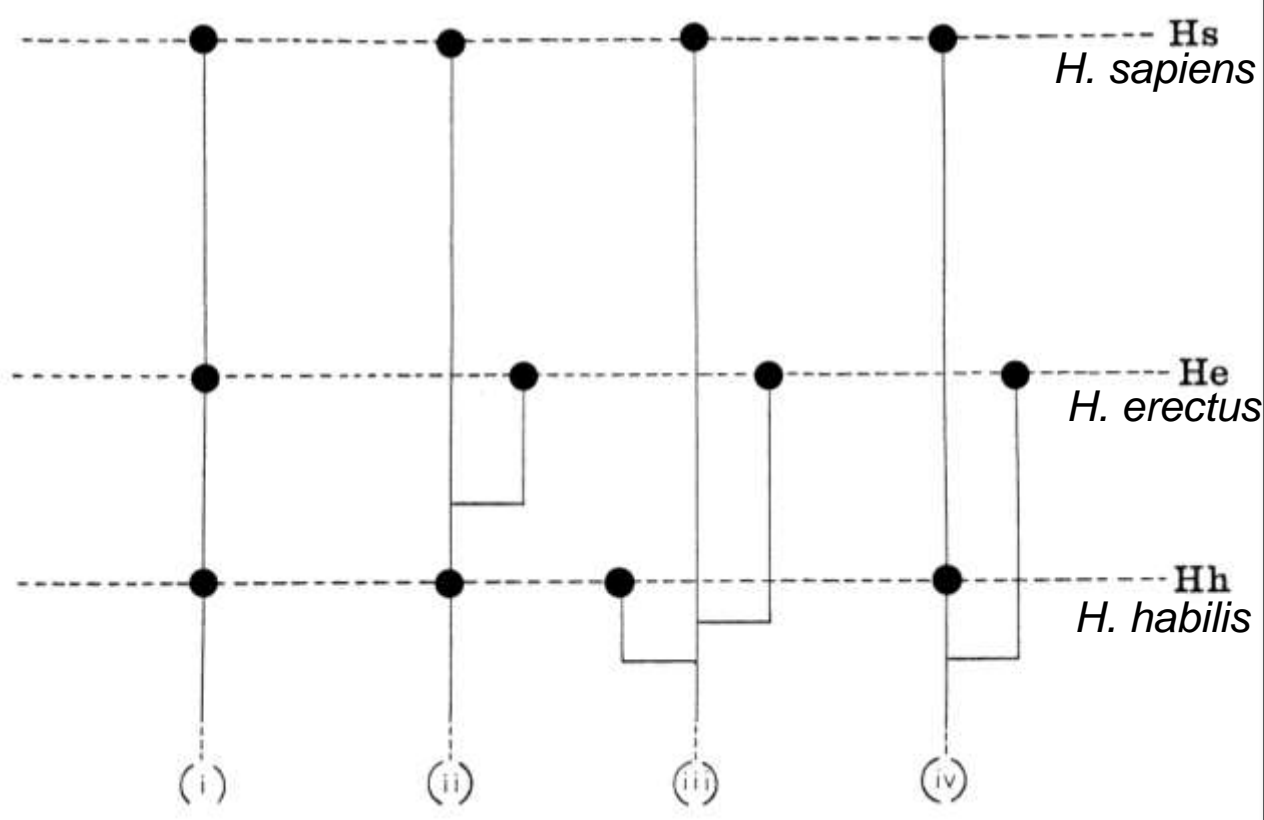
Because of this hominid adaptive characteristic, it is difficult to understand how different hominid species could either have arisen or have been maintained sympatrically.

À cause de ce caractère adaptatif humain, il est difficile d'imaginer comment différentes espèces humaines auraient pu se former et se maintenir dans les mêmes régions

Therefore, even if distinct hominid species arose through isolation, one or the other must soon become extinct because of the nature of the hominid cultural adaptation. These views are in complete concurrence with those of Mayr (1950, 1963), Bielicki (1966), Brace (Brace and Montagu 1965), Campbell (personal communication), and others.

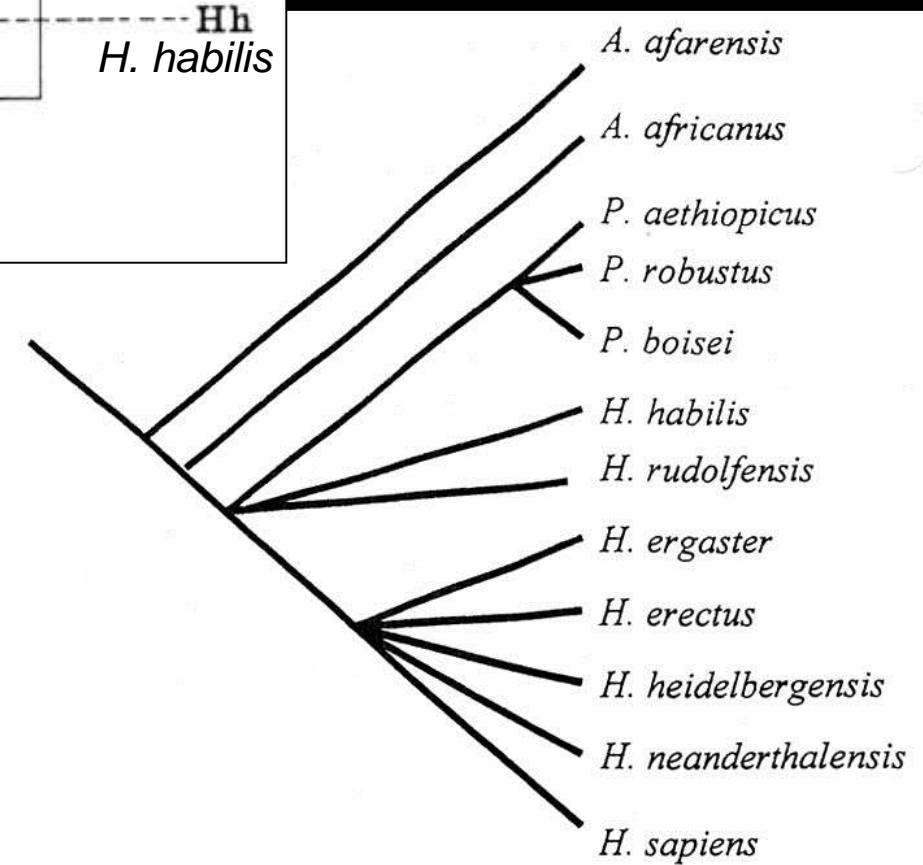
Même si des espèces humaines distinctes s'étaient formées par isolement, l'une ou l'autre se serait très vite éteinte à cause de la nature même de cette adaptation culturelle des hominidés





Wood, 1984  
Distinction *H. erectus* (Asie) /  
*H. ergaster* (Afrique)

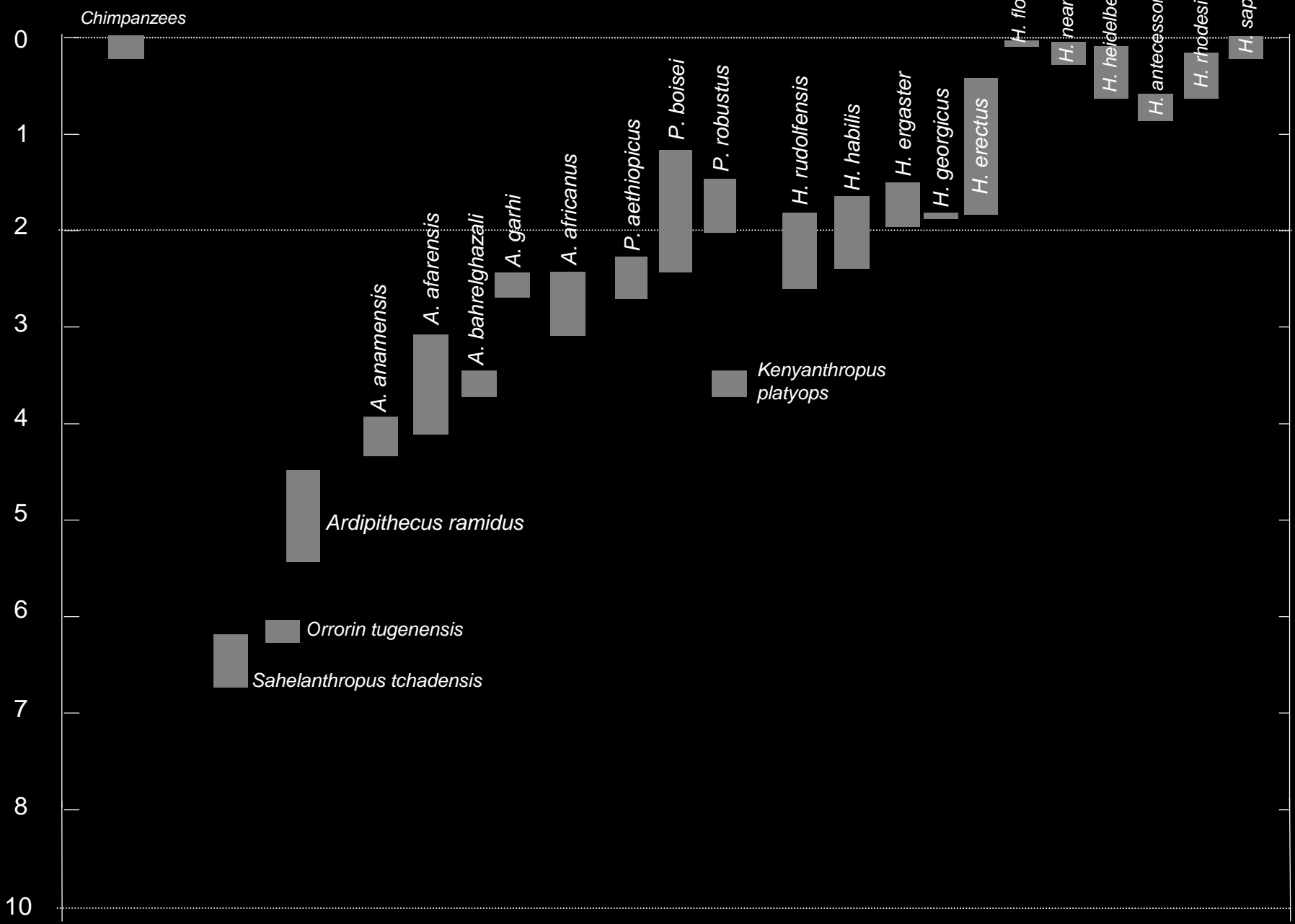
Wood & Collard, 1999  
*Australopithecus habilis* ?



Et aujourd'hui ?  
A quoi ressemble l'arbre?

# « Quelques » espèces d'homininés...

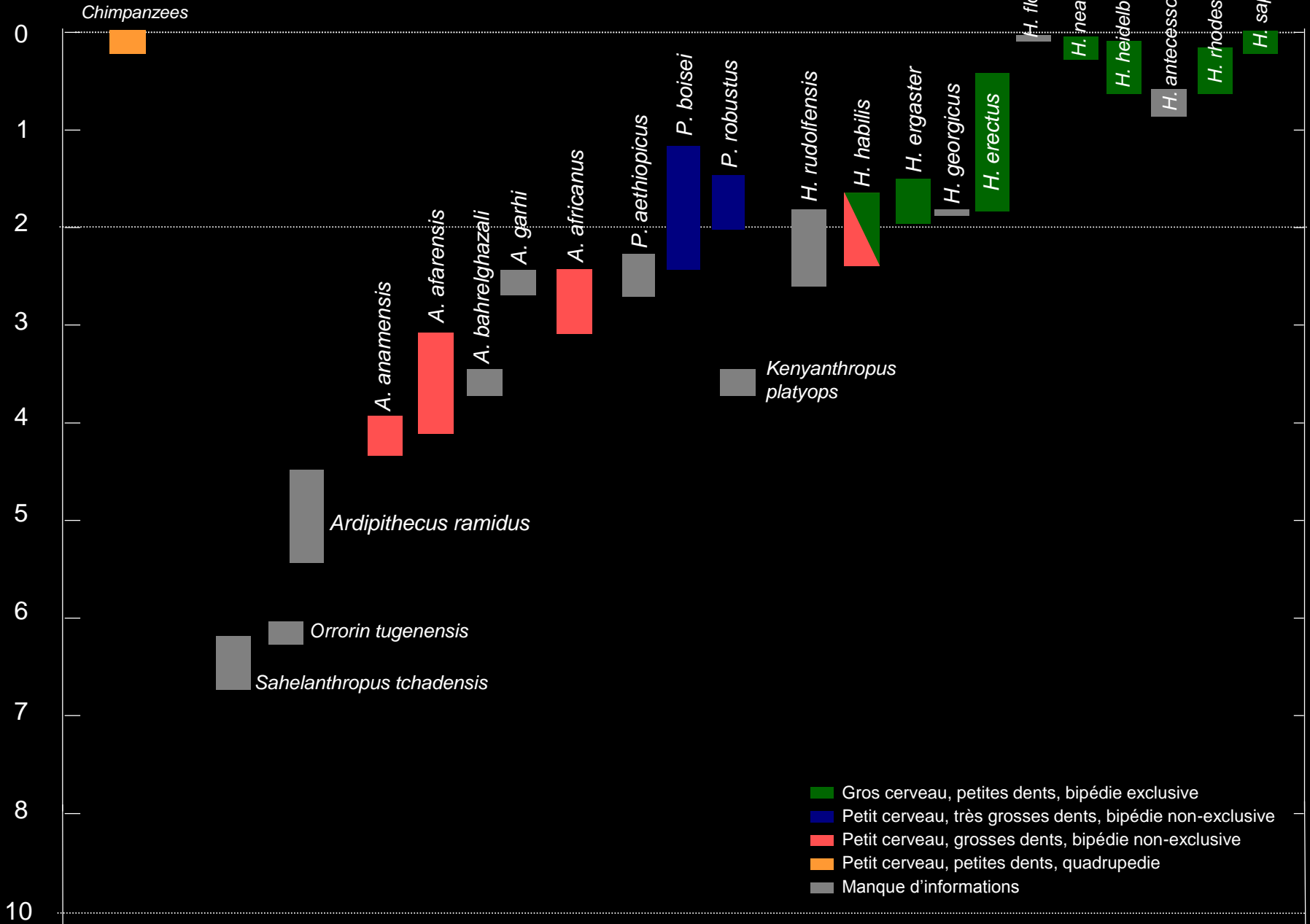
(Ma)





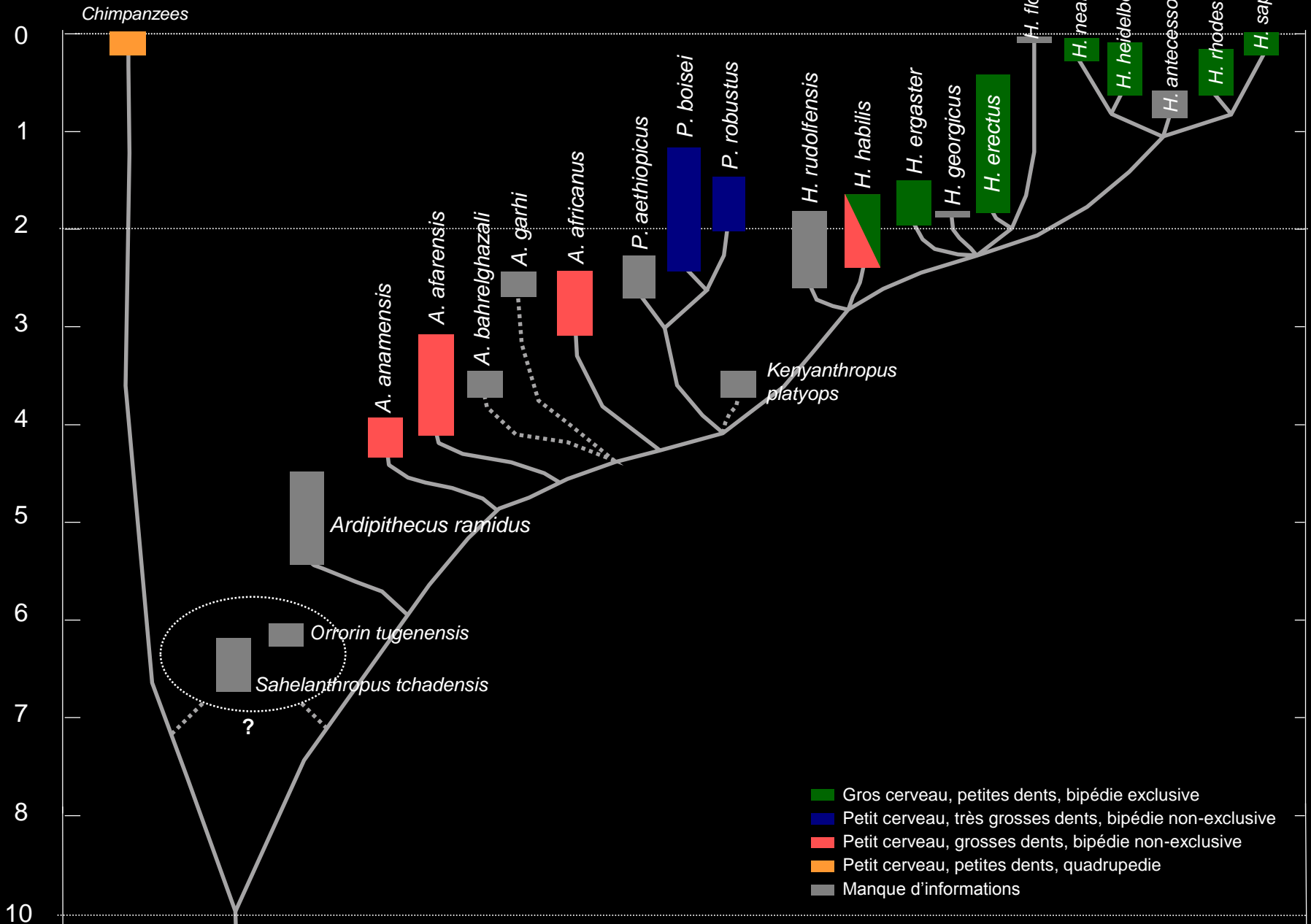
# Une histoire à reconstruire !

(Ma)



# Une histoire à reconstruire !

(Ma)

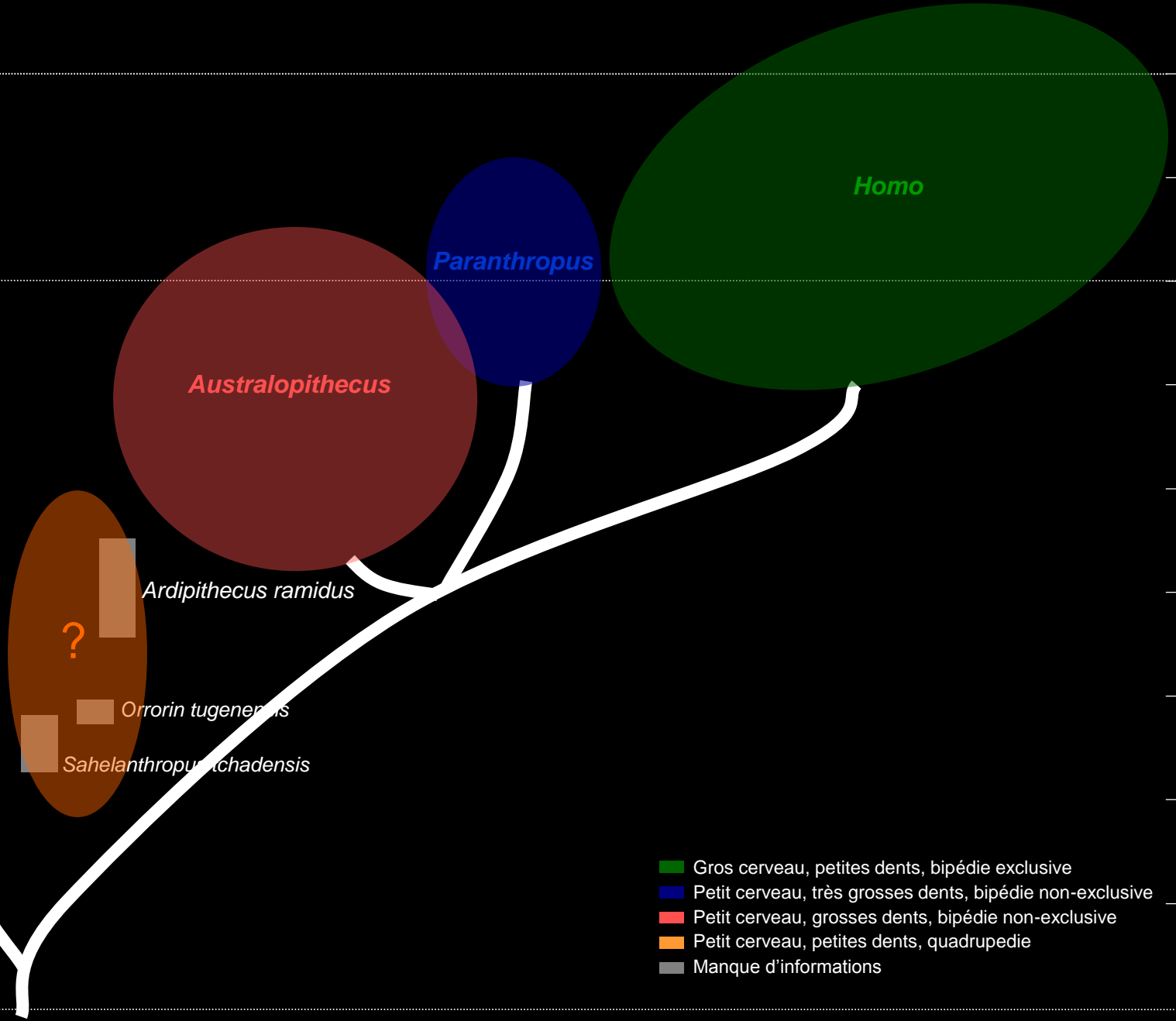


Deux “points chauds” actuels  
de l’arbre

(Ma)

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
10

*Chimpanzees*



*Australopithecus*

*Paranthropus*

*Homo*

*Ardipithecus ramidus*

*Orrorin tugenensis*

*Sahelanthropus tchadensis*

- Gros cerveau, petites dents, bipédie exclusive
- Petit cerveau, très grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, petites dents, quadrupédie
- Manque d'informations



**Toros-Menalla**  
*(Sahelanthropus)*

**Middle Awash**  
*(Ardipithecus)*

**Kapsomin**  
*(Orrorin)*

# « Ancêtres » des hominines ou des « grands singes » ?

## Late Miocene hominids from the Middle Awash, Ethiopia

Yohannes Haile-Selassie

Department of Integrative Biology and Laboratory for Human Evolutionary Studies, Museum of Vertebrate Zoology, 3060 VLSR, University of California, Berkeley, California 94720, USA



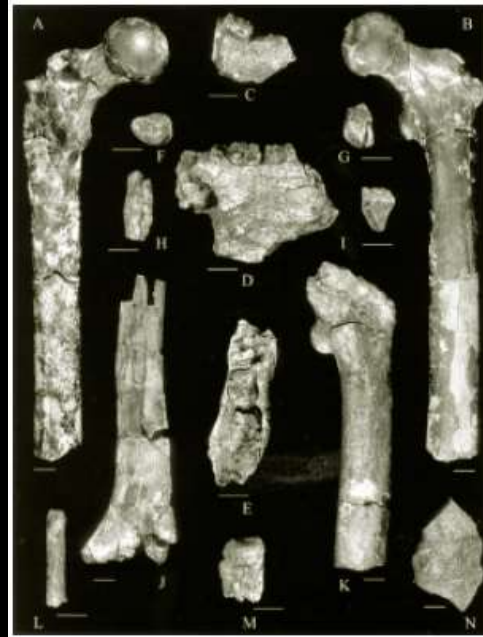
Haile-Selassie *et al.*  
(1995, 2001, 2004)  
White *et al.* (2009)

*Ardipithecus kadabba*  
5.8 – 5.2 Ma

*Ardipithecus ramidus*  
~ 4.4 Ma

## First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya)

Brigitte Senut<sup>1,\*</sup>, Martin Pickford<sup>2</sup>, Dominique Gommery<sup>2</sup>, Pierre Mein<sup>3</sup>, Kiptalam Chabot<sup>1</sup>, Yves Coppens<sup>2</sup>



Senut *et al.* (2001)

*Orrorin tugenensis*  
~ 6 Ma

## A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa

articles  
Michel Brunet<sup>1</sup>, Franck Guy<sup>1</sup>, David Pilbeam<sup>2</sup>, Rosaline Tuttle Mackaye<sup>3</sup>, Armand Likiar<sup>4</sup>, Ghedemamihaye Alemu<sup>5</sup>, Kalle Bekele<sup>6</sup>, Claude Barot<sup>7</sup>, Hervé Beckers<sup>8</sup>, Jean-Renaud Bolonchik<sup>9</sup>, Louis De Bonis<sup>10</sup>, Françoise Ezzamel<sup>11</sup>, Jean Dupon<sup>12</sup>, Christiane Dorpo<sup>13</sup>, Philippe Durloy<sup>14</sup>, Vito Elumama<sup>15</sup>, Joseph-François Fournier<sup>16</sup>, Pierre Frong<sup>17</sup>, Denis Geraud<sup>18</sup>, Thomas Lehmann<sup>19</sup>, Fabrice Lihou<sup>20</sup>, Antoine Louchart<sup>21</sup>, Adnan Maksum<sup>22</sup>, Ghada Merzoug<sup>23</sup>, Guy Mouthalle<sup>24</sup>, Olga Obara<sup>25</sup>, Paulo Pereira Campos<sup>26</sup>, Marco Ponce de Leon<sup>27</sup>, Jean-Claude Rage<sup>28</sup>, Michel Sapanetti<sup>29</sup>, Mathieu Schuster<sup>30</sup>, Jean Soubert<sup>31</sup>, Pascal Tassy<sup>32</sup>, Karim Sabatier<sup>33</sup>, Patrick Vignard<sup>34</sup>, Laurent Vioche<sup>35</sup>, Andrew Zisner<sup>36</sup> & Christoph Zollikofer<sup>37</sup>



Brunet *et al.* (2002)

*Sahelanthropus tchadensis*  
6 – 7 Ma

*Orrorin*, Toumaï, *Ardipithecus*... « lequel est le bon » ?

# « Ancêtres » des hominines ou des « grands singes » ?

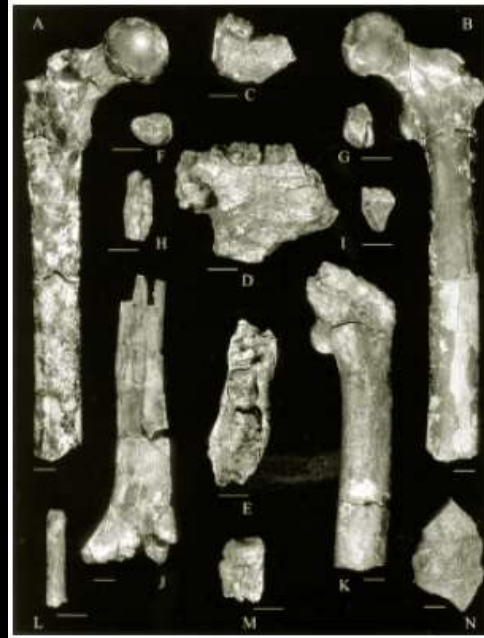


White *et al.* (2009)

*Ardipithecus ramidus*  
~ 4.4 Ma

## First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya)

Brigitte Senut<sup>1,\*</sup>, Martin Pickford<sup>2</sup>, Dominique Gommery<sup>2</sup>, Pierre Mein<sup>3</sup>, Kiptalam Chabot<sup>1</sup>, Yves Coppens<sup>2</sup>



Senut *et al.* (2001)

*Orrorin tugenensis*  
~ 6 Ma

## A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa

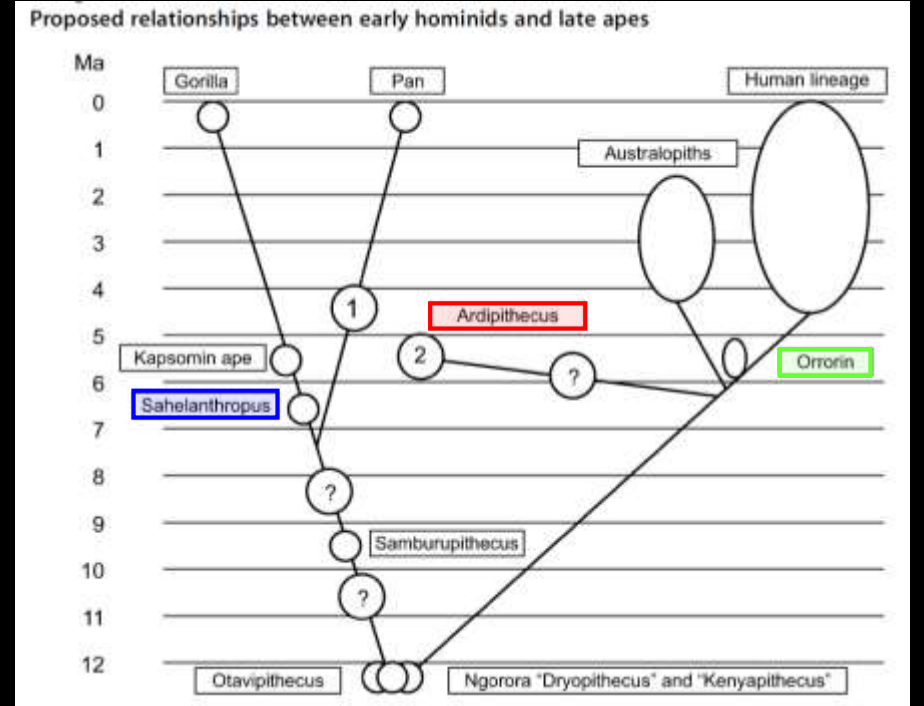
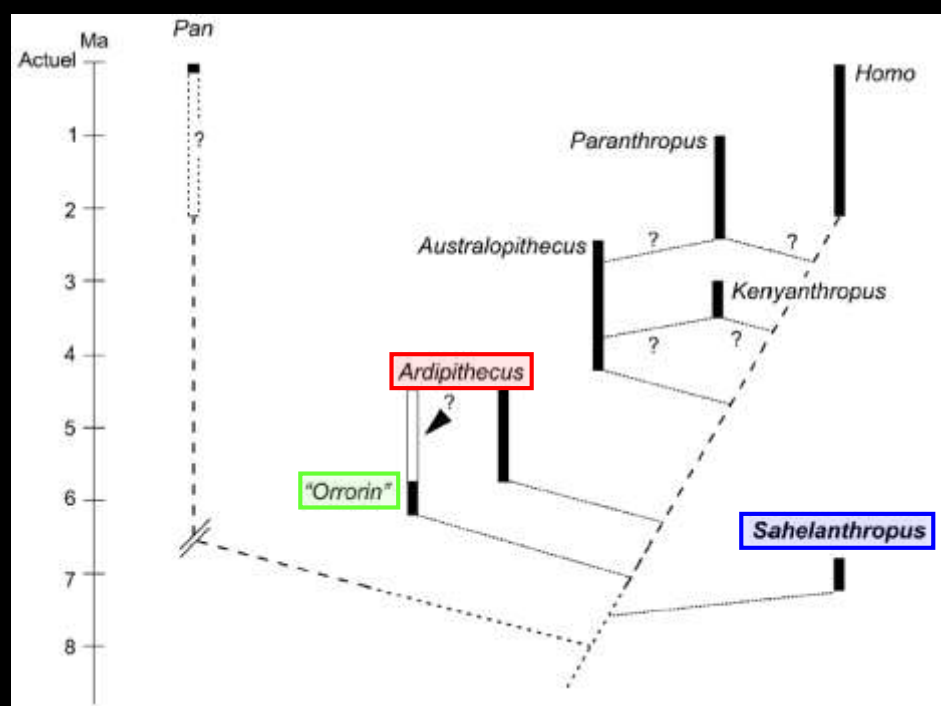
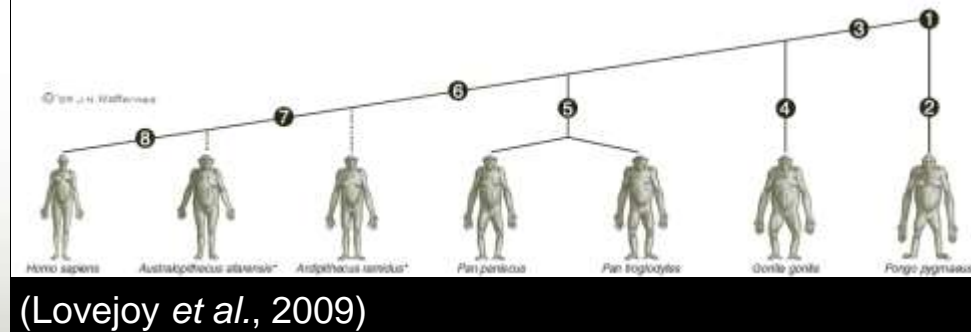
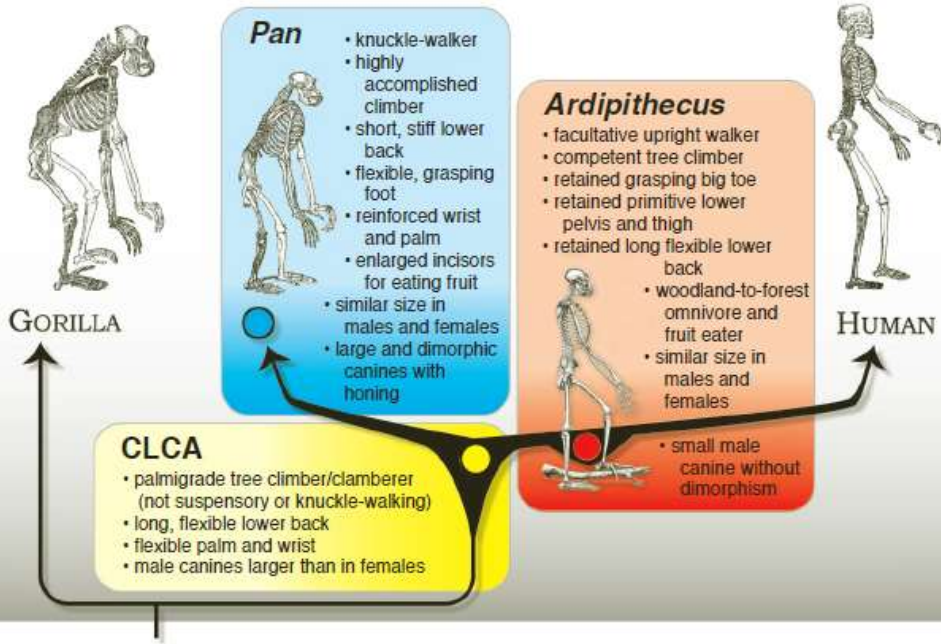
articles  
Michel Brunet<sup>1</sup>, Franck Guy<sup>1</sup>, David Pilbeam<sup>2</sup>, Rosaline Tuttle Mackaye<sup>3</sup>, Armand Likiar<sup>4</sup>, Gheddo Mihaye Abenkir<sup>5</sup>, Klara Denzelová<sup>6</sup>, Claude Ekouki<sup>7</sup>, Bernd Beckerwald<sup>8</sup>, Jean-Renaud Boisserie<sup>9</sup>, Louis de Sosté<sup>10</sup>, Françoise Epperson<sup>11</sup>, Jean Dupon<sup>12</sup>, Christiane Dorpo<sup>13</sup>, Philippe Durlager<sup>14</sup>, Václav Elzemann<sup>15</sup>, Josephine Formica<sup>16</sup>, Pierre Frongy<sup>17</sup>, Denis Geraud<sup>18</sup>, Thomas Lehmann<sup>19</sup>, Fabrice Lihorina<sup>20</sup>, Antoine Louchart<sup>21</sup>, Adnan Maksumi<sup>22</sup>, Ghada Merzoug<sup>23</sup>, Guy Mouthier<sup>24</sup>, Olga Obeid<sup>25</sup>, Paulo Pereira Camposmarini<sup>26</sup>, Marco Ponce de León<sup>27</sup>, Jean-Claude Rage<sup>28</sup>, Michel Sapanetti<sup>29</sup>, Mathieu Schuster<sup>30</sup>, Jean Soubert<sup>31</sup>, Pascal Tassy<sup>32</sup>, Karim Sabir<sup>33</sup>, Patrick Vignaud<sup>34</sup>, Laurent Vioche<sup>35</sup>, Andrew Zisner<sup>36</sup> & Christoph Zoltdorfer<sup>37</sup>



Brunet *et al.* (2002)

*Sahelanthropus tchadensis*  
6 – 7 Ma

*Orrorin*, Toumaï, *Ardipithecus*... « lequel est le bon » ?





(Ma)

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
10

*Chimpanzees*

*Homo*

*Paranthropus*

*Australopithecus*

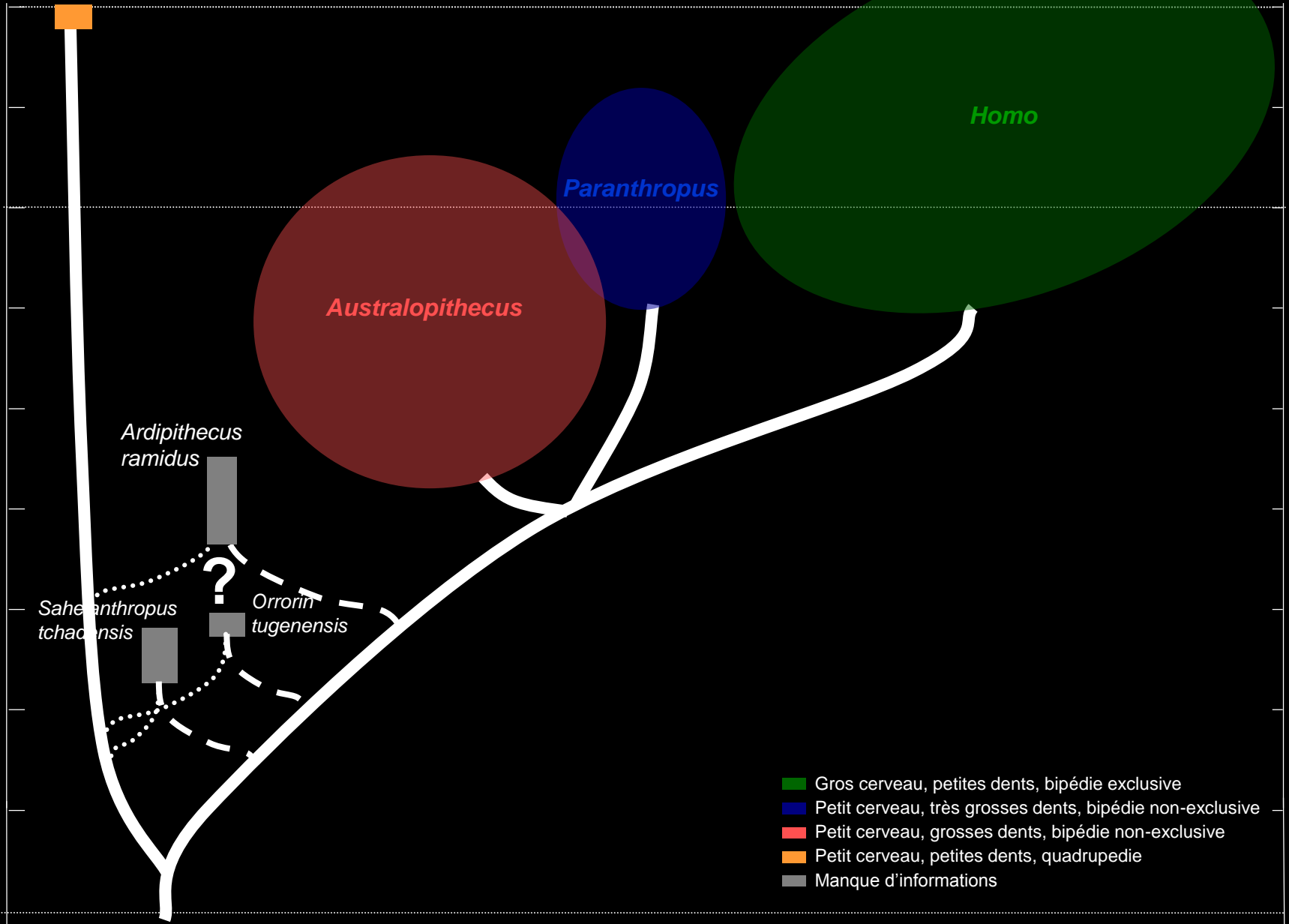
*Ardipithecus ramidus*

*Sahelanthropus tchadensis*

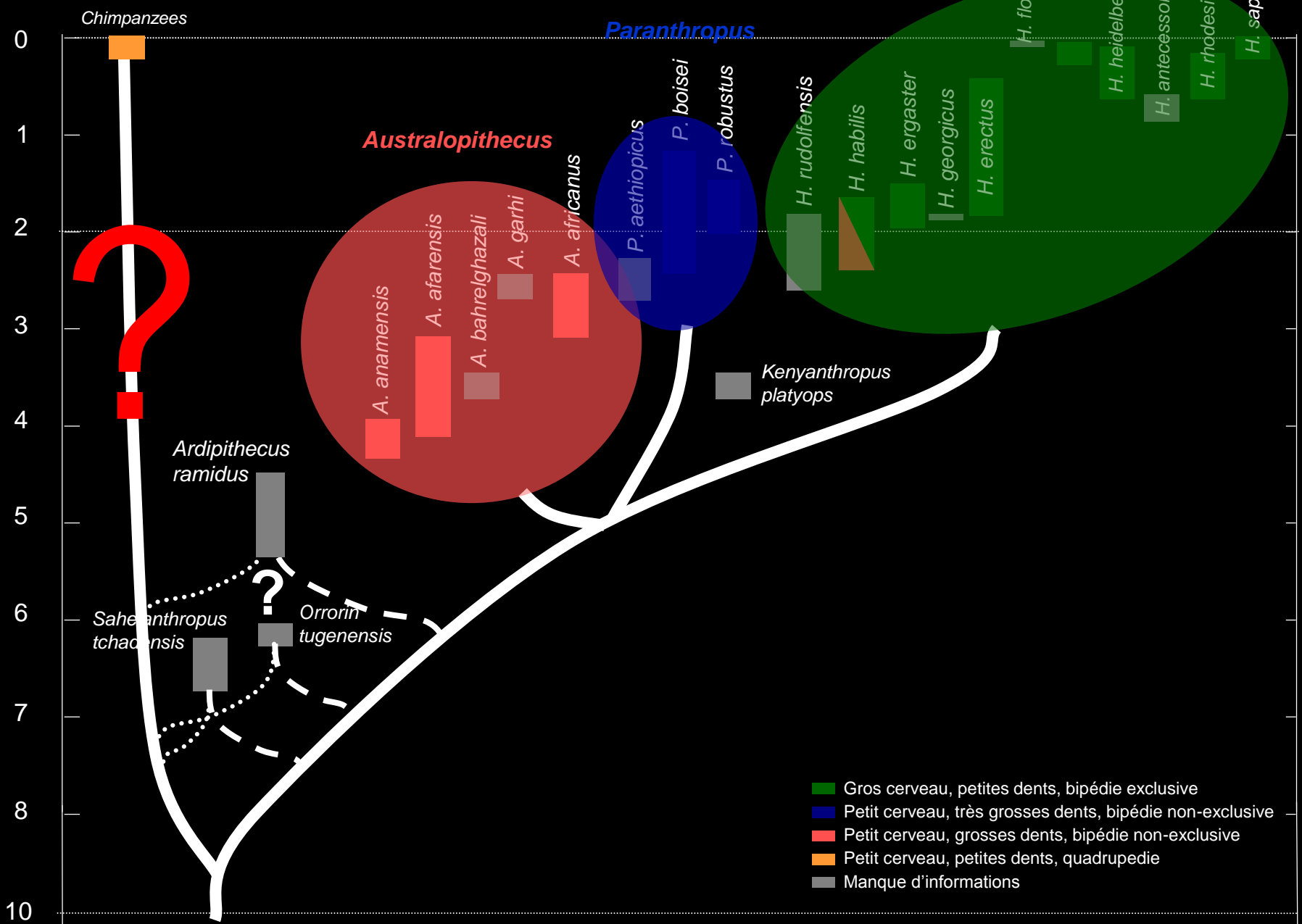
*Orrorin tugenensis*

?

- Gros cerveau, petites dents, bipédie exclusive
- Petit cerveau, très grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, petites dents, quadrupédie
- Manque d'informations

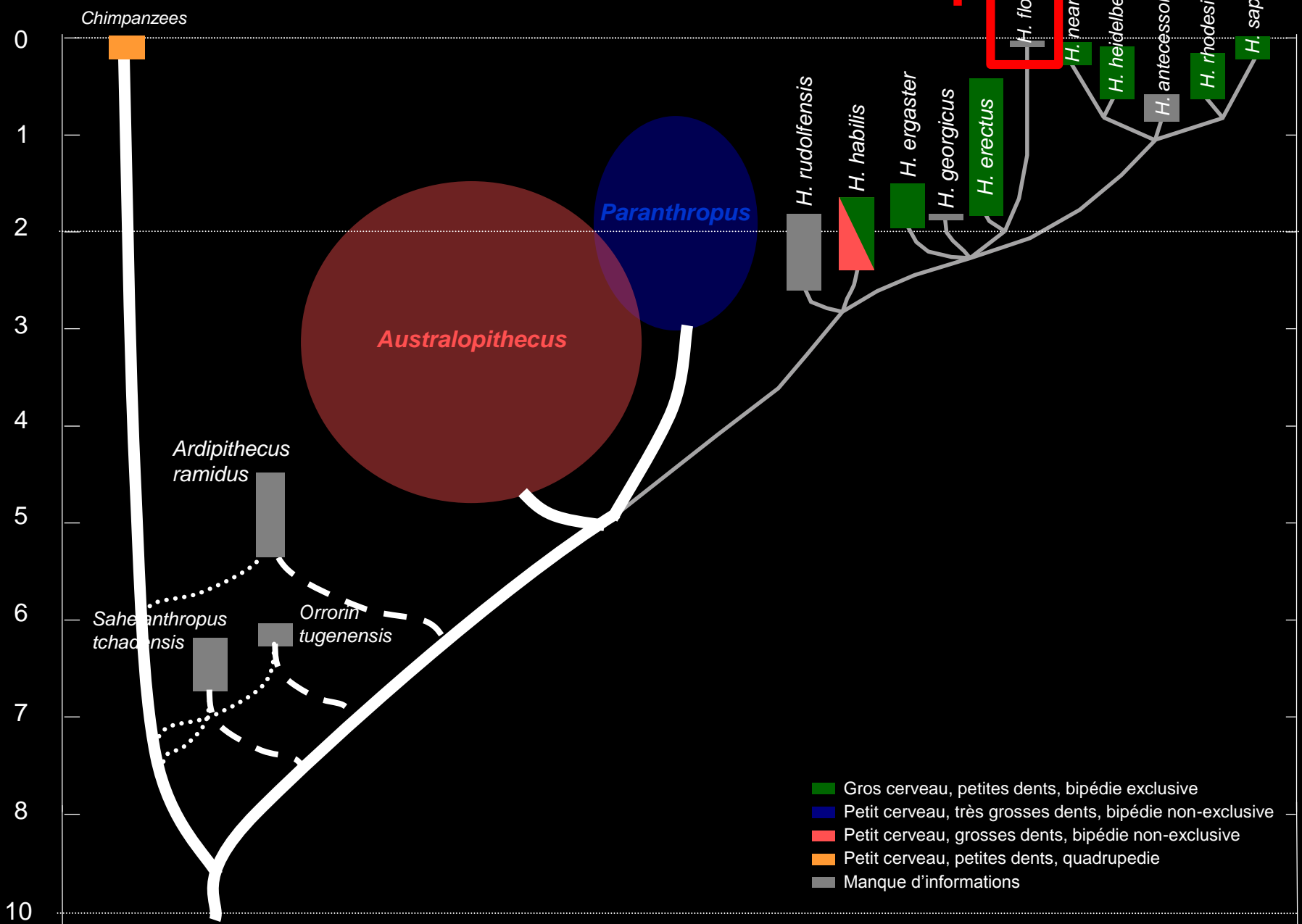


(Ma)

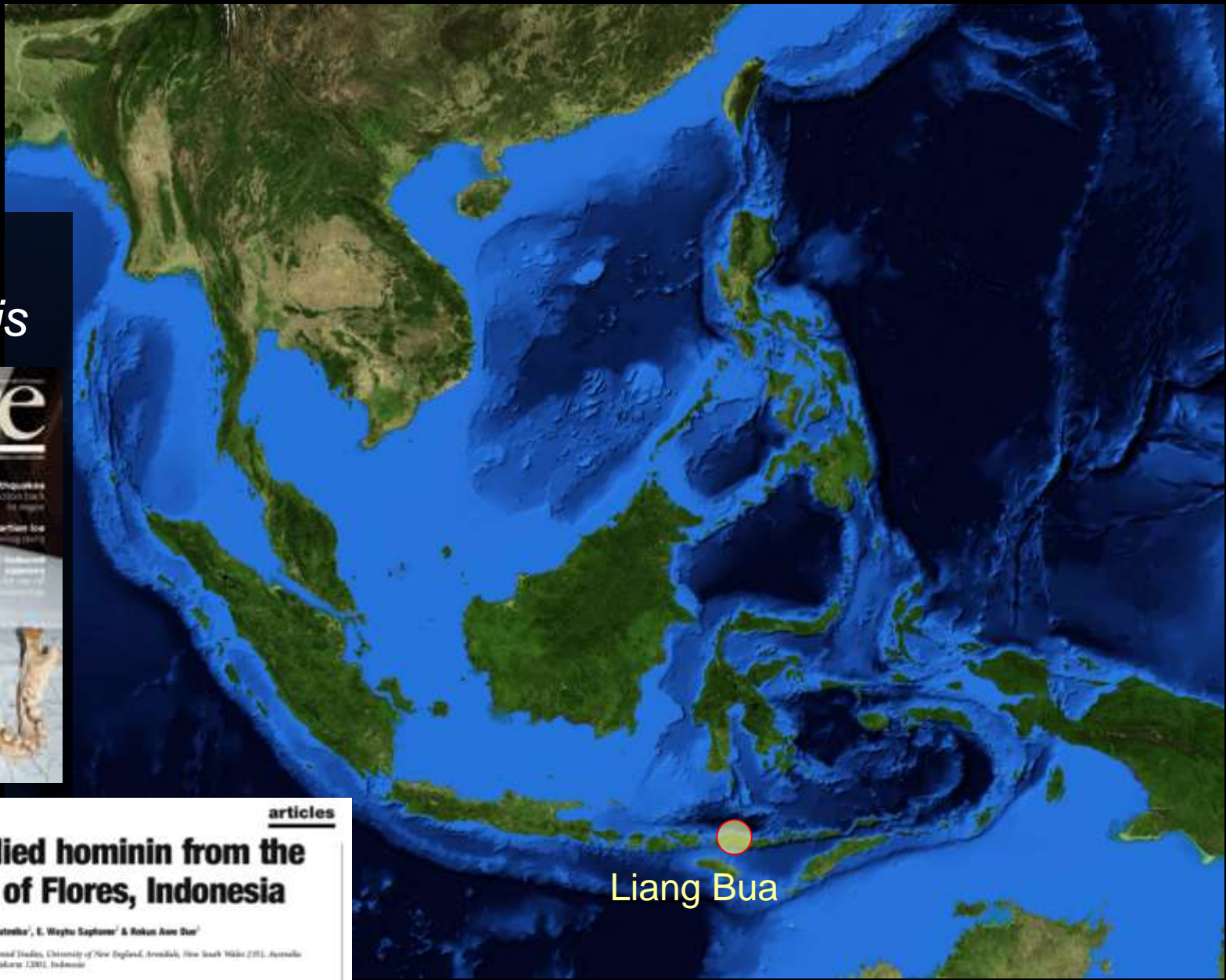


Le (très) petit cousin...

(Ma)



# *Homo floresiensis*



## articles

### A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia

P. Brown<sup>1</sup>, T. Sutikna<sup>2</sup>, M. J. Morwood<sup>1</sup>, S. P. Saptomo<sup>2</sup>, Jatmoko<sup>2</sup>, E. Wayte Saptomo<sup>2</sup> & Robus Now Don<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Archaeology & Palaeoanthropology, School of Human & Environmental Studies, University of New England, Armidale, New South Wales 2351, Australia  
<sup>2</sup>Indonesian Centre for Archaeology, E. Raza Soedarjo Jalan No. 4, Jakarta 12010, Indonesia

Currently, it is widely accepted that only one hominin genus, *Homo*, was present in Pleistocene Asia, represented by two species, *Homo erectus* and *Homo sapiens*. Both species are characterized by greater brain size, increased body height and smaller teeth relative to Pliocene *Australopithecus* in Africa. Here we report the discovery, from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia, of an adult hominin with stature and endocranial volume approximating 1 m and 380 cm<sup>3</sup>, respectively—equal to the smallest-known australopithecines. The combination of primitive and derived features assigns this hominin to a new species, *Homo floresiensis*. The most likely explanation for its existence on Flores is long-term isolation, with subsequent endemic dwarfing, of an ancestral *H. erectus* population. Importantly, *H. floresiensis* shows that the genus *Homo* is morphologically more varied and flexible in its adaptive responses than previously thought.

# Description des fossiles et création d'une nouvelle espèce *Homo floresiensis* (2004)



Nombre Minimum d'Individus = 7



Liang Bua 6



**Datations :**  
**60 à 100 000 ans**

**⇔ Contemporanéité avec  
*H. sapiens*??**

Qu'est ce qu'*Homo floresiensis* ?



*Homo sapiens*



- *Homo sapiens* pathologique ?
- Descendant d'*Homo erectus* ?
- Descendant d'un Hominine plus ancien ?



Javanese *H. erectus*

# Controverses autour d'un petit bonhomme (... bonne femme!)





# *Homo floresiensis*-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores

Gerrit D. van den Bergh<sup>1\*</sup>, Yousuke Kaifu<sup>2\*</sup>, Iwan Kurniawan<sup>3</sup>, Reiko T. Kono<sup>2</sup>, Adam Brumm<sup>4,5</sup>, Erick Setiyabudi<sup>3</sup>, Fachroel Aziz<sup>3</sup> & Michael J. Morwood<sup>1,‡</sup>

Mata Menge  
~ 700 000 ans



**Figure 1** | SOA-MM4 mandible compared with a Liang Bua *H. floresiensis* specimen. **a–d**, Superior (**a**), lateral (**b**), inferior (**c**), and anterior (**d**) views. **e**, Lateral view of the LB6/1 mandible. M<sub>1</sub>, first molar; M<sub>2</sub>, second molar; M<sub>3</sub>, third molar; MC, mandibular canal; aMF, accessory mental foramen. Scale bar, 10 mm.

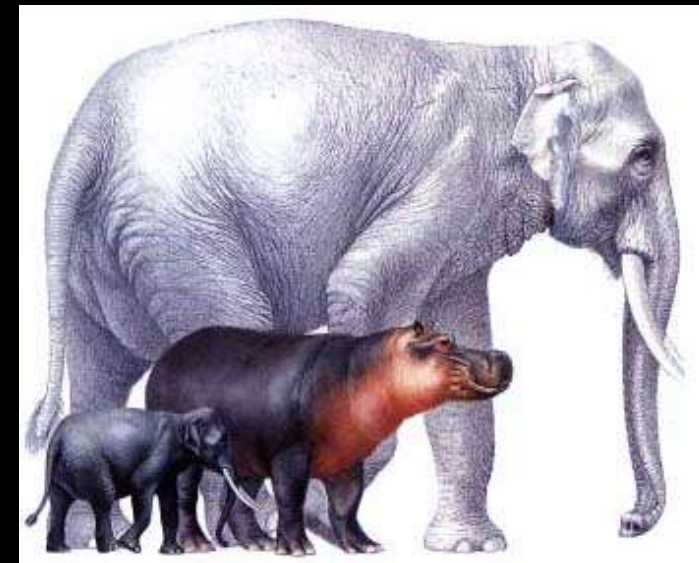
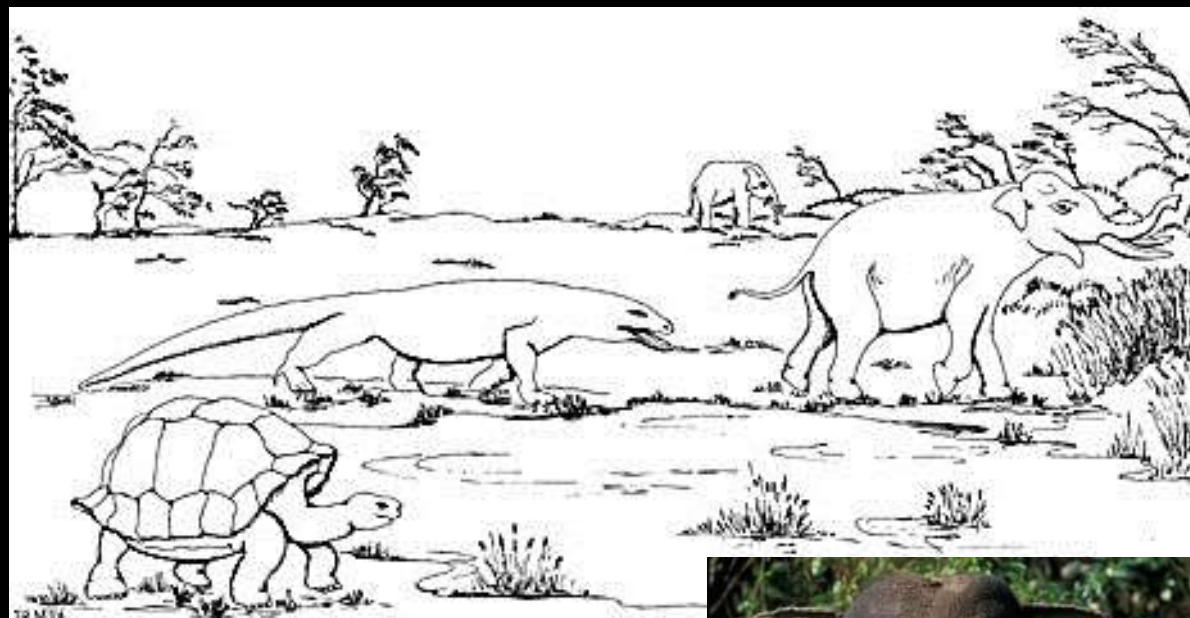


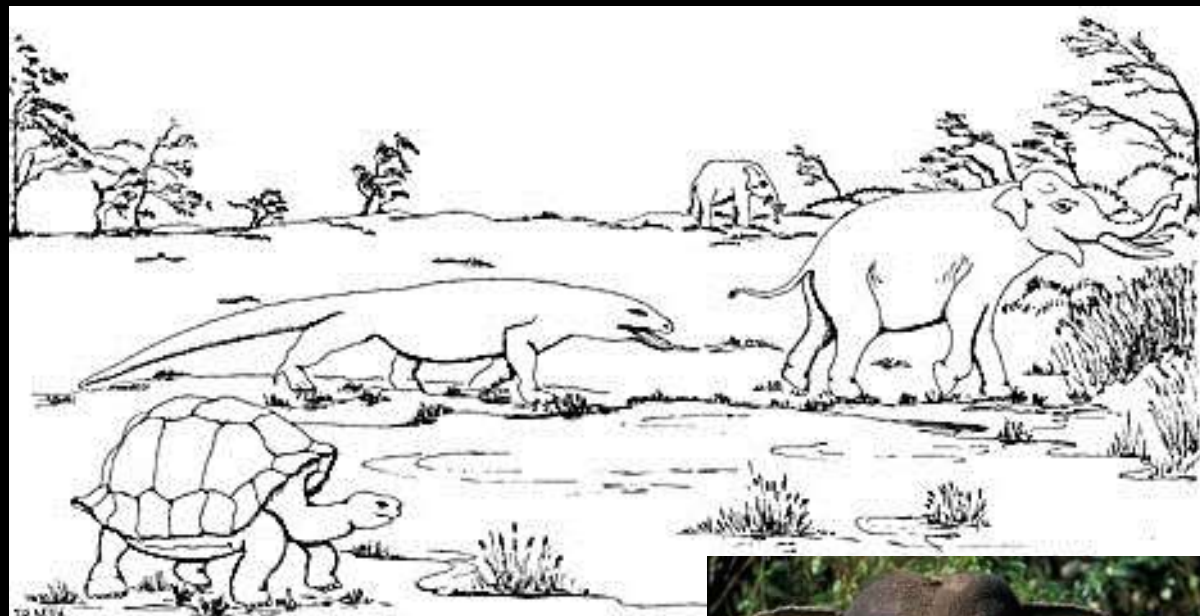
**Figure 2** | Isolated teeth from Mata Menge. **a**, SOA-MM2 (left I<sup>1</sup>). **b**, SOA-MM5 (right P<sup>3</sup>). **c**, SOA-MM1 (left M<sub>1</sub>). **d**, SOA-MM7 (left d<sub>2</sub>). **e**, SOA-MM8 (right d<sub>2</sub>). In each row, from left to right, occlusal, buccal (labial), lingual, mesial, and distal (except for **c**) views. Scale bar, 10 mm.

## Endémisme insulaire:

Ressources limitées  
Pas de grands prédateurs  
Effet fondateur et dérive génétique

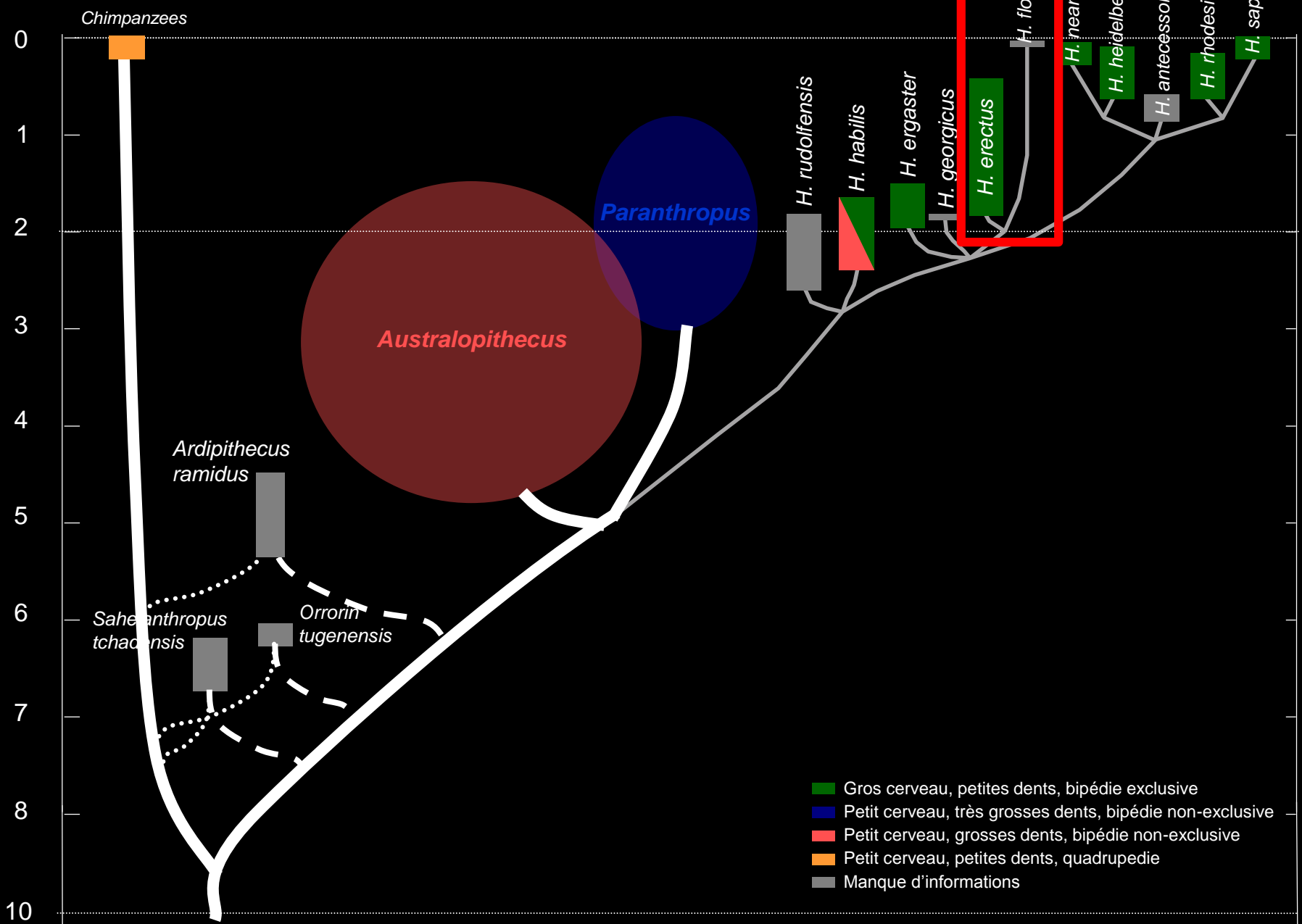
“les petits deviennent gros”  
&  
“les gros deviennent petits”





(various sources & E. Daynes)

(Ma)



Que faut-il en retenir?

« plus on en sait... plus on en sait! »

Extinction  
▲  
Paranthropus  
(Peninj, Java,  
Kromdraai?)

6. Early Homo Sapiens  
(Swanscombe, Steinheim)

5. Advanced Homo Erectus  
(Upper Bed II, North Africa,  
Europe, Java, and China)

4. Early Homo Erectus  
(Lower Bed II, Swartkrans)

3. Advanced Australopithecus  
(Toolmaker of Bed I)

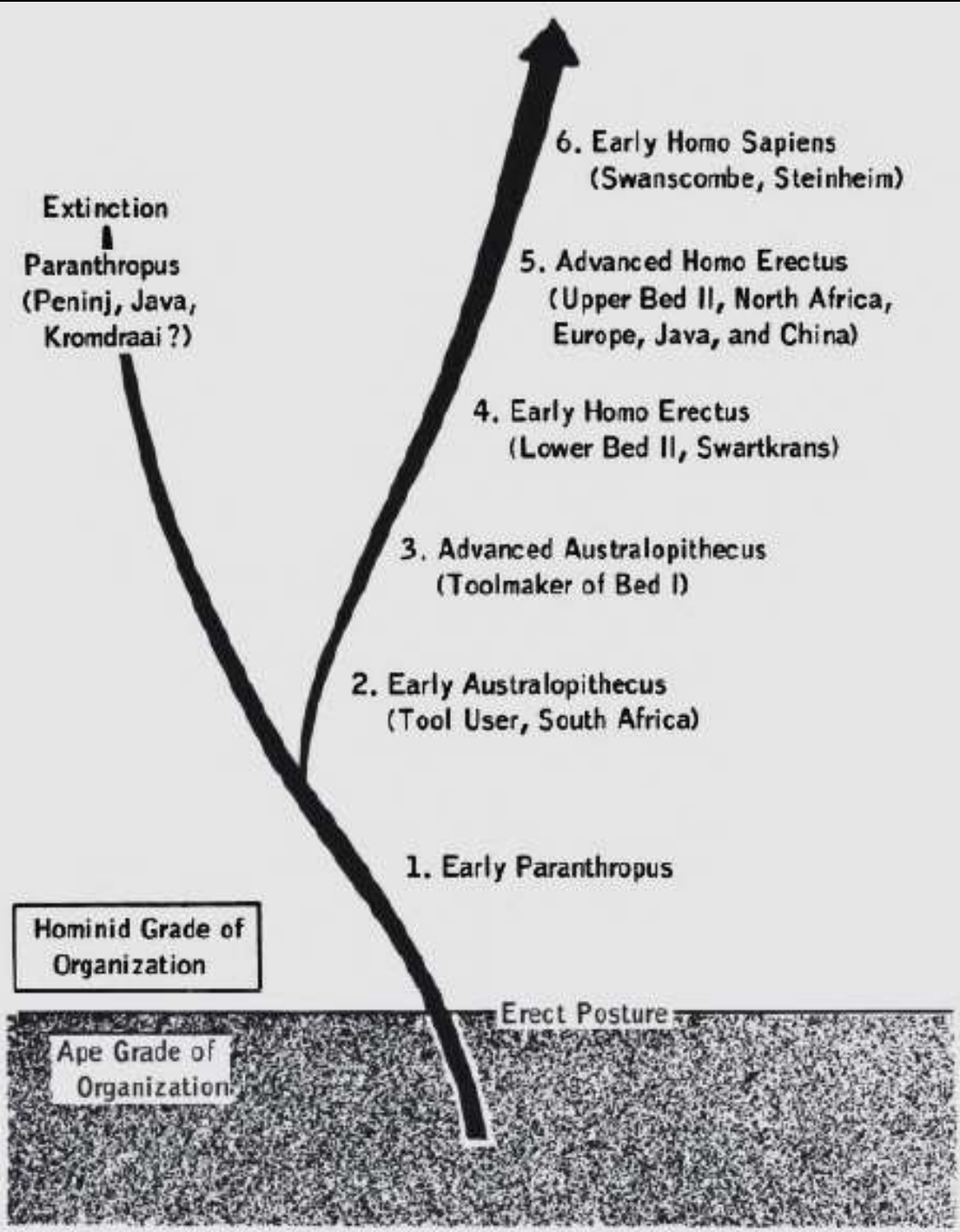
2. Early Australopithecus  
(Tool User, South Africa)

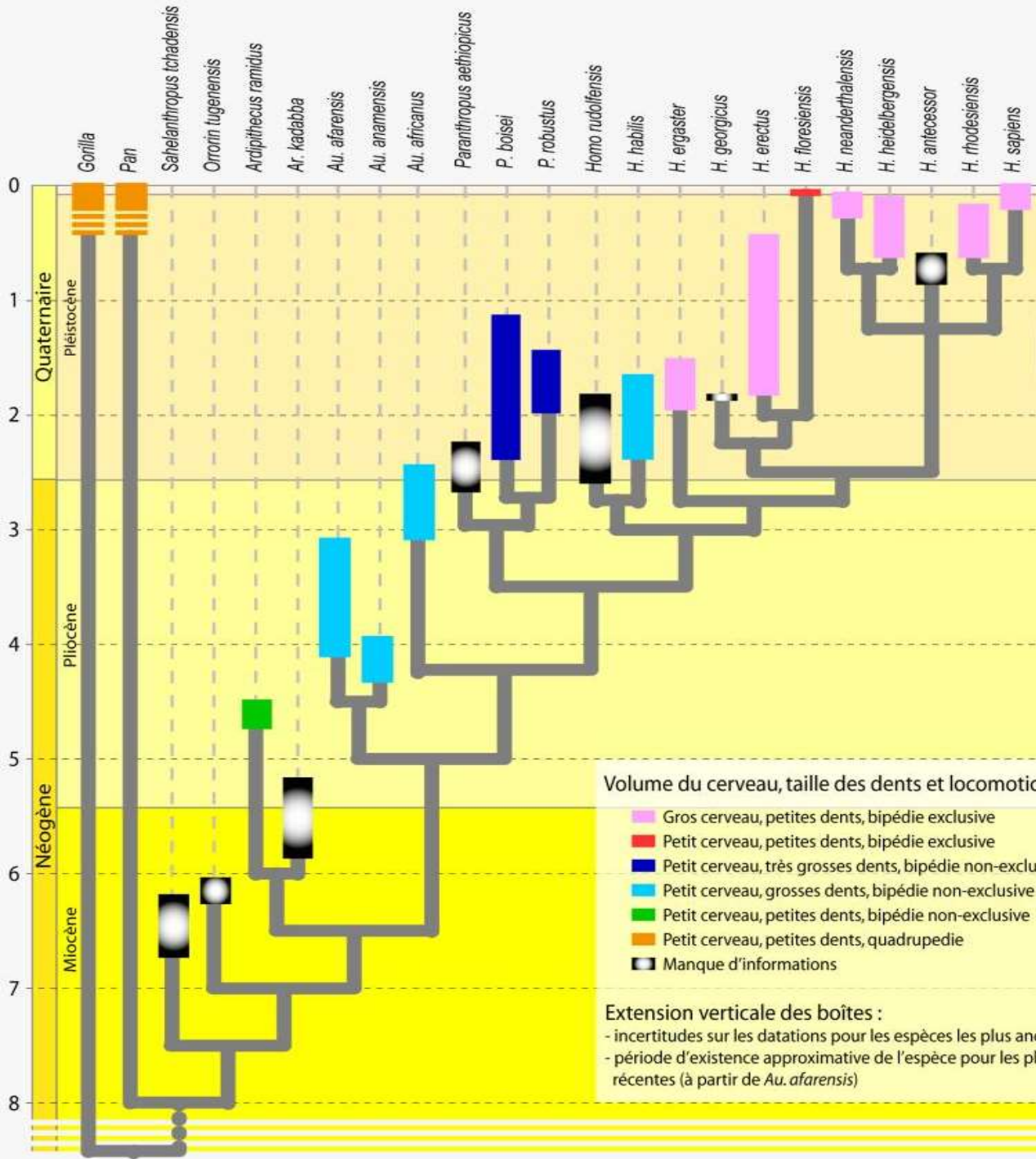
1. Early Paranthropus

Hominid Grade of  
Organization



Erect Posture





**Volume du cerveau, taille des dents et locomotion**

- Gros cerveau, petites dents, bipédie exclusive
- Petit cerveau, petites dents, bipédie exclusive
- Petit cerveau, très grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, grosses dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, petites dents, bipédie non-exclusive
- Petit cerveau, petites dents, quadrupédie
- Manque d'informations

**Extension verticale des boîtes :**

- incertitudes sur les datations pour les espèces les plus anciennes,
- période d'existence approximative de l'espèce pour les plus récentes (à partir de *Au. afarensis*)

C'est complexe à expliquer, à enseigner...  
mais c'est important de ne pas lâcher l'affaire!

Google image: "phylogeny genus homo"







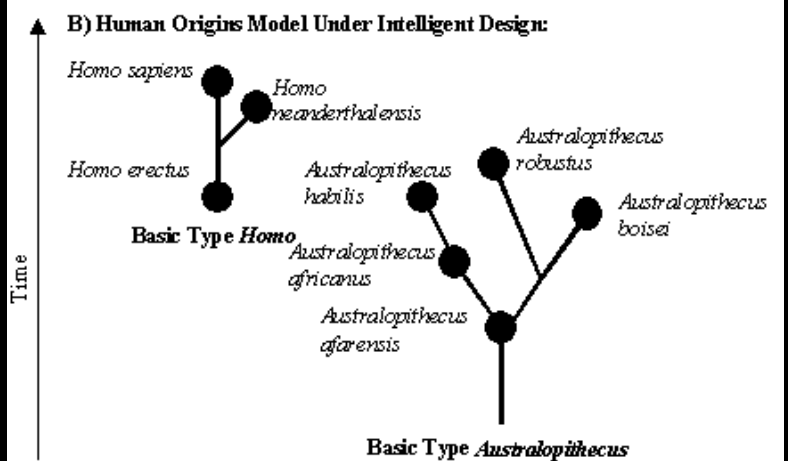
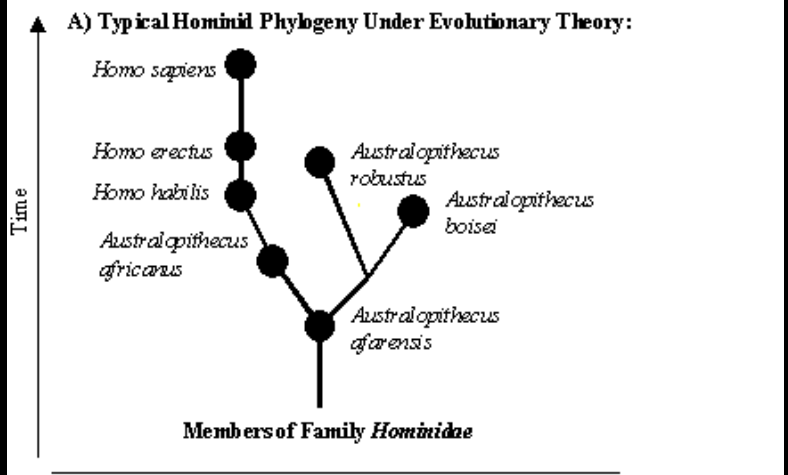
### Resources Human Origins and Intelligent Design (Less Technical)

#### Articles

- Intelligent Design FAQs & Primers
- Quotes Collection
- Lending Library

From *The Light Bulb Vol 3:1 (Spring, 2004)*  
 by **Casey Luskin**

Editor's Note: This is a less-technical version of an article by the same name that was originally published in the journal *Progress in Complexity, Information, and Design* in 2005. For the original, more technical version, click [here](#).



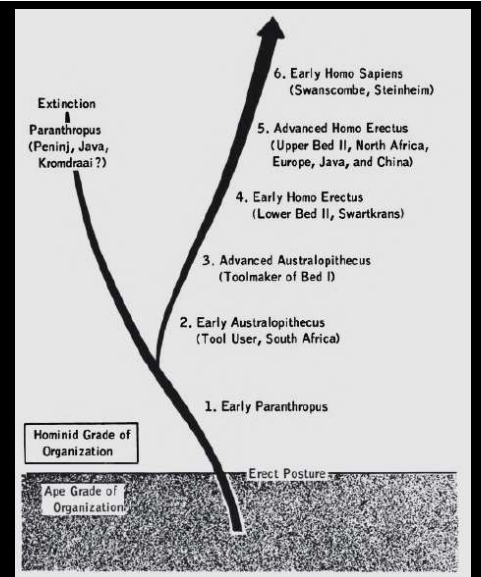
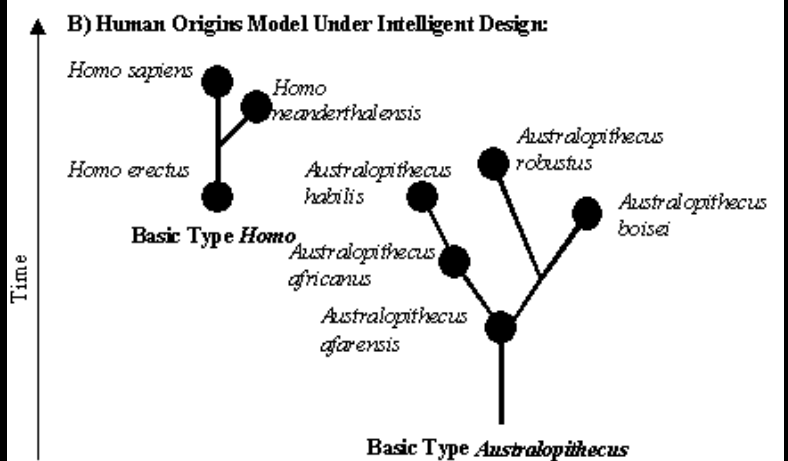
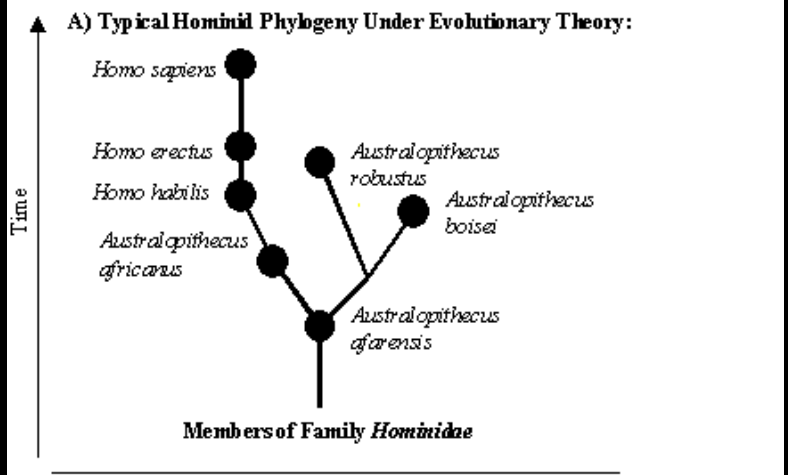


### Resources Human Origins and Intelligent Design (Less Technical)

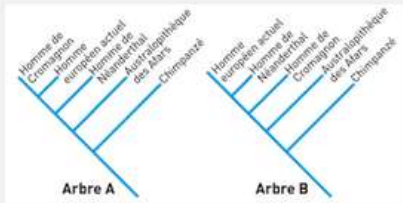
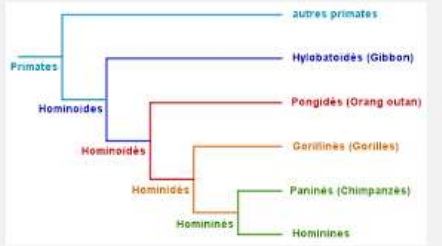
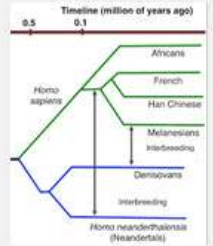
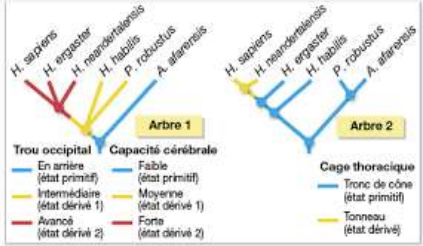
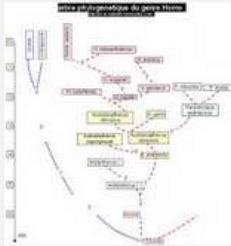
- Articles
- Intelligent Design FAQs & Primers
- Quotes Collection
- Lending Library

From *The Light Bulb Vol 3:1 (Spring, 2004)*  
 by **Casey Luskin**

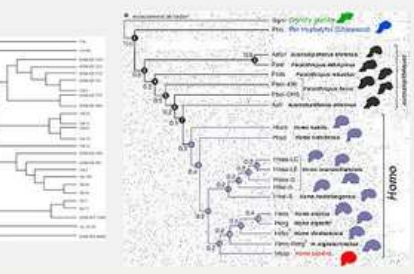
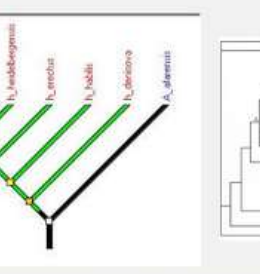
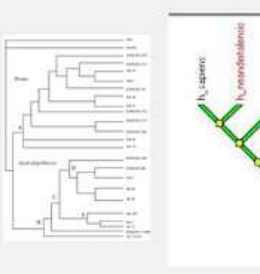
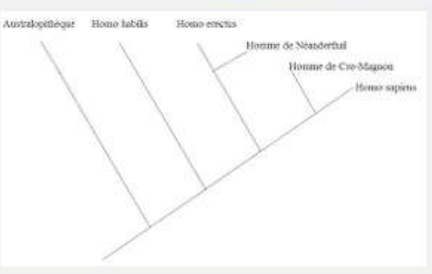
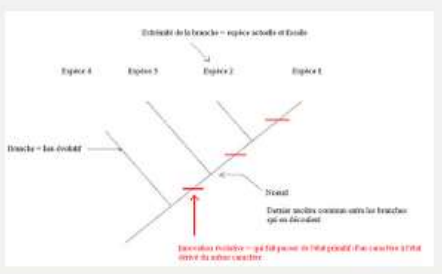
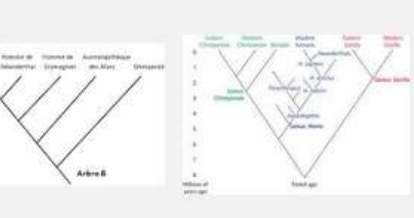
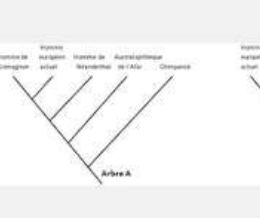
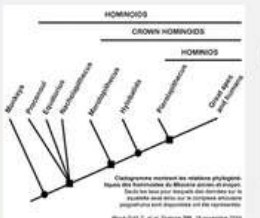
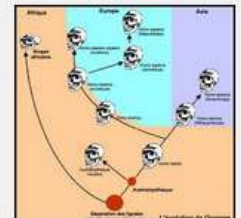
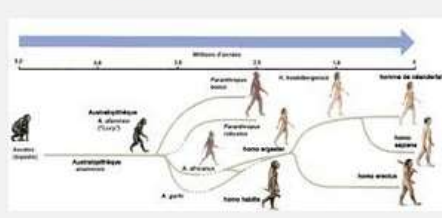
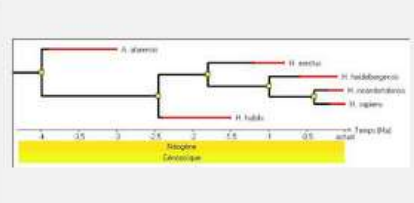
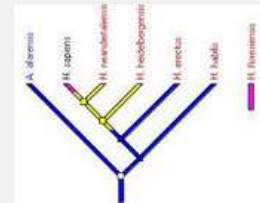
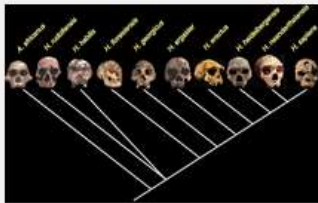
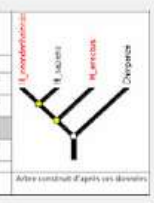
Editor's Note: This is a less-technical version of an article by the same name that was originally published in the journal *Progress in Complexity, Information, and Design* in 2005. For the original, more technical version, click [here](#).



Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	Localité	Année	Autres
Primate	Hominoidea	Hominidae	Homo	erectus	Java	1907	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Homo	habilis	Kenya	1962	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Homo	neanderthalensis	Allemagne	1908	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Homo	sapiens	Europe	1868	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	afarensis	Éthiopie	1924	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	boisei	Kenya	1961	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	parviflorus	Kenya	1961	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	robustus	Kenya	1937	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	sedgwickii	Kenya	1961	
Primate	Hominoidea	Hominidae	Australopithecus	terrestris	Kenya	1961	



Genre	État	Crâne	Capacité cérébrale	Profil	Stature
Homo heidelbergensis	Intermédiaire	En transition	Moyenne	Long et large	Long et large
Homo erectus	Avancé	En transition	Fort	Long et étroit	Long et large





Merci

Famille des Hylobatidae (gibbons & siamangs)  
Famille des Pongidae (orangs-outans)  
Famille des Hominidae  
    sous-famille des Gorillinae (gorilles)  
    sous-famille des Paninae (chimpanzés)  
    sous-famille des Homininae (hommes)



Famille des Hylobatidae (gibbons & siamangs)  
Famille des Pongidae (orangs-outans)  
Famille des Gorillidae ou Panidae (gorilles & chimpanzés)  
Famille des Hominidae (hommes)



Famille des Hylobatidae (gibbons & siamangs)  
Famille des Pongidae (orangs-outans)  
Famille des Hominidae  
    sous-famille des Gorillinae (gorilles)  
    sous-famille des Homininae ou Paninae (hommes & chimpanzés)



Famille des Hominidae  
    sous-famille des Hylobatinae (gibbons & siamangs)  
    sous-famille des Homininae  
        tribu Pongini (orangs-outans)  
        tribu Hominini  
            sous-tribu Gorillina (gorilles)  
            sous-tribu Hominina (chimpanzés & hommes)



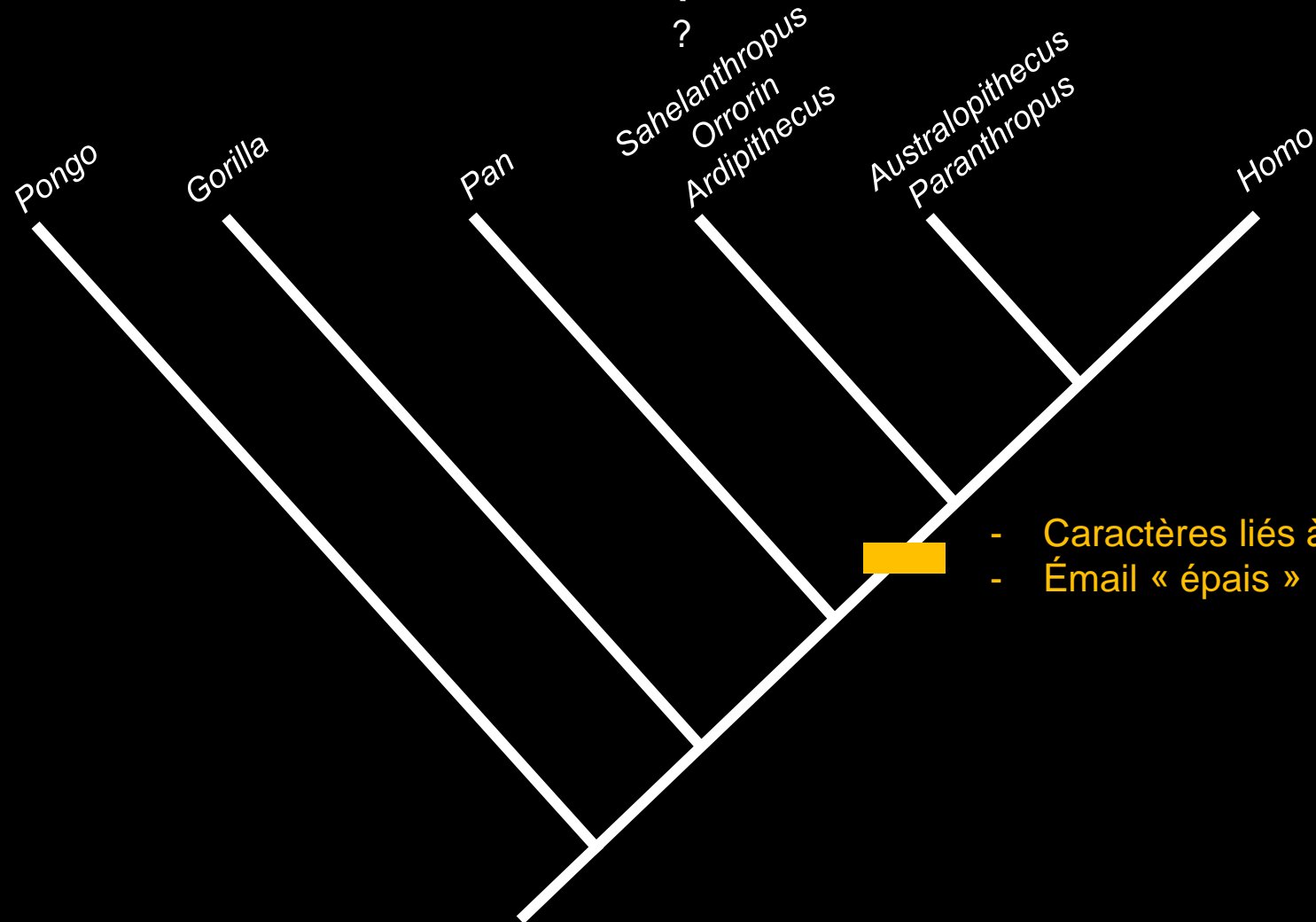
## Différentes classifications

### Grands singes actuels

# Hominidae (« hominidés »)

## Homininae (« homininés »)

### Hominini (« hominines »)



# Teilhard de Chardin *Le phénomène humain* (1955)

## A propos des Mammifères

[...] pour bien apercevoir l'Arbre de la Vie, il faut commencer « par se faire les yeux » sur cette portion de sa ramure où ne se soit exercée que modérément l'action corrosive du Temps. Ni trop près, pour ne pas être gêné par les feuilles, ni trop loin, pour tenir encore des rameaux suffisamment fournis.

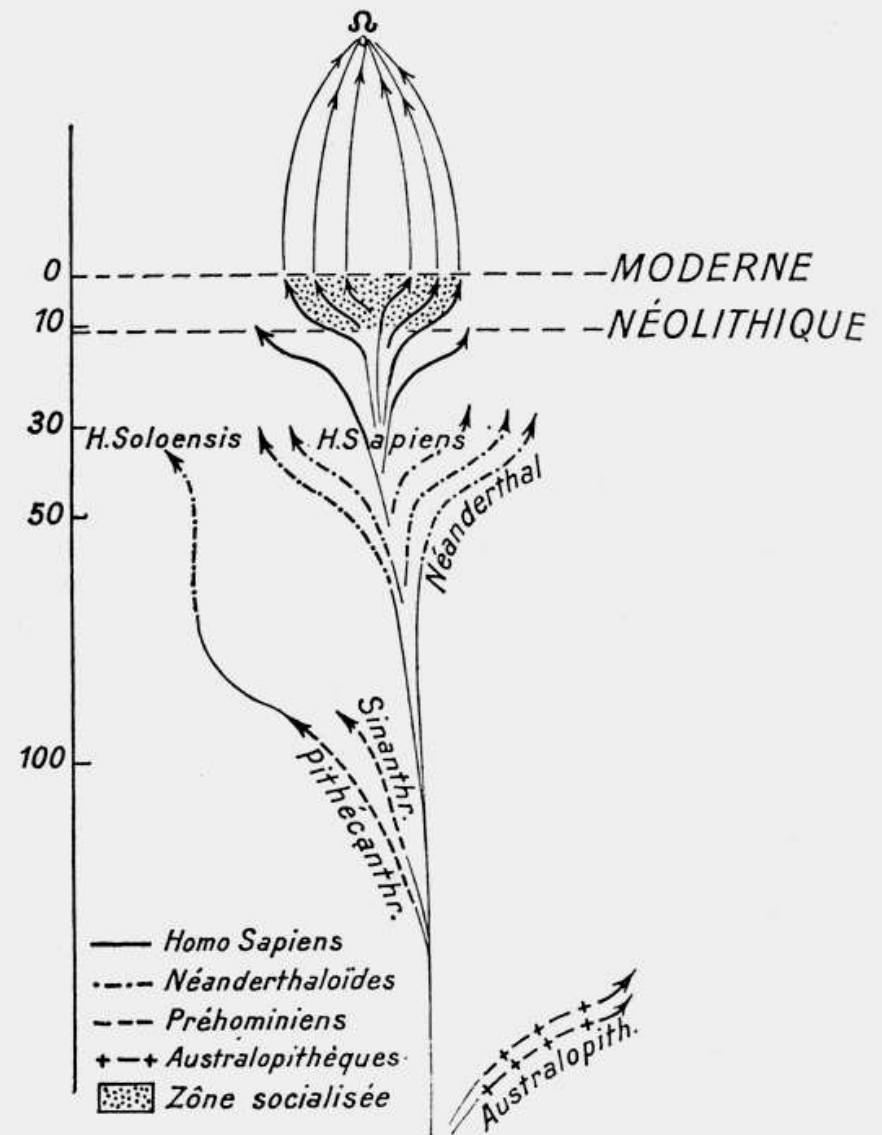


Fig. 4. Figure schématisant le développement de la Nappe humaine. Les chiffres à gauche comptent les milliers d'années. Ils représentent un minimum, et devraient sans doute être au moins doublés. La zone hypothétique de convergence sur Oméga (en pointillé) n'est évidemment pas exprimée à l'échelle. Par analogie avec les autres Nappes vivantes, sa durée serait de l'ordre des millions d'années.



Si vous en voulez plus!

**Cours Publics du Muséum (2014):**

**« L'évolution de l'Homme : entre histoire et actualité, fossiles et molécules »**

**1. Interrogations sur les origines de l'homme, d'hier à aujourd'hui (... et demain ?)**

[http://www.dailymotion.com/video/x231w1t\\_interrogations-sur-les-origines-de-l-homme-d-hier-a-aujourd-hui-et-demain-cycle-l-evolution-de-l-hom\\_school](http://www.dailymotion.com/video/x231w1t_interrogations-sur-les-origines-de-l-homme-d-hier-a-aujourd-hui-et-demain-cycle-l-evolution-de-l-hom_school)

**2. *Nosce te ipsum* : ce qui fait un homme (fossile)**

[http://www.dailymotion.com/video/x231wjz\\_nosce-te-ipsium-ce-qui-fait-un-homme-fossile-cycle-l-evolution-de-l-homme-2-3\\_school](http://www.dailymotion.com/video/x231wjz_nosce-te-ipsium-ce-qui-fait-un-homme-fossile-cycle-l-evolution-de-l-homme-2-3_school)

**3. *Homo sapiens*, Néandertal et compagnie**

[http://www.dailymotion.com/video/x2antur\\_homo-sapiens-neandertal-et-compagnie-cycle-l-evolution-de-l-homme-3-3\\_tech](http://www.dailymotion.com/video/x2antur_homo-sapiens-neandertal-et-compagnie-cycle-l-evolution-de-l-homme-3-3_tech)

**Liens vers les vidéos sur : <http://hnhp.cnrs.fr/?DETROIT-Florent>**



# Un regard sur l'évolution morphologique des gorilles et des chimpanzés :

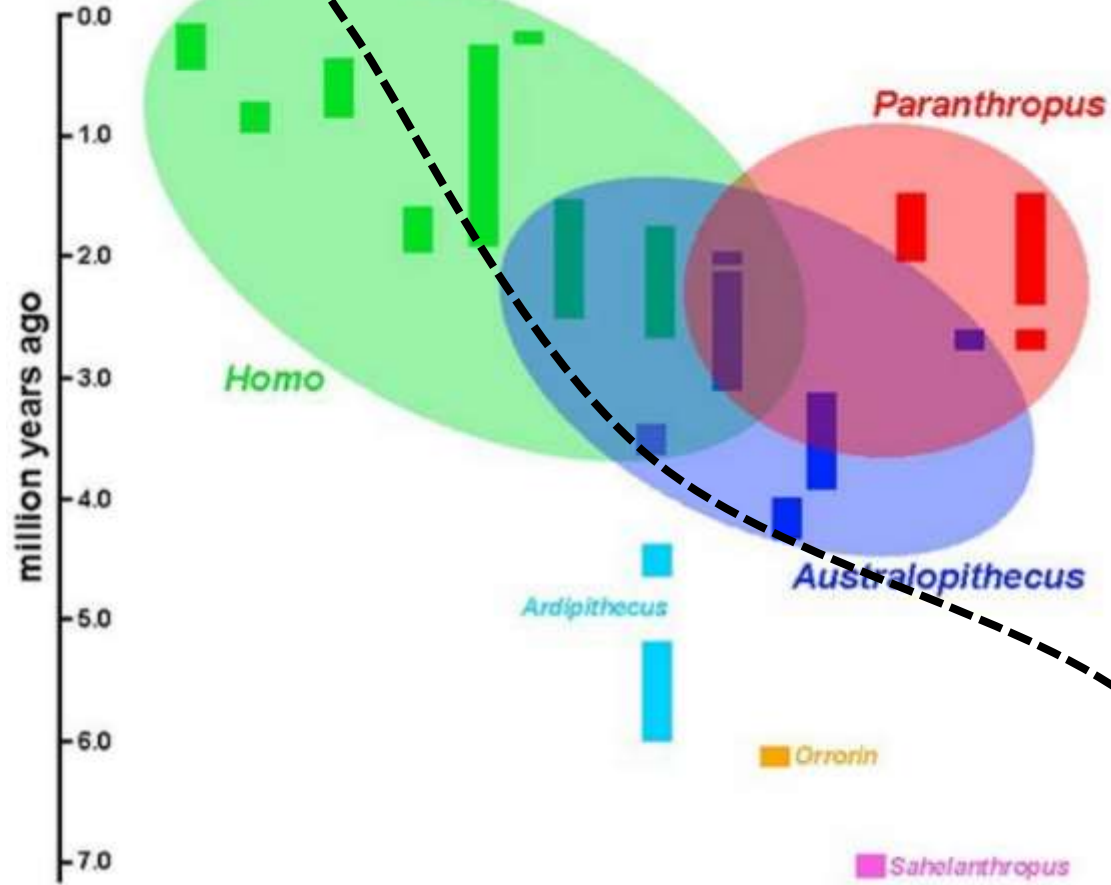
quels enjeux,  
quels fossiles,  
quels scénarios ?

Guillaume Daver



Quels enjeux ?





?

# Les grands singes africains parmi les hominoïdes actuels

BONOBO



GIBBONS



ORANGS-OUTANS



GORILLES



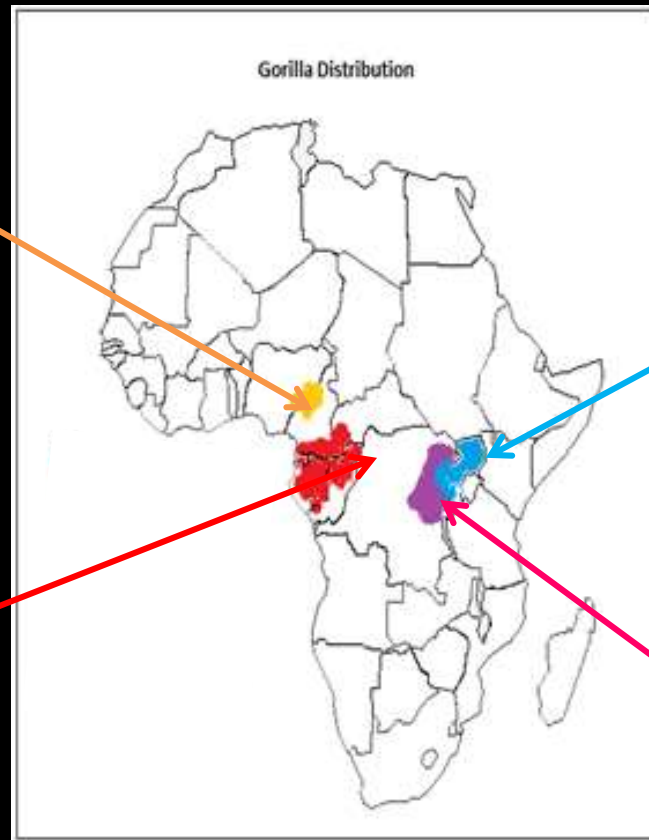
CHIMPANZES COMMUN



# Gorilla Geoffroy Saint-Hilaire, 1852

Gorille = *Gorilla* (R. Owen )

*Górrilai* (« femmes velues », Hannon le navigateur)

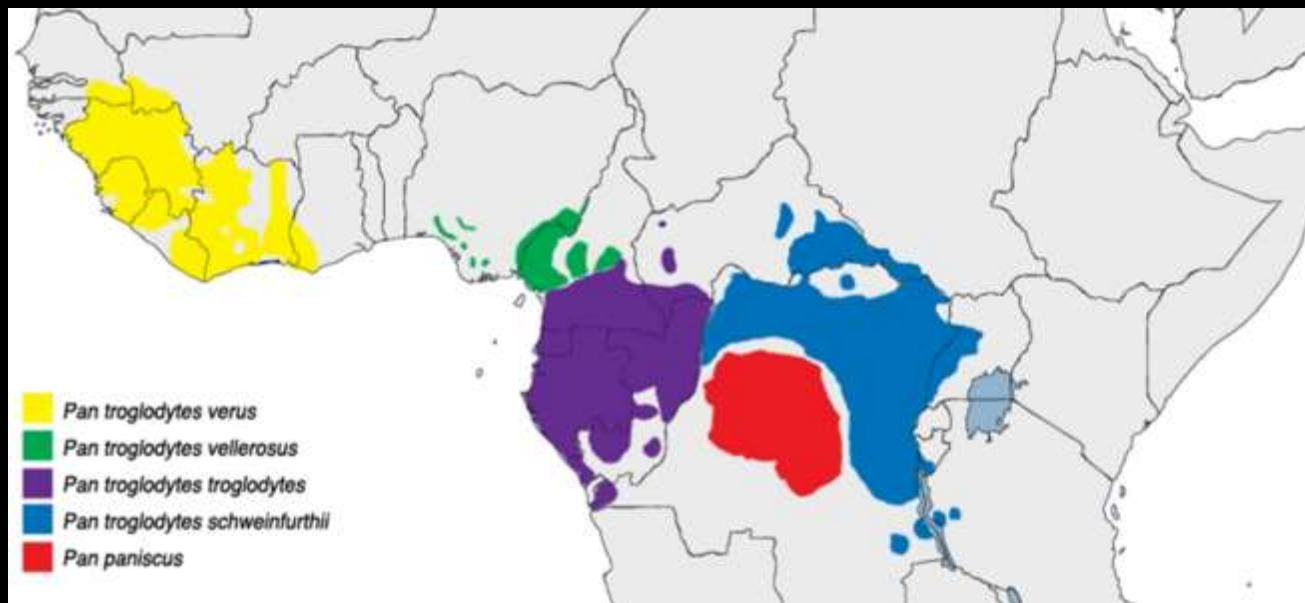


# Comportement



# Pan Oken, 1816

Chimpanzé = « l'homme moqueur » en langue bantoue





# Comportement

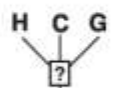
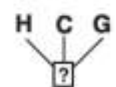

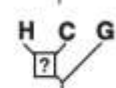
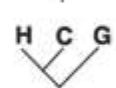
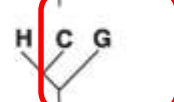


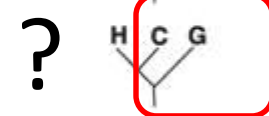


Illustration M. 0019

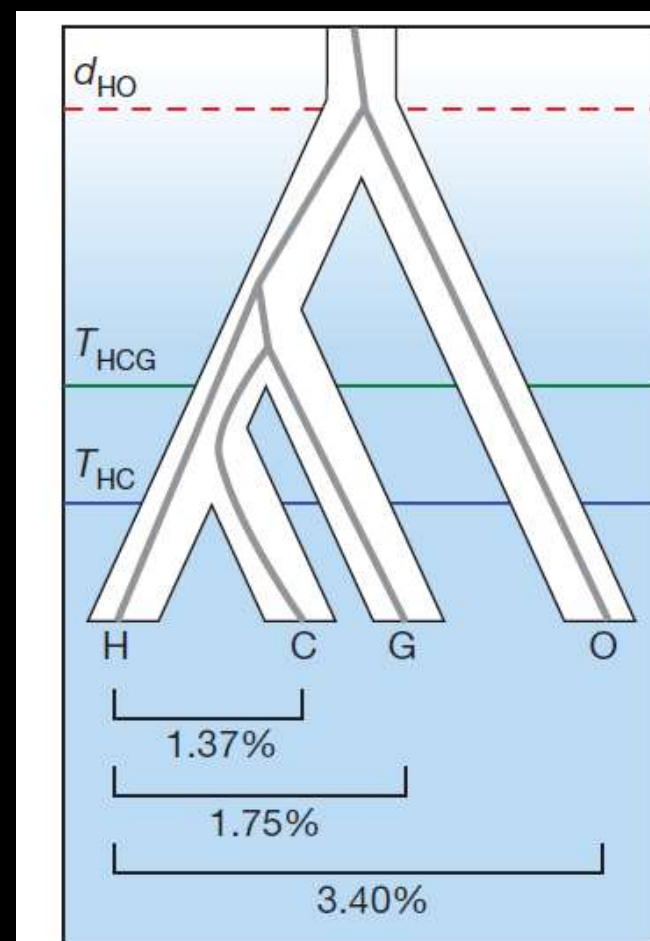
Chimpanzee

# Morphologie et biologie moléculaire ...s'accorder sur une phylogénie

**Table 1** Lines of molecular and anatomical evidence identifying relationships among African apes and humans

Type of evidence	Relationship
<b>Molecular</b>	
Immunological test Sarish & Wilson 1967	
Protein (globin) sequences Goodman, 1983	
Chromosomes (karyotypes, FISH) Yunis & Prakash, 1982	
DNA-DNA hybridization Sibly & Alquist 1984	
DNA sequences (mtDNA, nuclear) Ruvolo, 1997	
Gene expression profiles Uddin et al. 2004	
<b>Anatomical</b>	
General morphology Kluge, 1983	
Temporal bone Lockwood et al. 2004	
Soft tissue Gibbs et al. 2002	

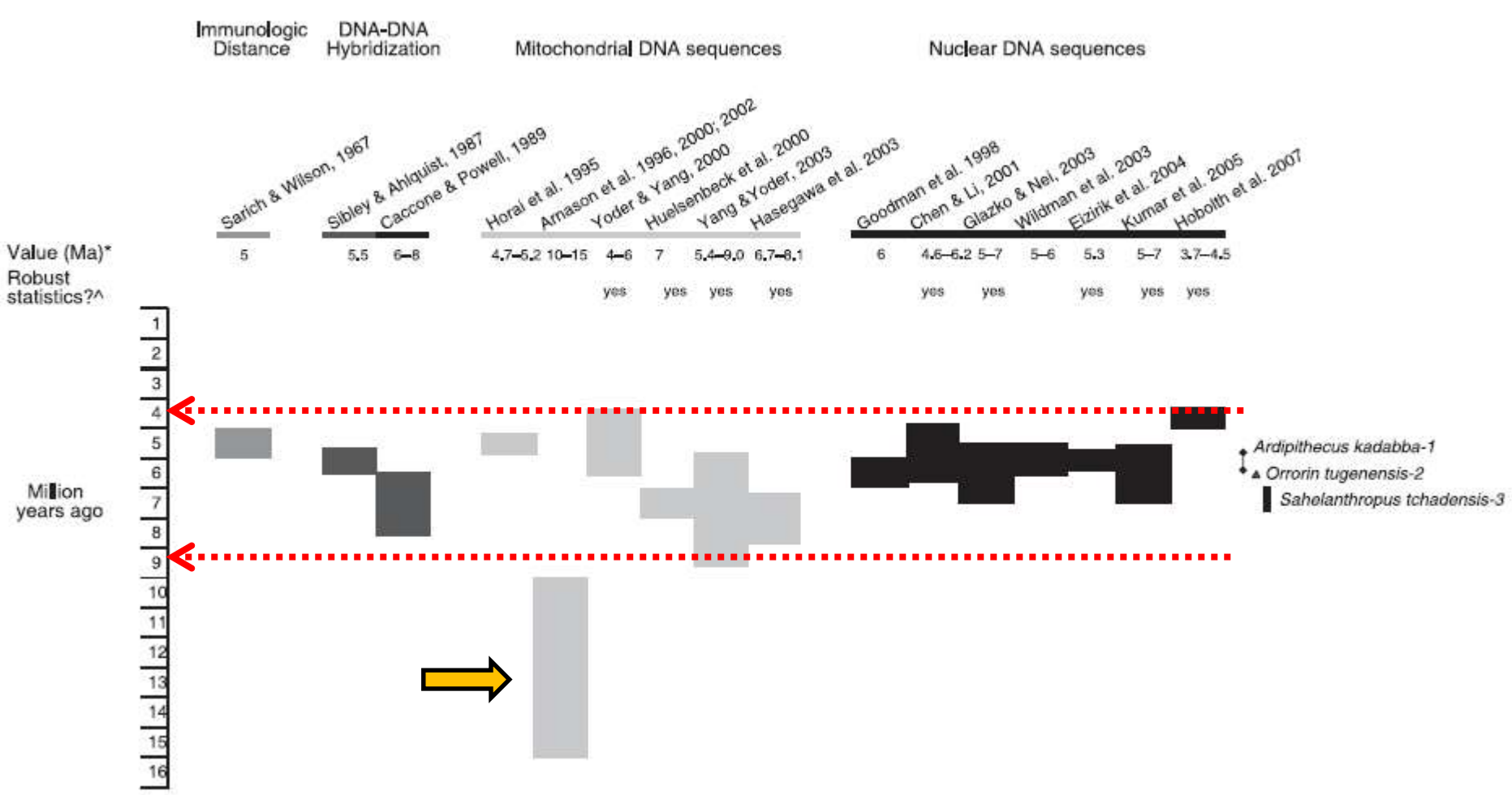
H = human; C = chimpanzee; G = gorilla.  
FISH = fluorescent in situ hybridization.  
mtDNA = mitochondrial DNA.



Scally et al., 2012

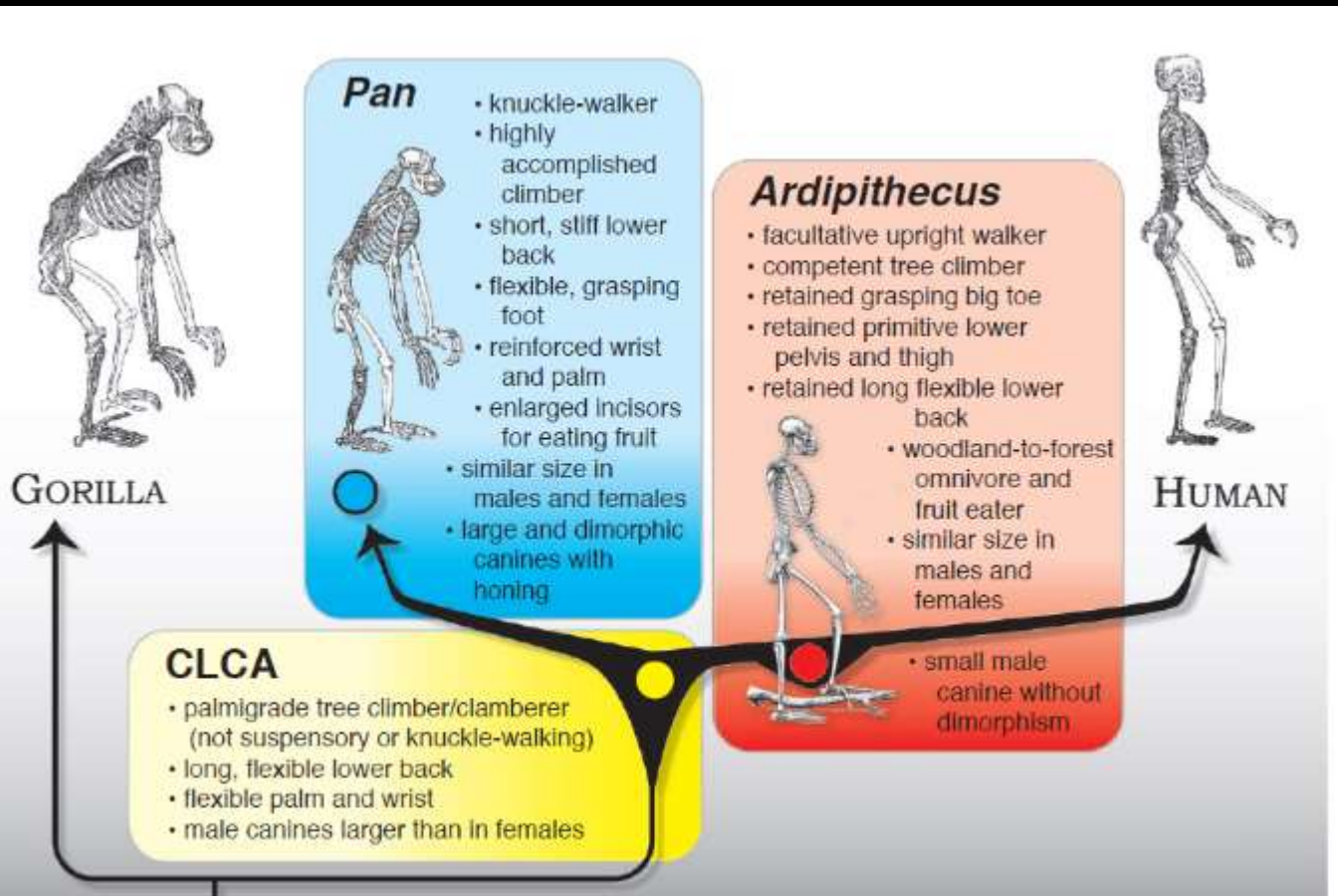
Bradley, 2008

# Morphologie et biologie moléculaire ...s'accorder sur un temps de divergence



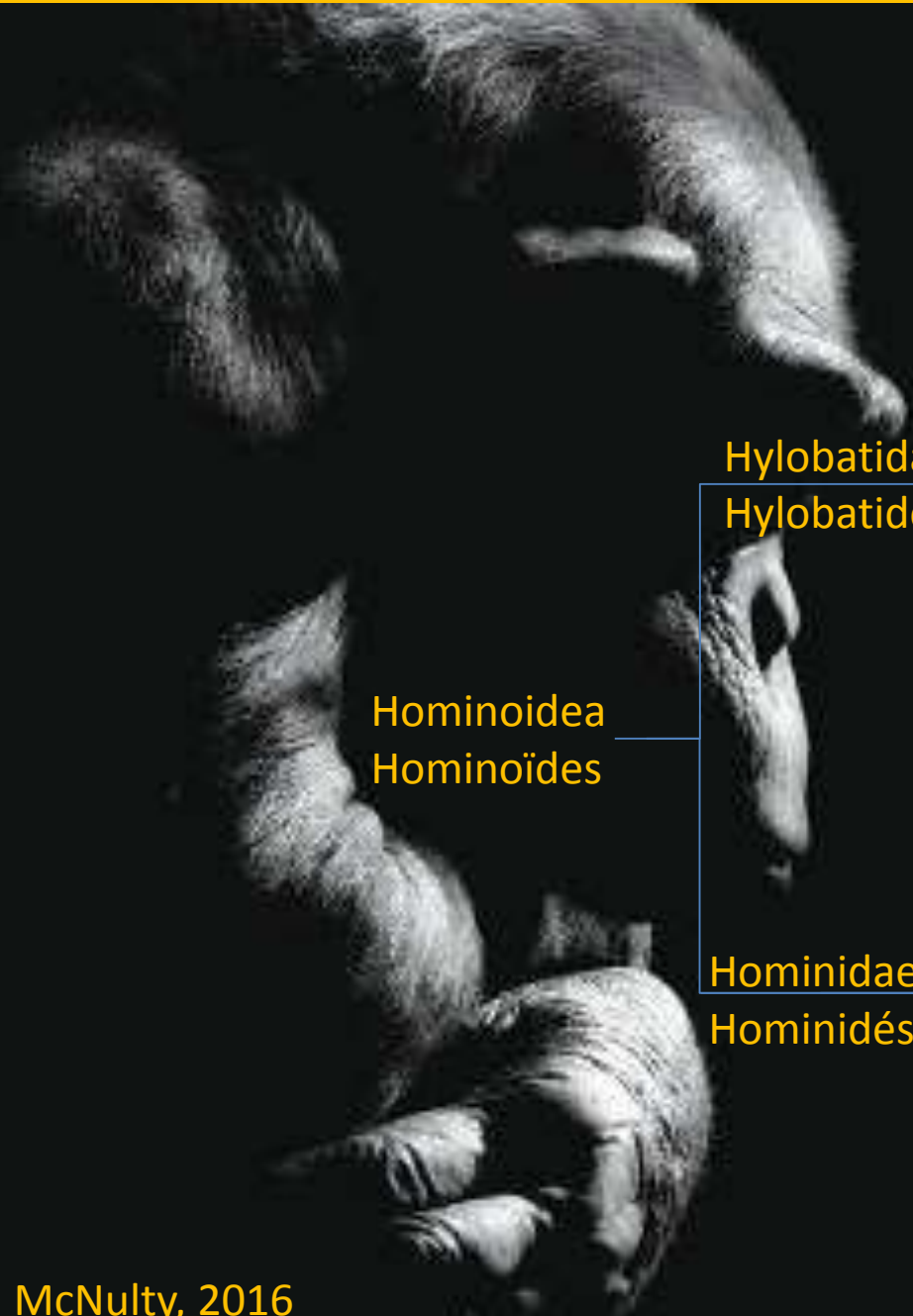
Bradley, 2008

# ...les arguments paléontologiques : *Ardipithecus* White, 1995





# En conclusion, ...s'accorder sur une classification



Hominoidea  
Hominoïdes

Hylobatidae  
Hylobatidés

Hominidae  
Hominidés

Homininae  
Homininés

Ponginae  
Ponginés



Hominini  
Hominines

?

Panini  
Panines

Gorillini  
Gorillines

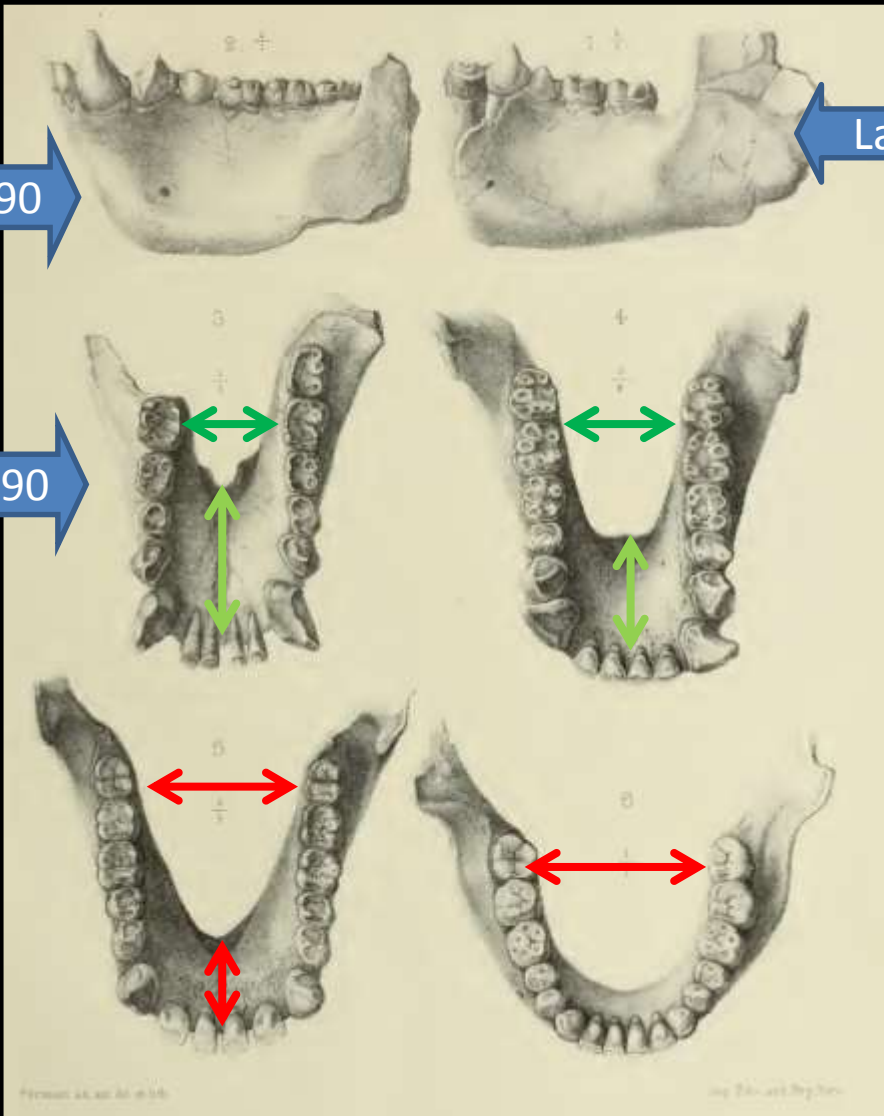


Quels fossiles ?



# Les premiers grands singes fossiles

## Le « singe des chênes » (*Dryopithecus* Lartet, 1856)



Gaudry, 1890

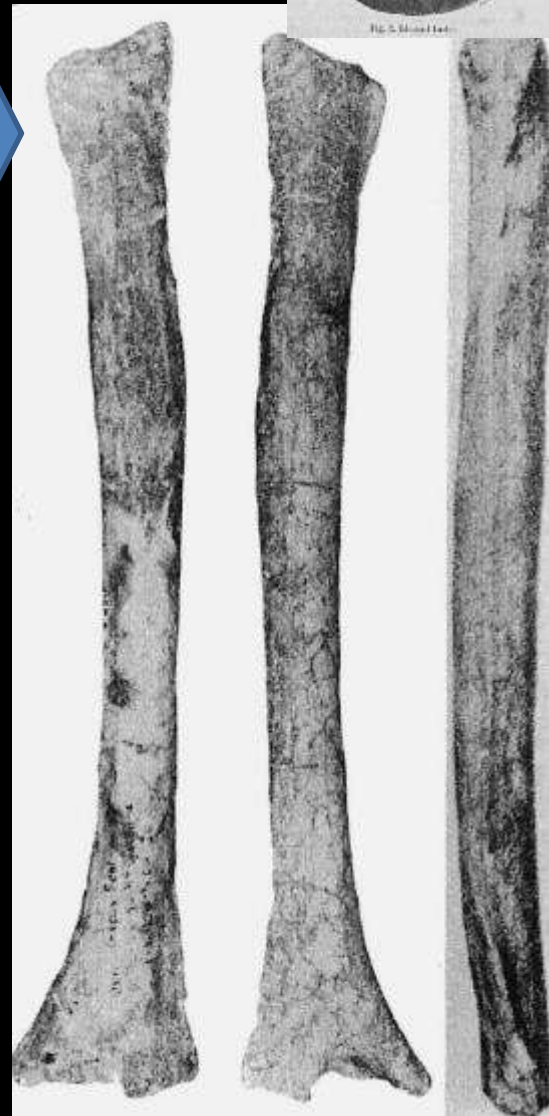
Gaudry, 1890

Chimpanzé

Lartet, 1856

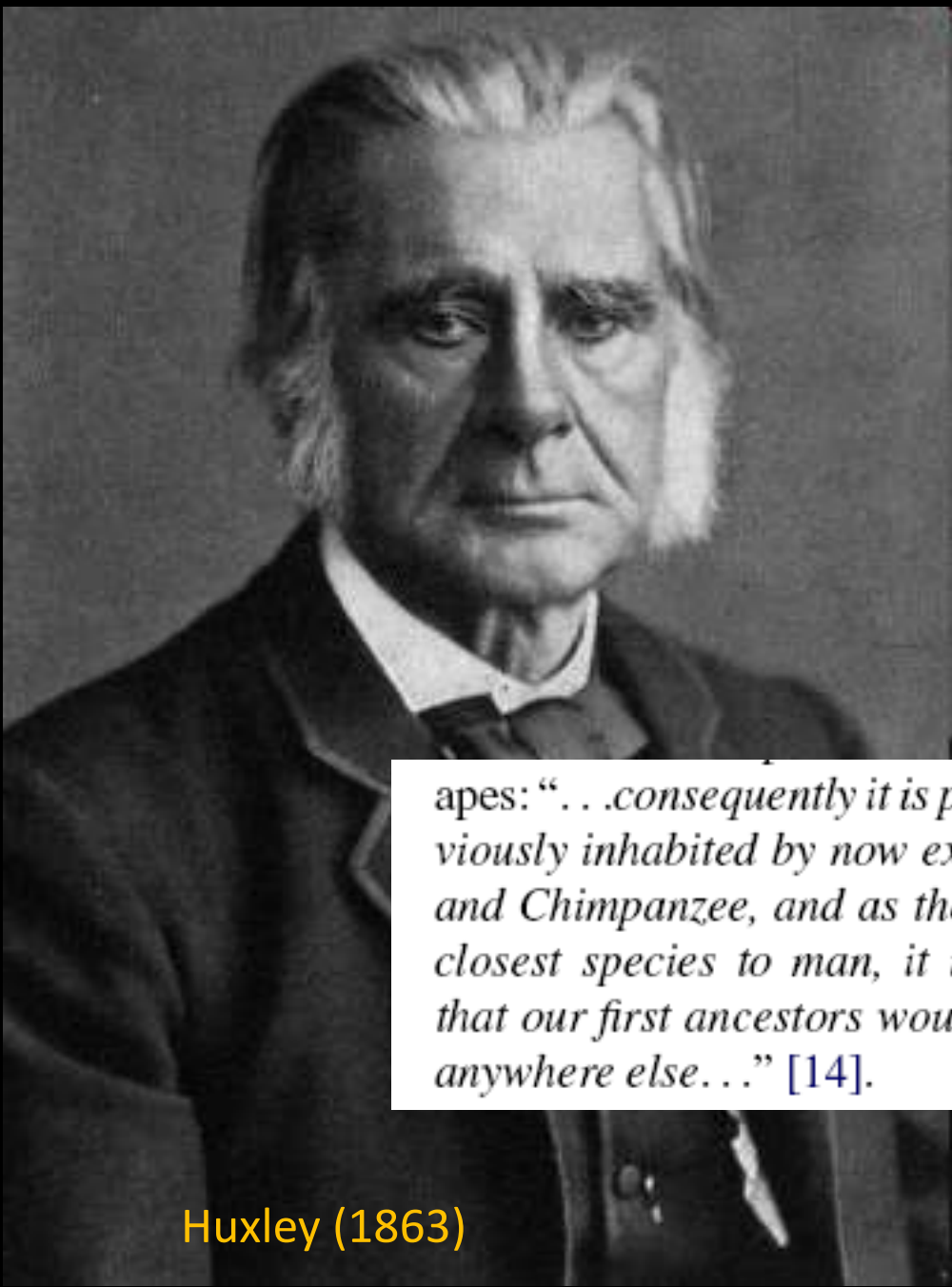
Gorille

Homo

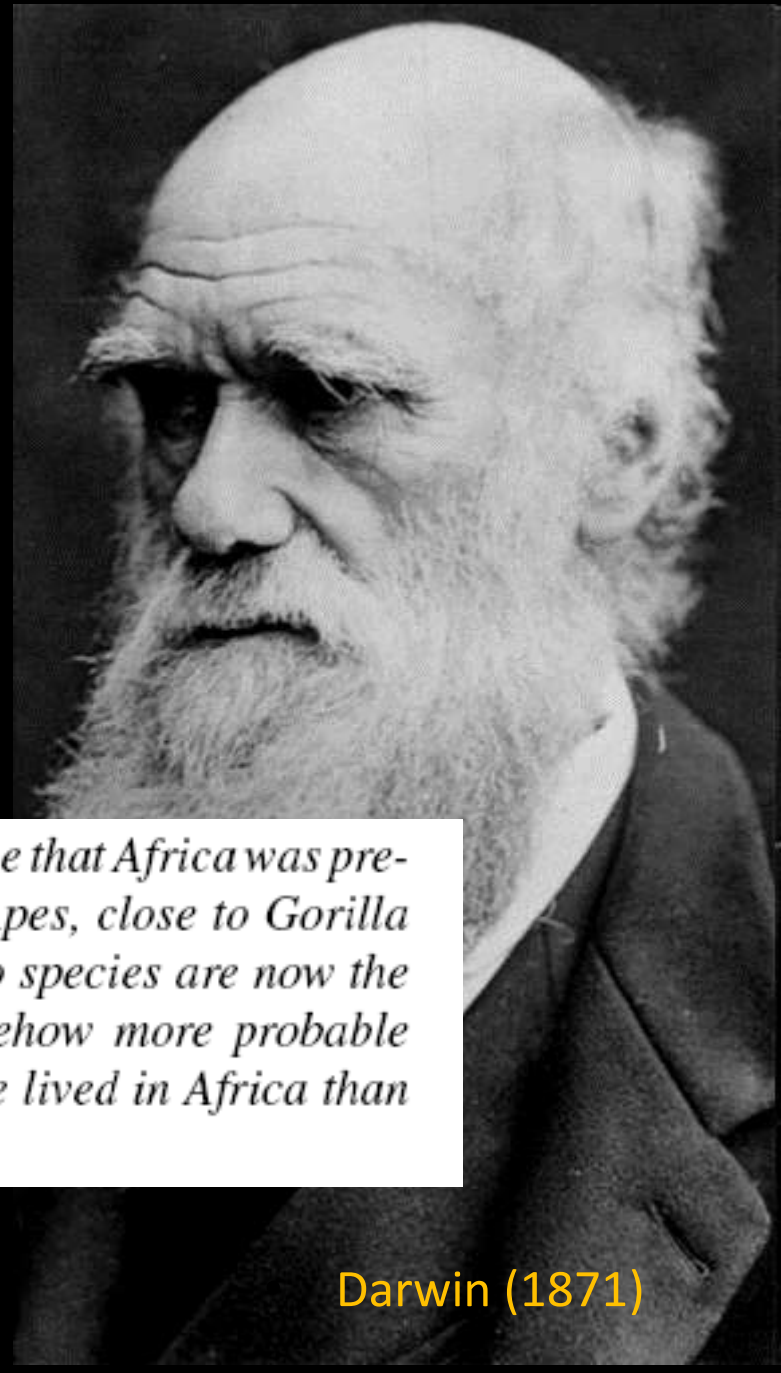




# Un dernier ancetre commun arboricole » ?



Huxley (1863)



Darwin (1871)

apes: “. . .consequently it is probable that Africa was previously inhabited by now extinct Apes, close to Gorilla and Chimpanzee, and as these two species are now the closest species to man, it is somehow more probable that our first ancestors would have lived in Africa than anywhere else. . .” [14].

Les premiers fossiles d'Afrique:  
*Proconsul* Hopwood, 1933



# Les grands singes fossiles morphologiquement proches des gorilles et des chimpanzés actuels



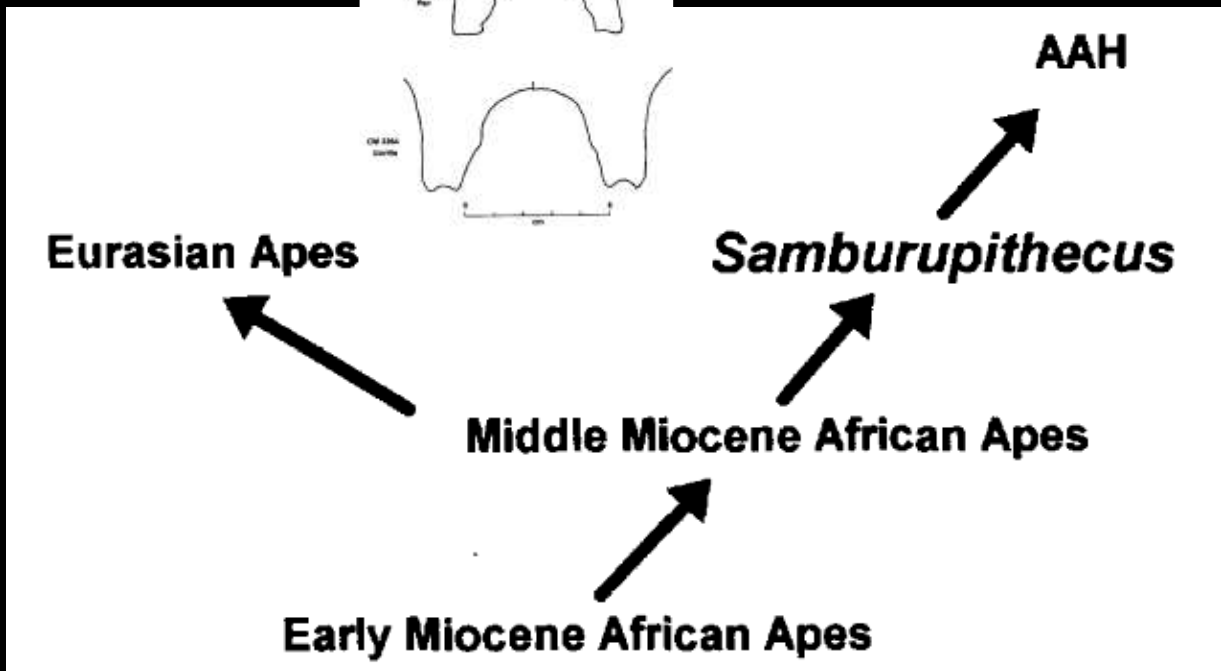
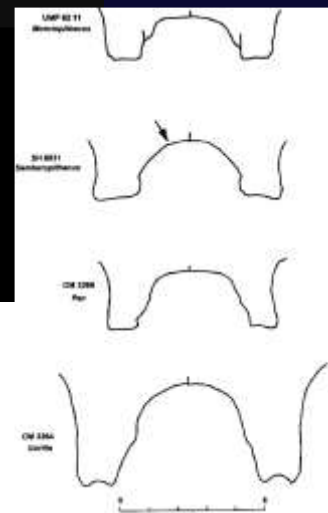
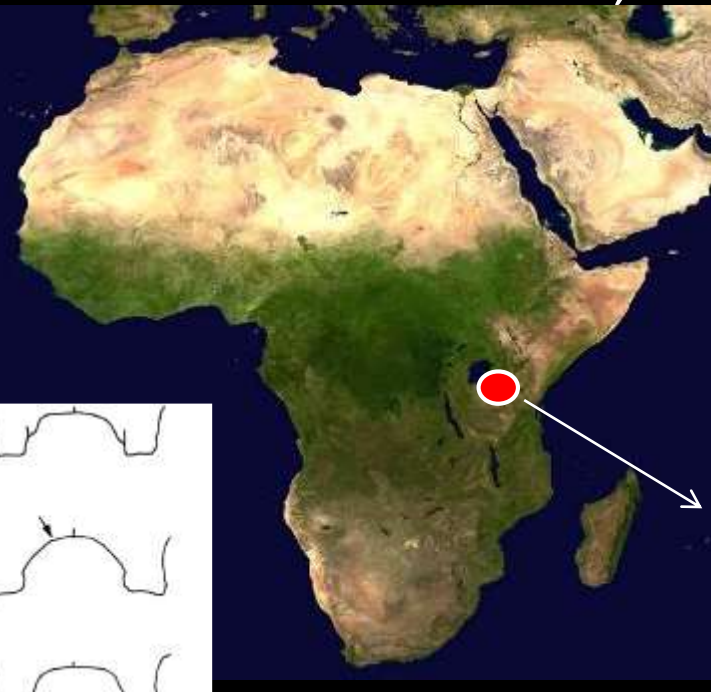
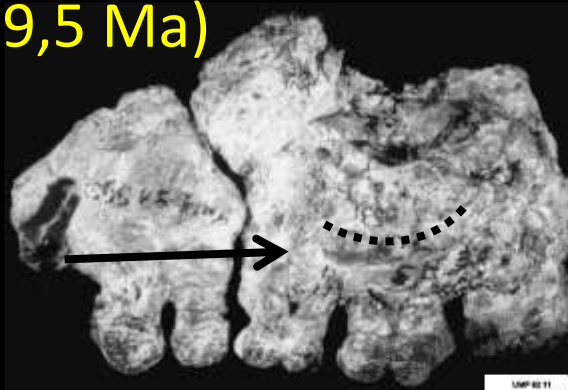
➔ Depuis 1997, les découvertes de grands singes fossiles en terre africaine se sont multipliées

# *Ouranopithecus* Bonis & Melentis, 1977 (9,8-8,7 Ma)



Crédit photo – G. Merceron

*Samburupithecus kiptalami* Ishida et Pickford, 1997  
(9,5 Ma)



# *Nakalipithecus nakayamai* (10-9,5 Ma)

Kunimatsu *et al.*, 2007

Dimensions dentaires type gorille femelle

Cingulum réduit

Email épais

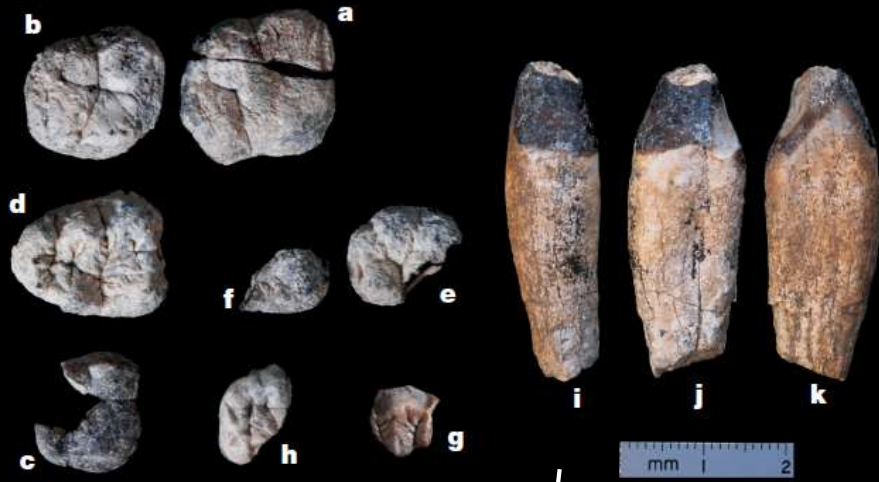
Mandibule haute et gracile

➔ Ancestrale à *Ouranopithecus* ?



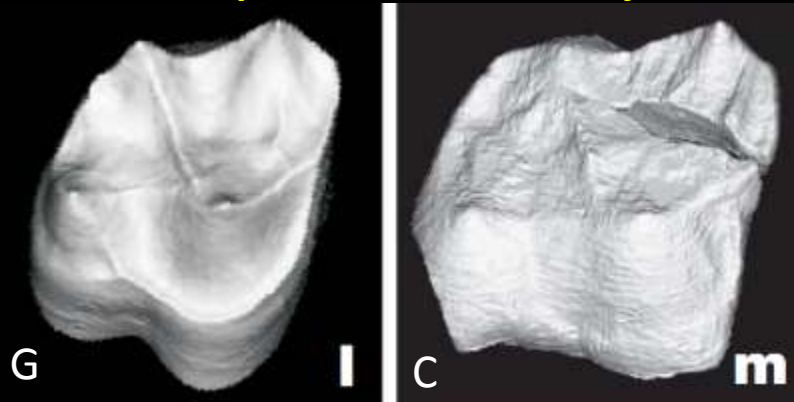
# *Chororapithecus abyssinicus* (8-8,5Ma)

Suwa et al., 2007



# *Chororapithecus abyssinicus* (8-8,5Ma)

Suwa et al., 2007



Crêtes de cisaillement  
des molaires



Ancestrale à  
Gorilla ?



Email plus épais des canines  
Cuspides moins élevées

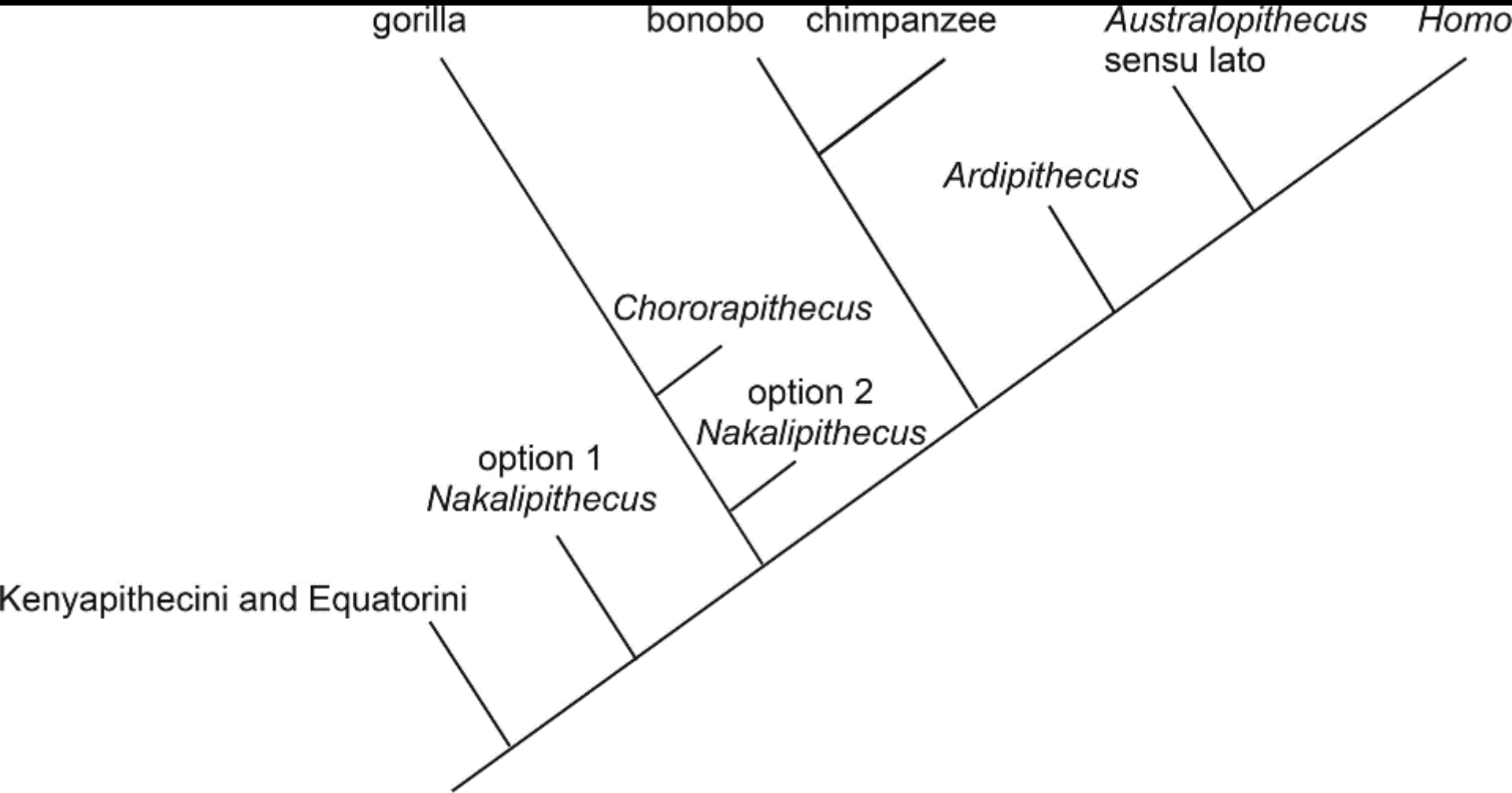


= adaptés à objet  
plus durs/abrasif  
?)

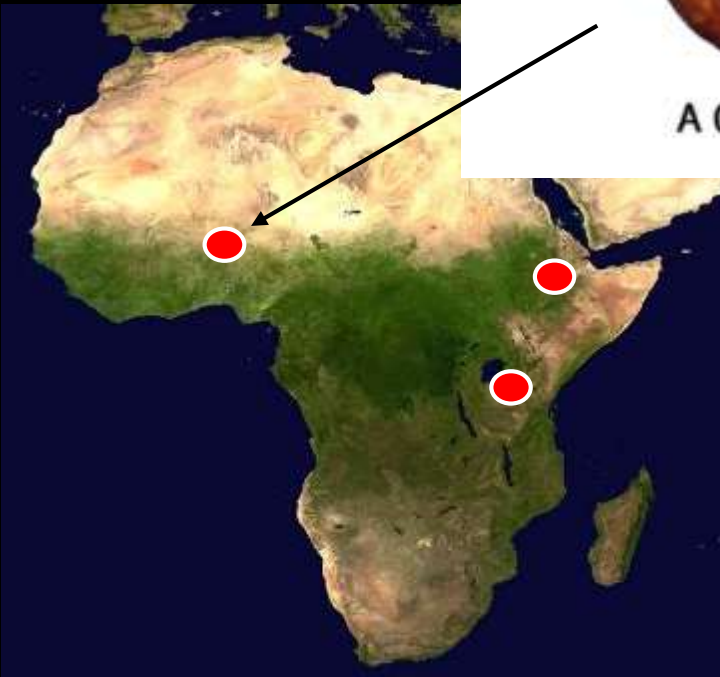




# Conclusion... préliminaire



# ... et les chimpanzés ?



Hominoïde (11 – 5,5 Ma)

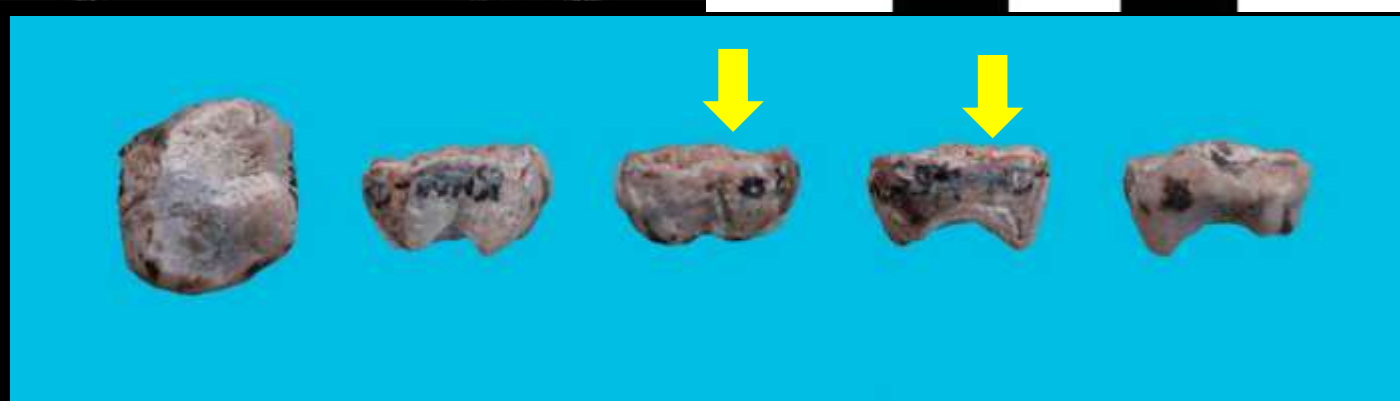
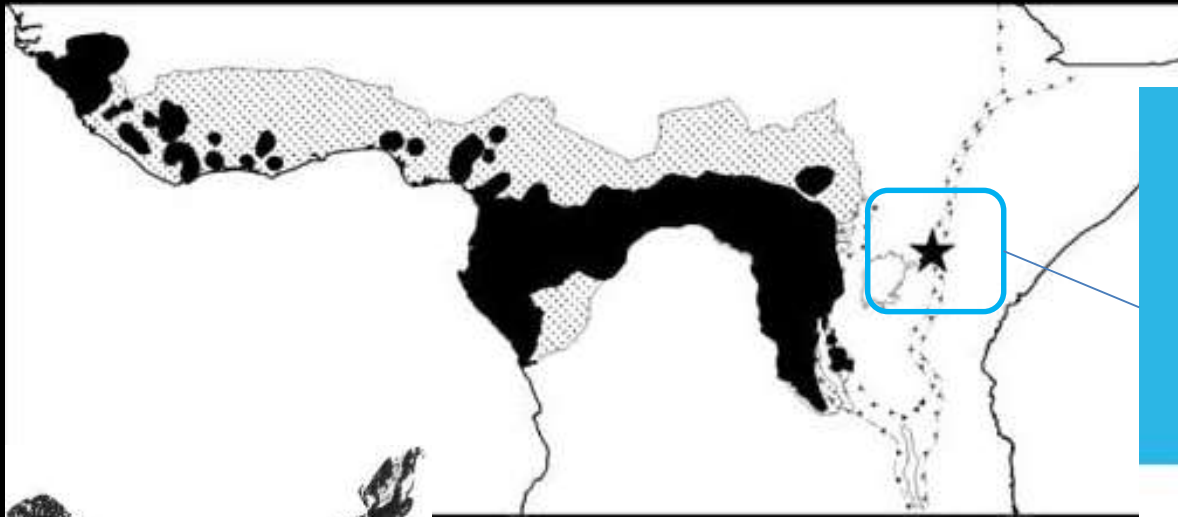
Pickford *et al.* 2009

# Présence de chimpanzés à 545 000 ans ?

Jablonski & McBrearty, 2005  
Collines Tugen, Kapthurin

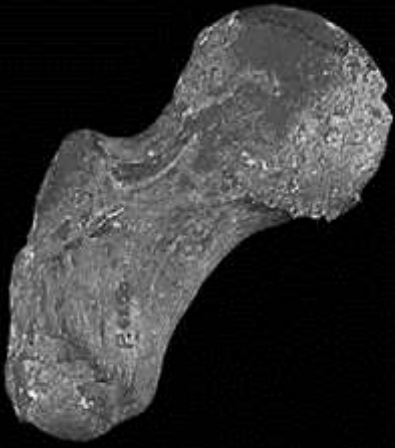
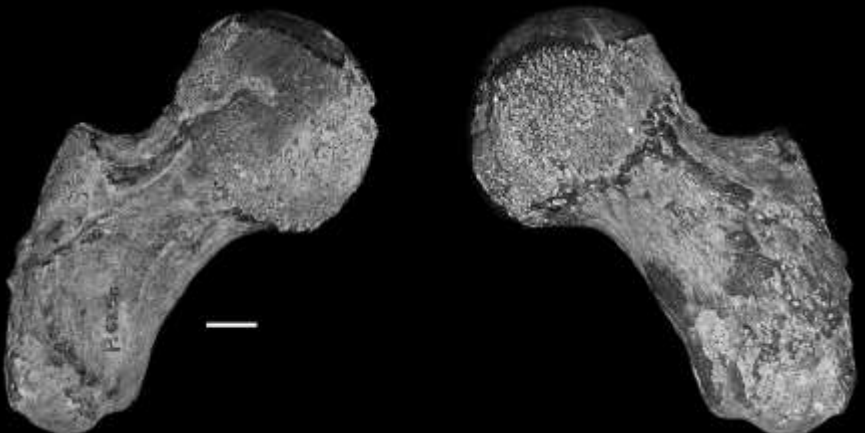
545 ± 3 kyr

*Pan sp. indet.*



BK 8518: *Homo sp. indet.* (aff. *erectus*) Wood et Van Noten, 1986

Le femur de Kikorongo Crater  
Desilva et al. 2006  
âge pleistocène ?



*G. g. gorilla*

*P. troglodytes*

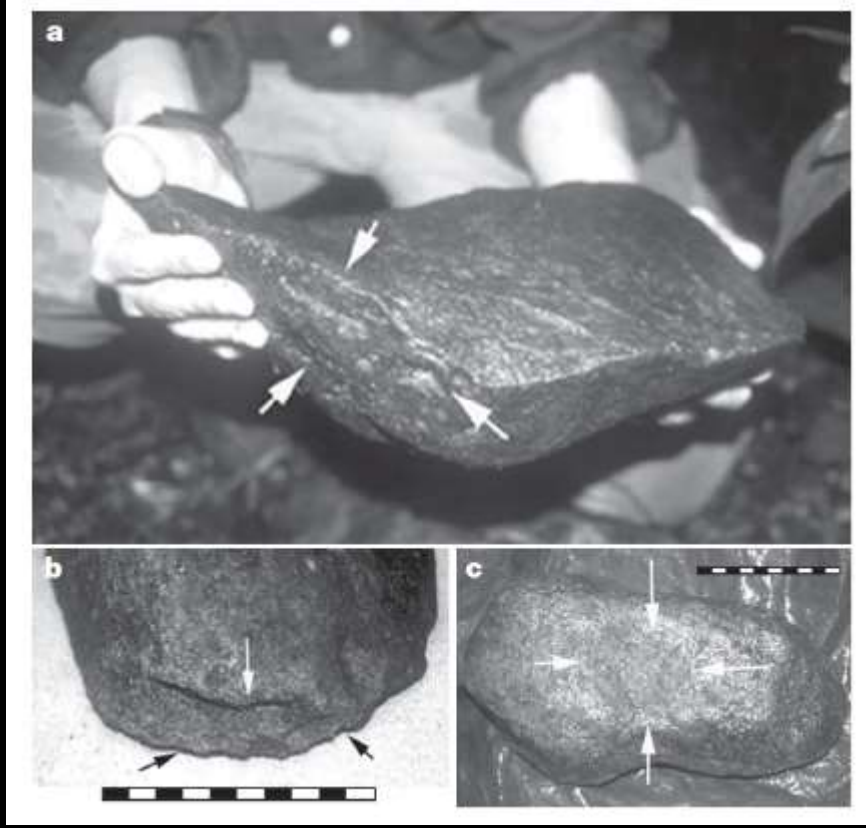
*H. sapiens*

♀

♀

# Au croisement de l'archéologie et de la primatologie

Site à chimpanzés forêt de Tai  
(4300 ans BP)

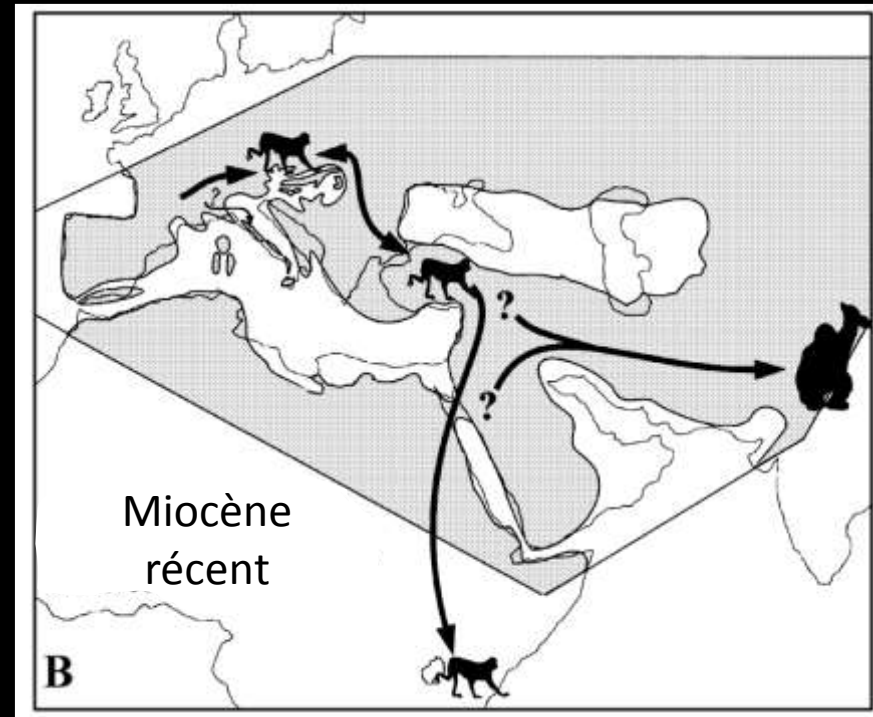
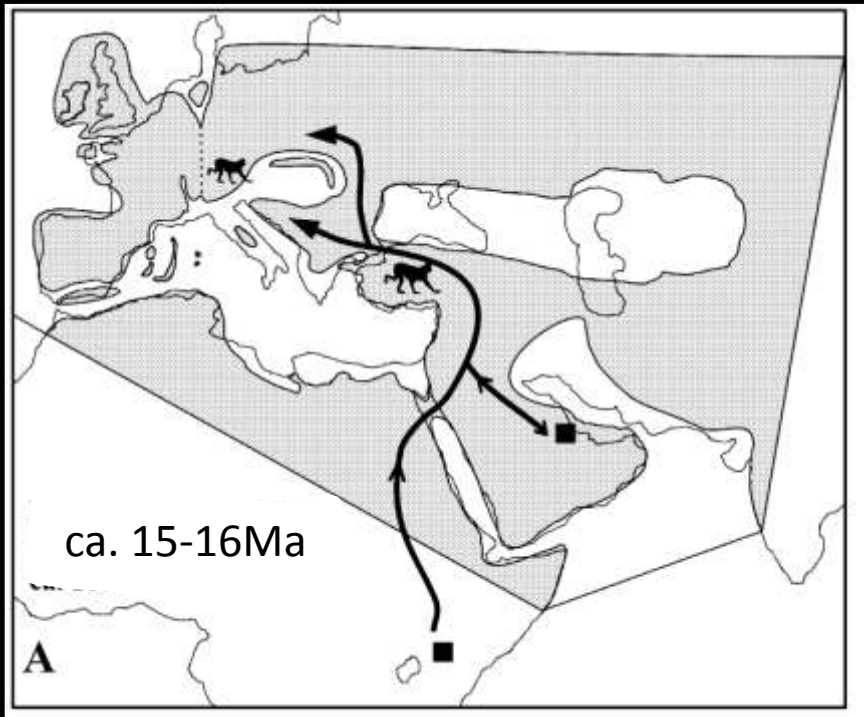


Mercader et al., 2007

# Quels scénarios ?



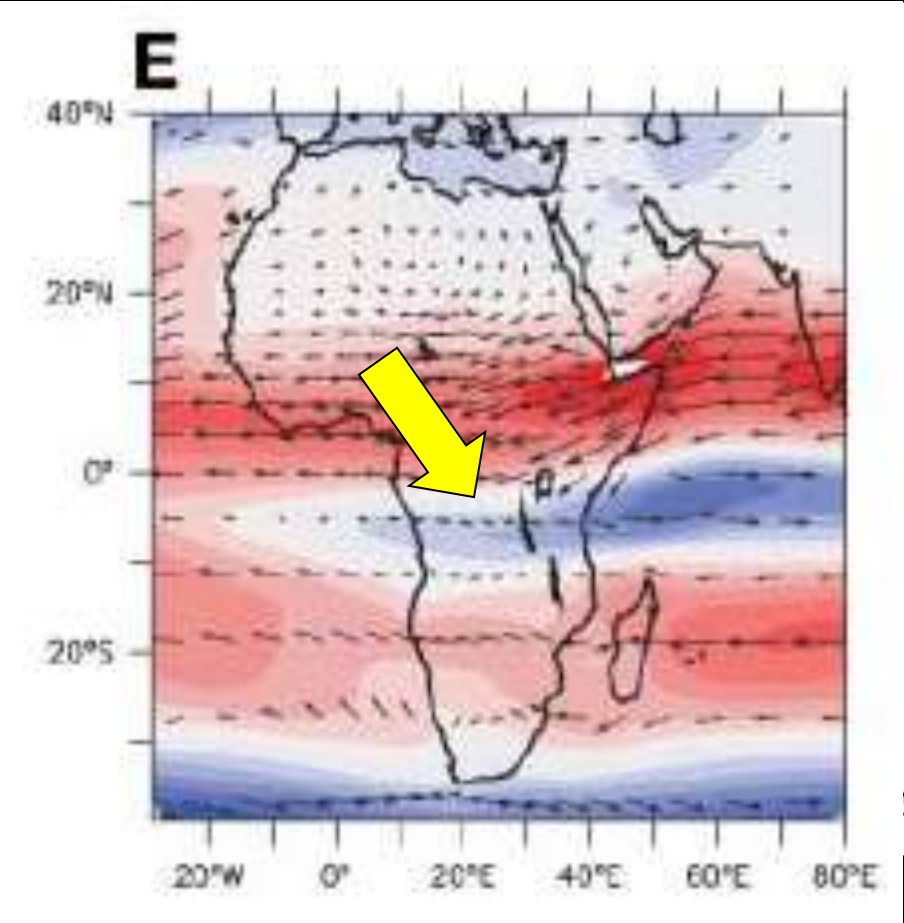
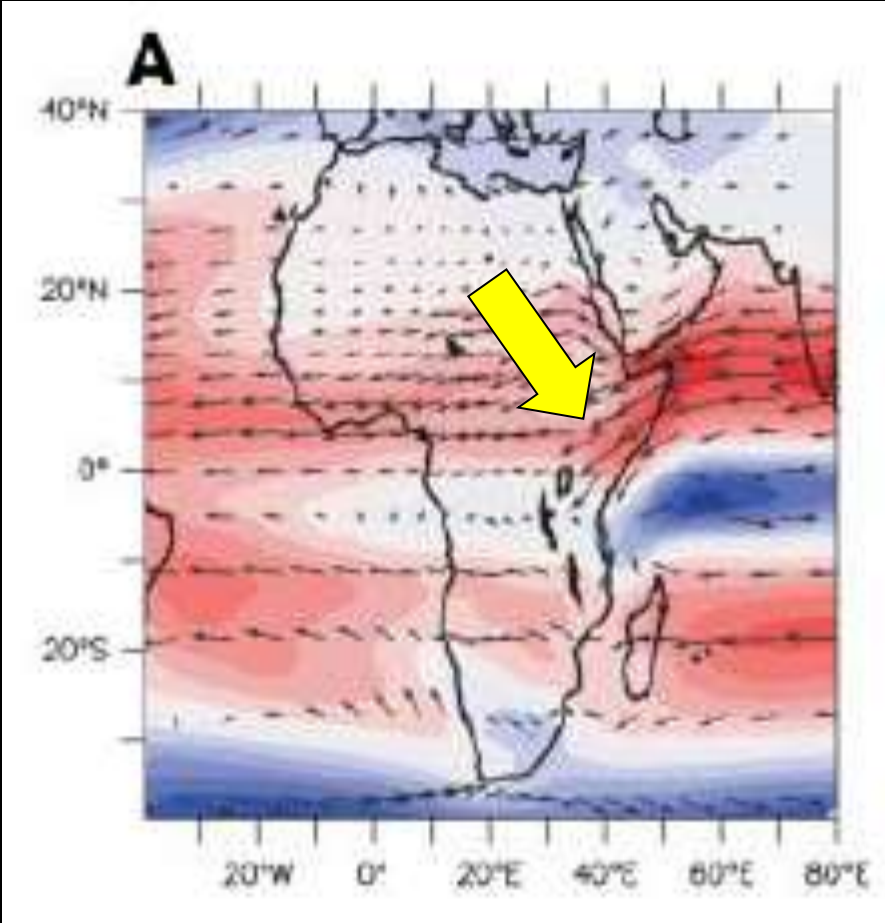
# Une origine des grands singes africains en Asie ? "Back to Africa Hypothesis"



**Argument principal :** Le groupe *Ouranopithecus/Dryopithecus* (notamment) seraient des Hominini

**Mais :** les données africaines indiquent qu'il existe au moins 10 lignées d'hominoïdes en Afrique

# ...et l'East-side Story



Sépulchre *et al.*, 2006. *Science*.



# Quels scénarios ?

- Les fossiles fournissent des jalons permettant d'éprouver/affiner les modèles fondées sur les données moléculaires
- Difficulté d'établir un scénario valide : trop peu de fossiles disponibles !
- Pourquoi si peu de fossiles ...









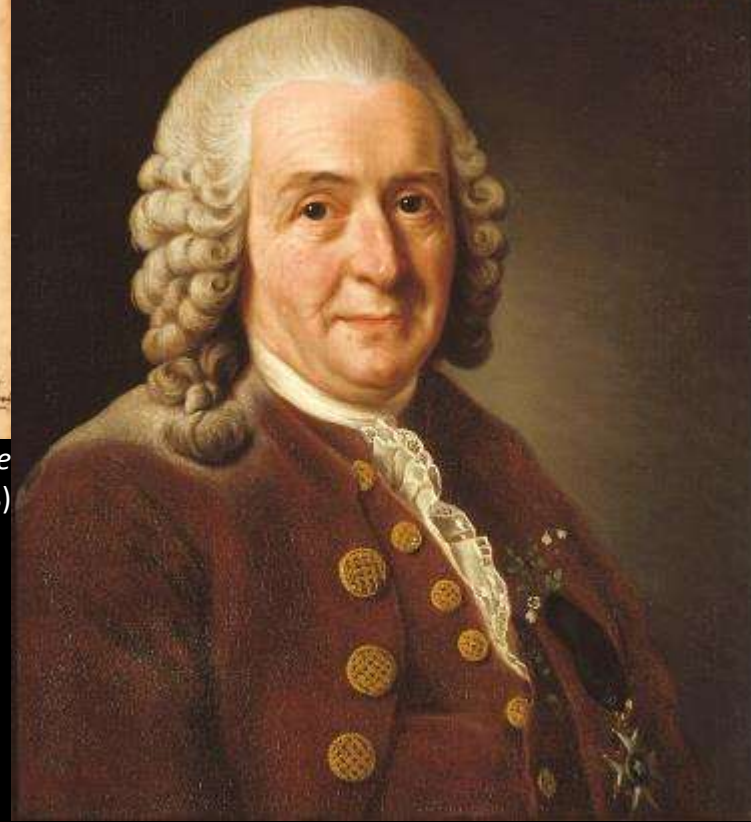


Linne'

# Homo Linnaeus, 1758



Systema Naturae (10 édition, 1758)



Ordo I.  
PRIMATES.

Dentes primores superiores IV paralleli.  
Mammæ pectorales, binæ.

I. HOMO nosce Te ipsum.

- 1. H. diurnus. (\*) *vagans cultura, loco.*
  - a. H. rufus, cholericus, rectus. Americana.
  - β. H. albus, sanguineus torolus. Europæus.
  - γ. H. luridus, melancholicus rigidus. Asiaticus.
  - δ. H. niger, phlegmaticus, laxus. Afer.
  - ε. H. monstrosus solo (a), vel arte (b. c.)
    - a. *Alpini parvi, agiles, timidi: Patagonici magni, segnes.*
    - b. *Monorchides ut minus fertiles: Hottentotti.*
    - Juncæ puellæ abdomine attenuato: Europæ.*
    - c. *Macrocephali capite conico. Chineses.*
    - Plagioccephali capite antice compresso. Canadenses.*
- 2. Homo nocturnus. Ourang Outang *Bont. jav. 84. t. 84.*

Genus Trogloditæ seu Ourang Outang ab Homine vero distinctum, adhibita quamvis omni attentione, obtinere non potui, nisi assumere notam lubricam, in aliis generibus non constantem. Nec Dentes lanarii minime a reliquis remoti; nec Nymphae callæ, quibus carent Simiæ, hunc ad Simias reducere admittebant. Inquirant astuta in vivo, qua ratione, modo notæ aliquæ existant, ab Hominis genere separari queat, nam inter Simias versantem oportet esse Simiam. Apollodor.

Où classer les grands singes ?

...Homo nocturnus

...et Simia satyrus

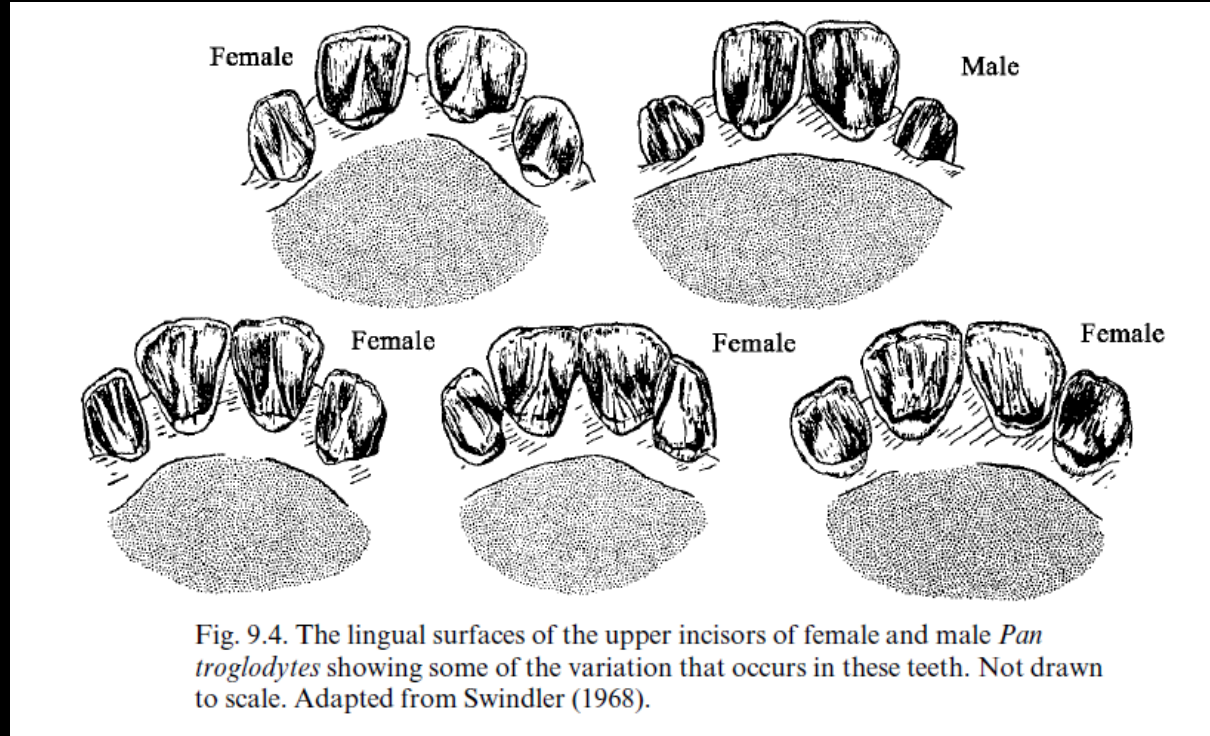
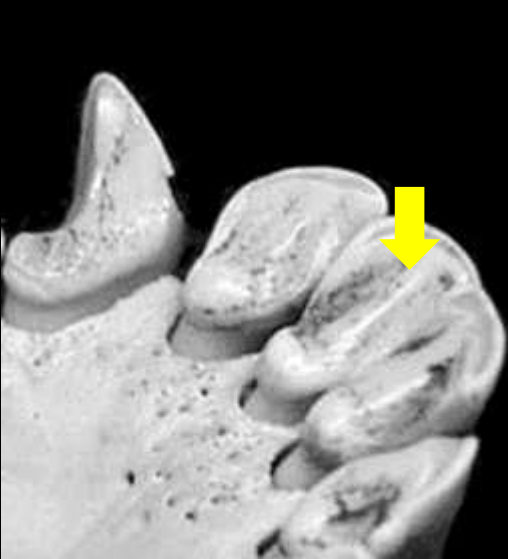
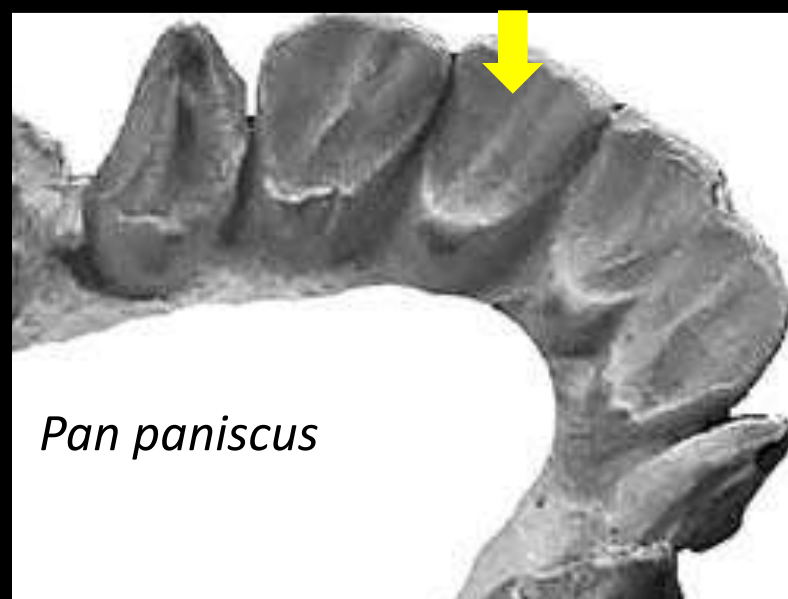
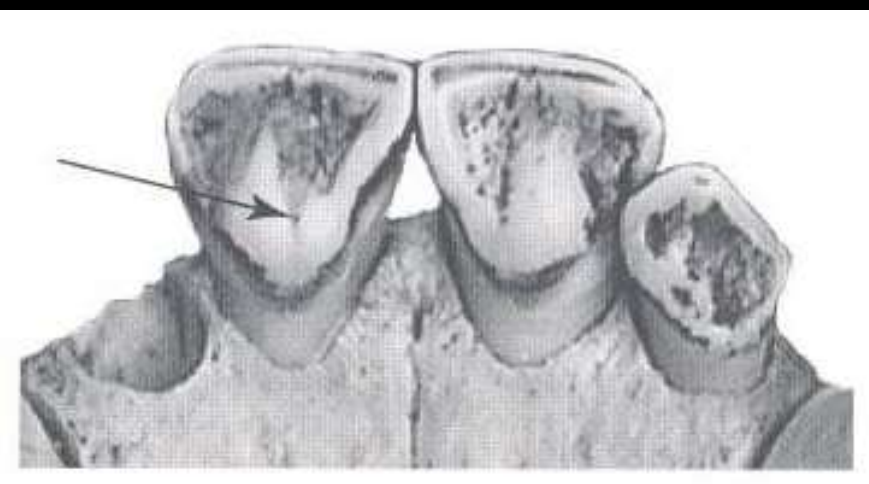


Fig. 9.4. The lingual surfaces of the upper incisors of female and male *Pan troglodytes* showing some of the variation that occurs in these teeth. Not drawn to scale. Adapted from Swindler (1968).



# Lothagam (Leahey et Walker, 2003)

6.5–7.4 Myr



d

Etroitesse mesiodistale  
Email fin  
Couronne basse



h

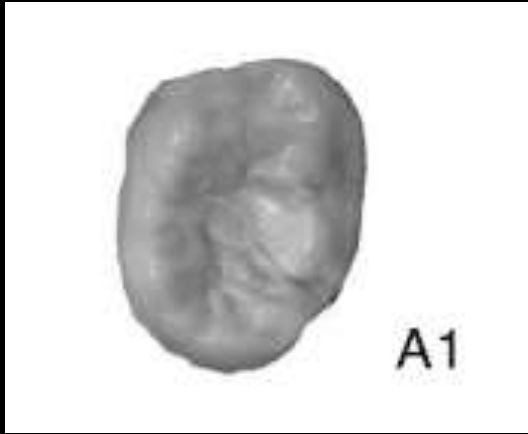
Pas aussi large mesio-distalement que chez les grands singes

KNM-LT 329, in lateral (top), medial (middle), and occlusal (bottom) views.

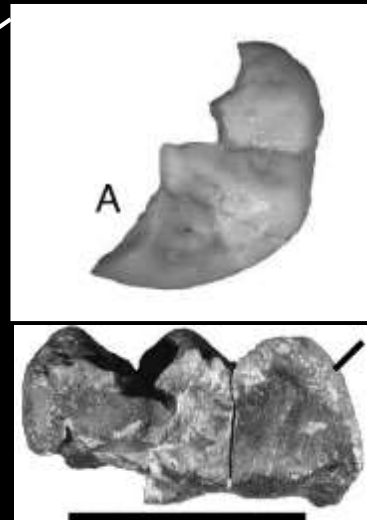


# ... et les chimpanzés ?

*Dent chimpanziforme de Ngorora (12,5 Ma)* Pickford et Senut, 2005



M<sub>2</sub> D à Large vallée

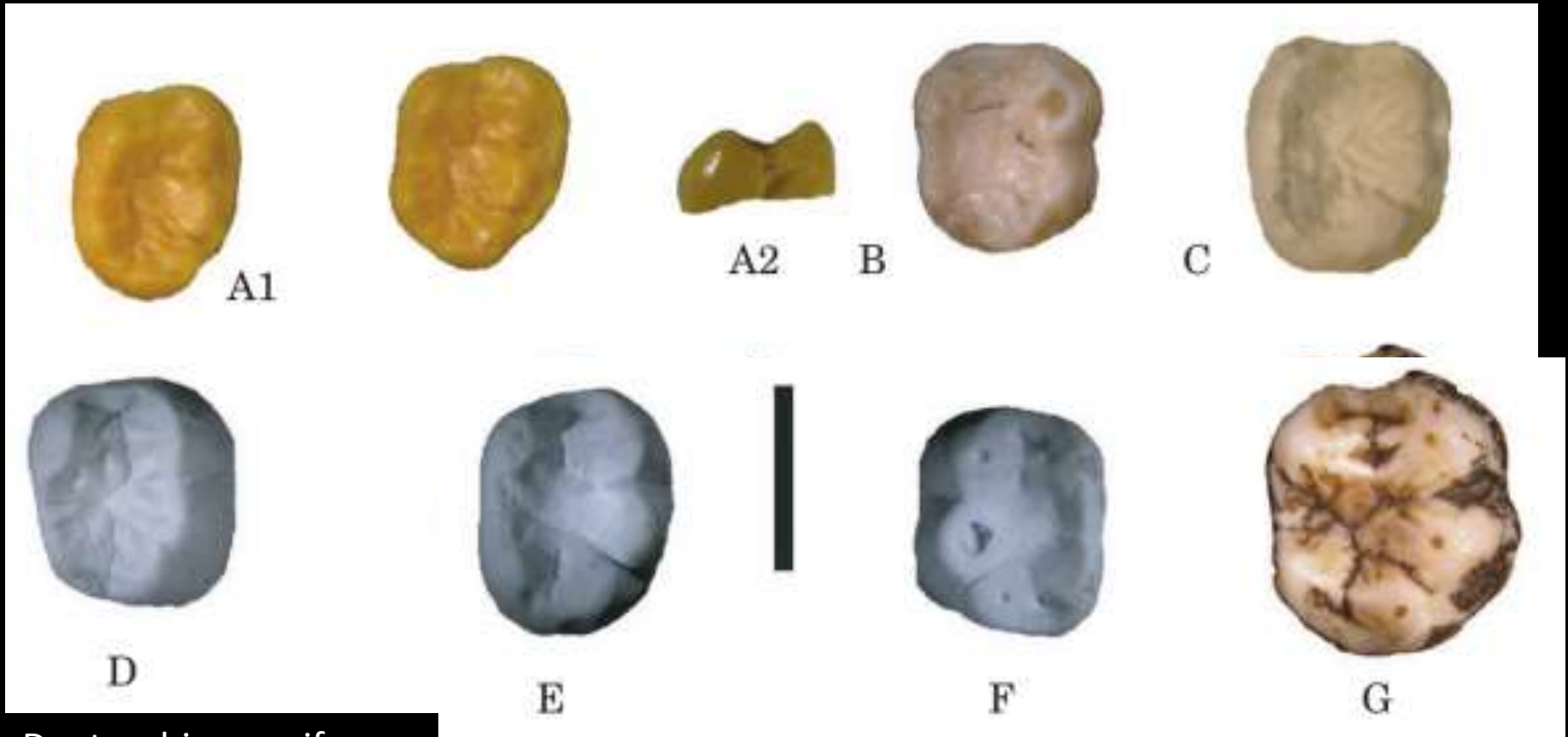


*Lukeino* ; Pickford et Senut, 2005

« *Gorilliforme* » (5,9 Ma)

Émail fin , large vallée

# Des chimpanzés autour de 6Ma ?



Dent « chimpanziforme » de Ngorora au Kenya (A) comparée à des dents de chimpanzés (B, C), des dryopithèques européens (D, E, F) et à un gorille (G)



# AFPSVT

Association pour la formation des professeurs  
de Sciences de la Vie et de la Terre

COLLOQUE

*L'évolution des Hominidés :  
Enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement*

## Changements environnementaux au Quaternaire et évolution du genre *Homo*



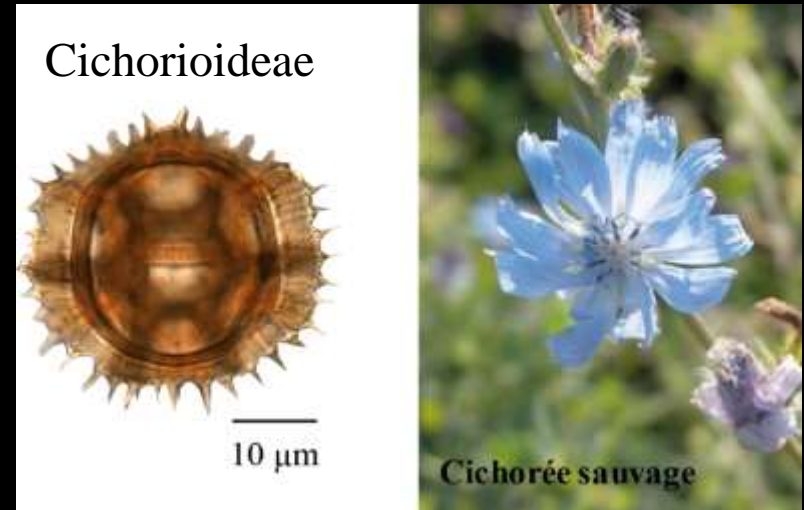
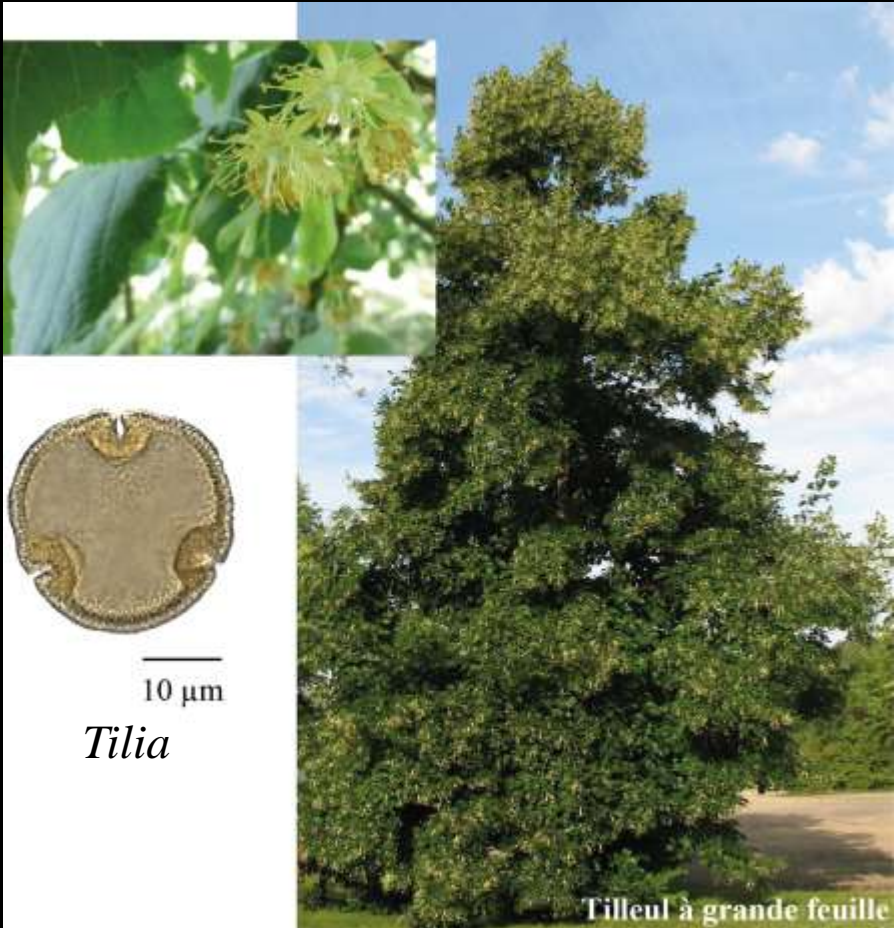
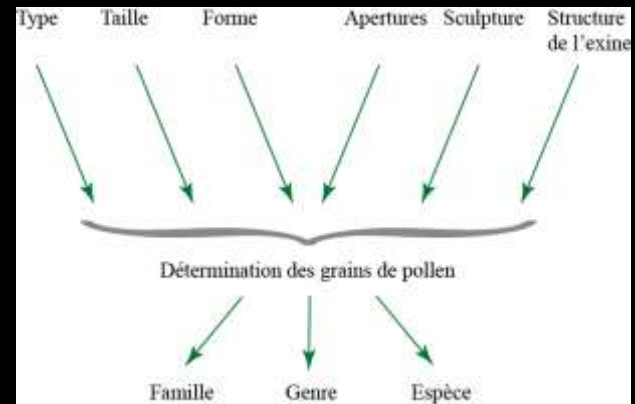
**Vincent LEBRETON** (lebreton@mnhn.fr)  
Muséum national d'Histoire naturelle - Département Préhistoire  
UMR 7194 CNRS *Histoire naturelle de l'Homme préhistorique*



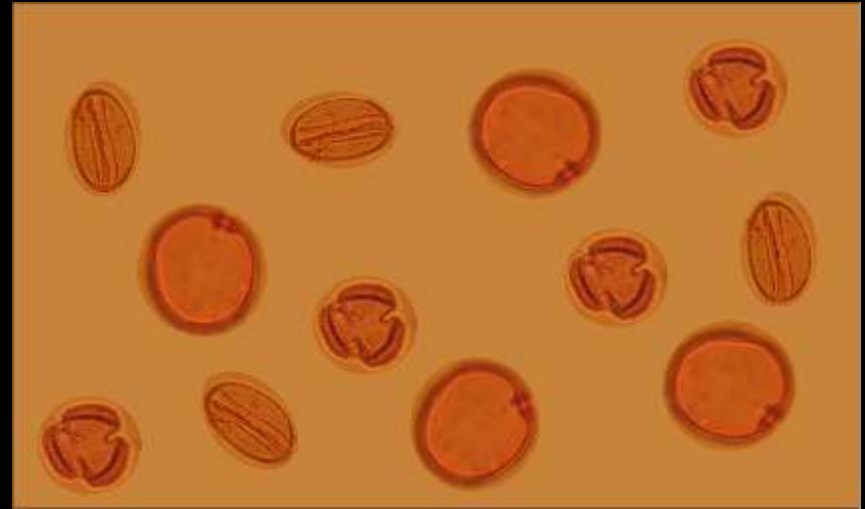
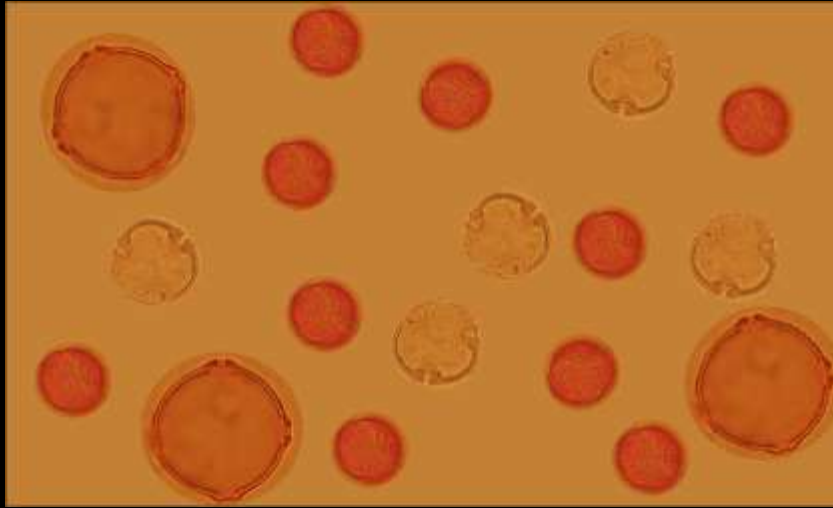
# Relation pollen / plante actuelle

Arbre → genre

Herbacée → famille



# Le pollen, marqueur des environnements actuels

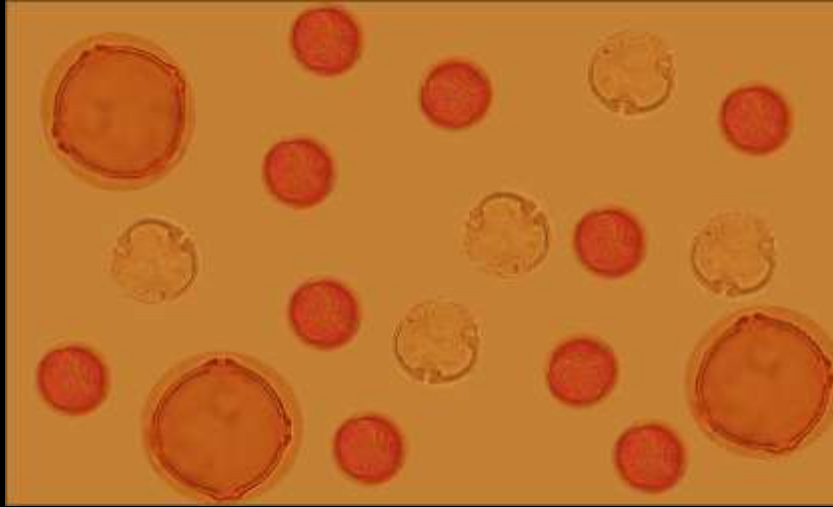


**Forêt de feuillus  
d'Europe tempérée**



**Steppe à graminées  
D'Asie centrale**

# Le pollen, marqueur des environnements passés

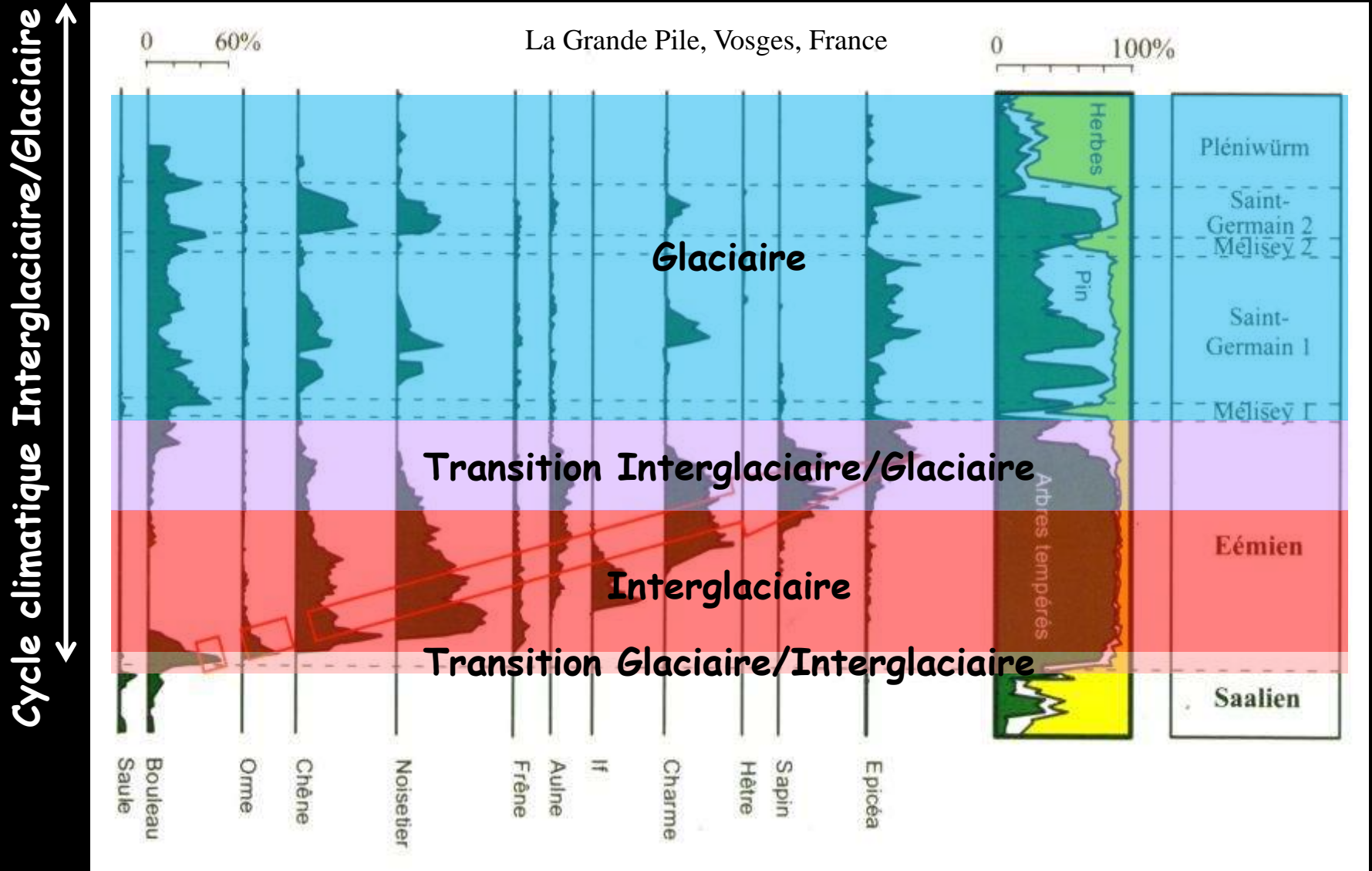


**Forêt de feuillus**  
-  
**période interglaciaire**



**Steppe à graminées**  
-  
**période glaciaire**

# Dynamique des environnements en réponse au changement climatique



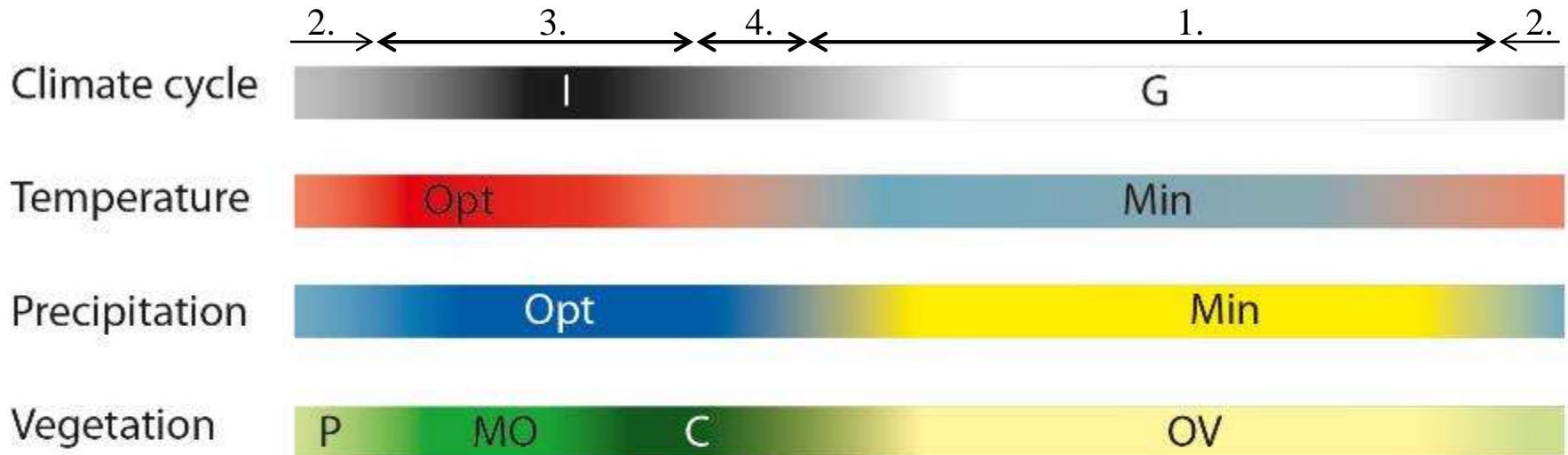
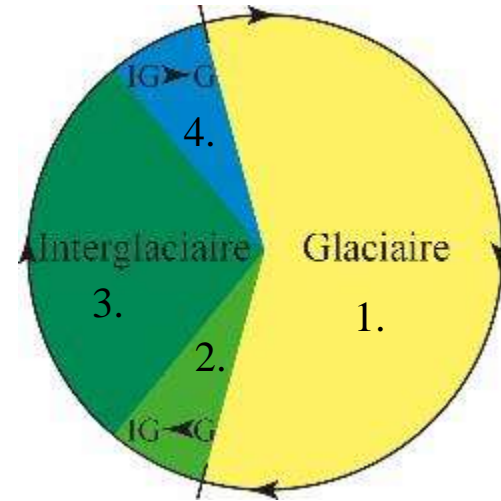
# Cycle climatique / Température / Précipitation / Environnement

1. Optimum glaciaire :  
T° min, aridité.

2. Début d'interglaciaire :  
T° ++, humidité +

3. Optimum interglaciaire :  
T° max, humidité max.

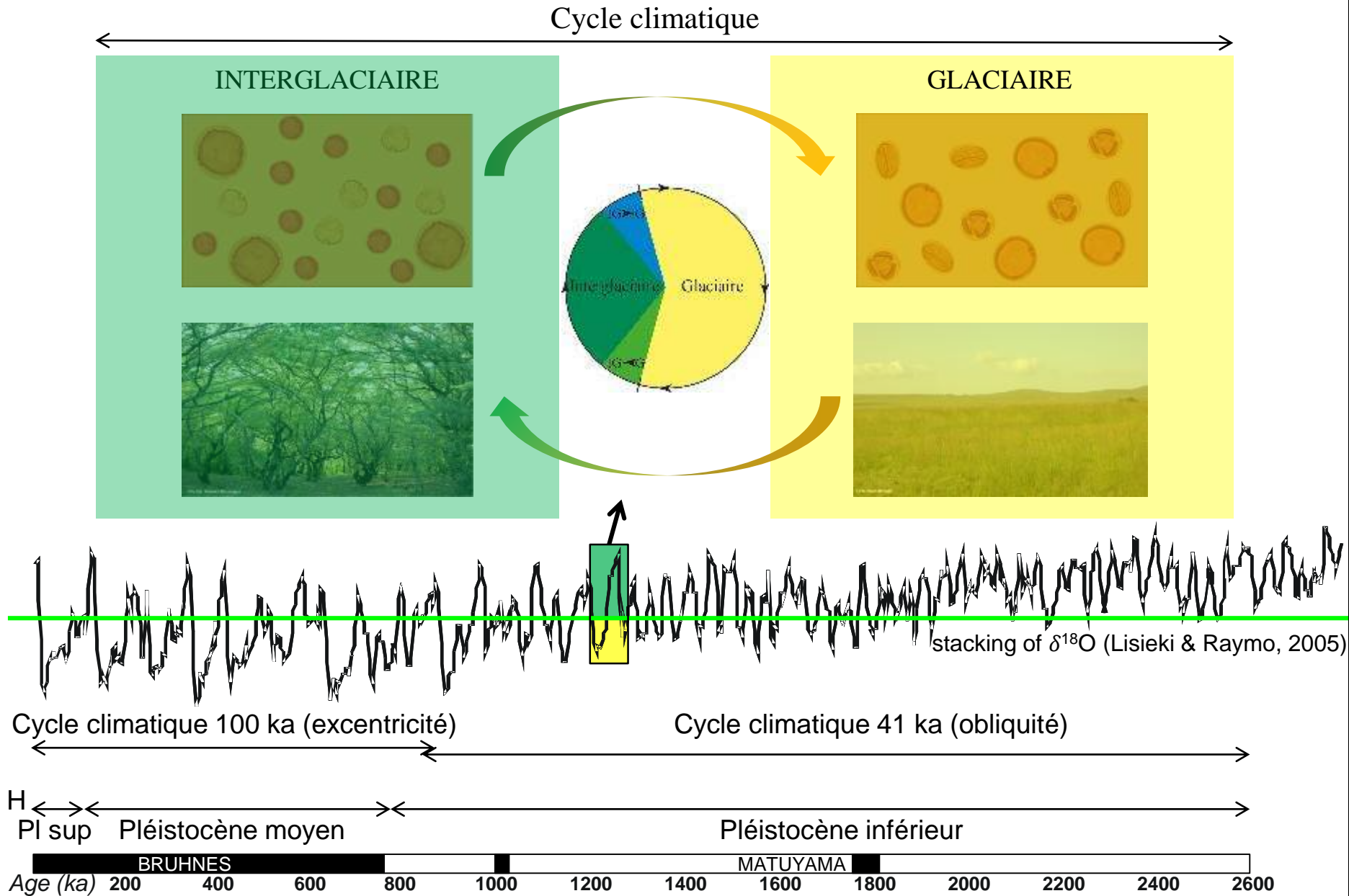
4. Début de glaciaire :  
T° - -, humidité -



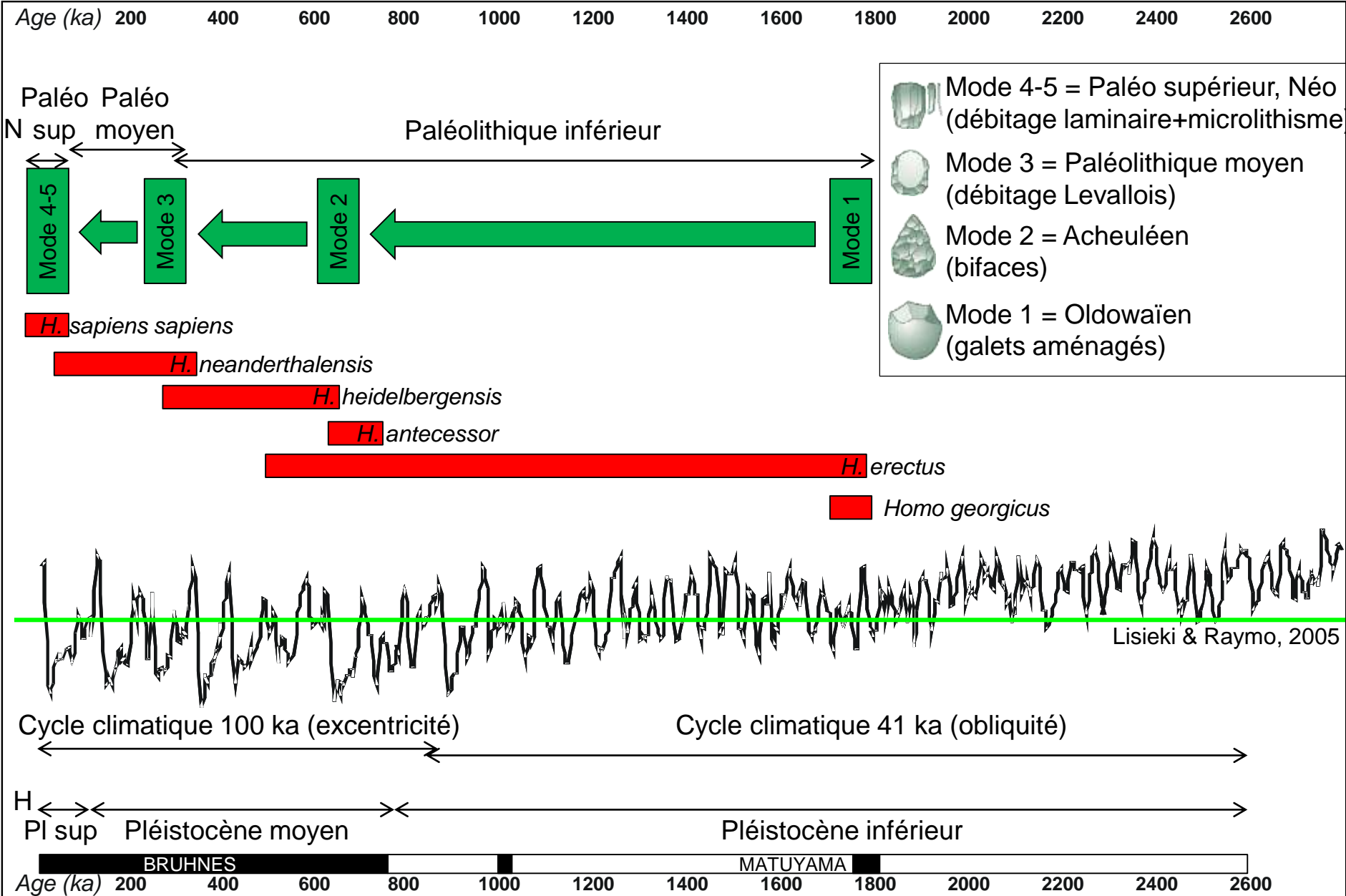
I, interglacial; G, glacial; Opt, climate optimum; Min climate minimum;  
P pionner forest; MO, mixed oak forest, C, coniferous forest; OV, open vegetation



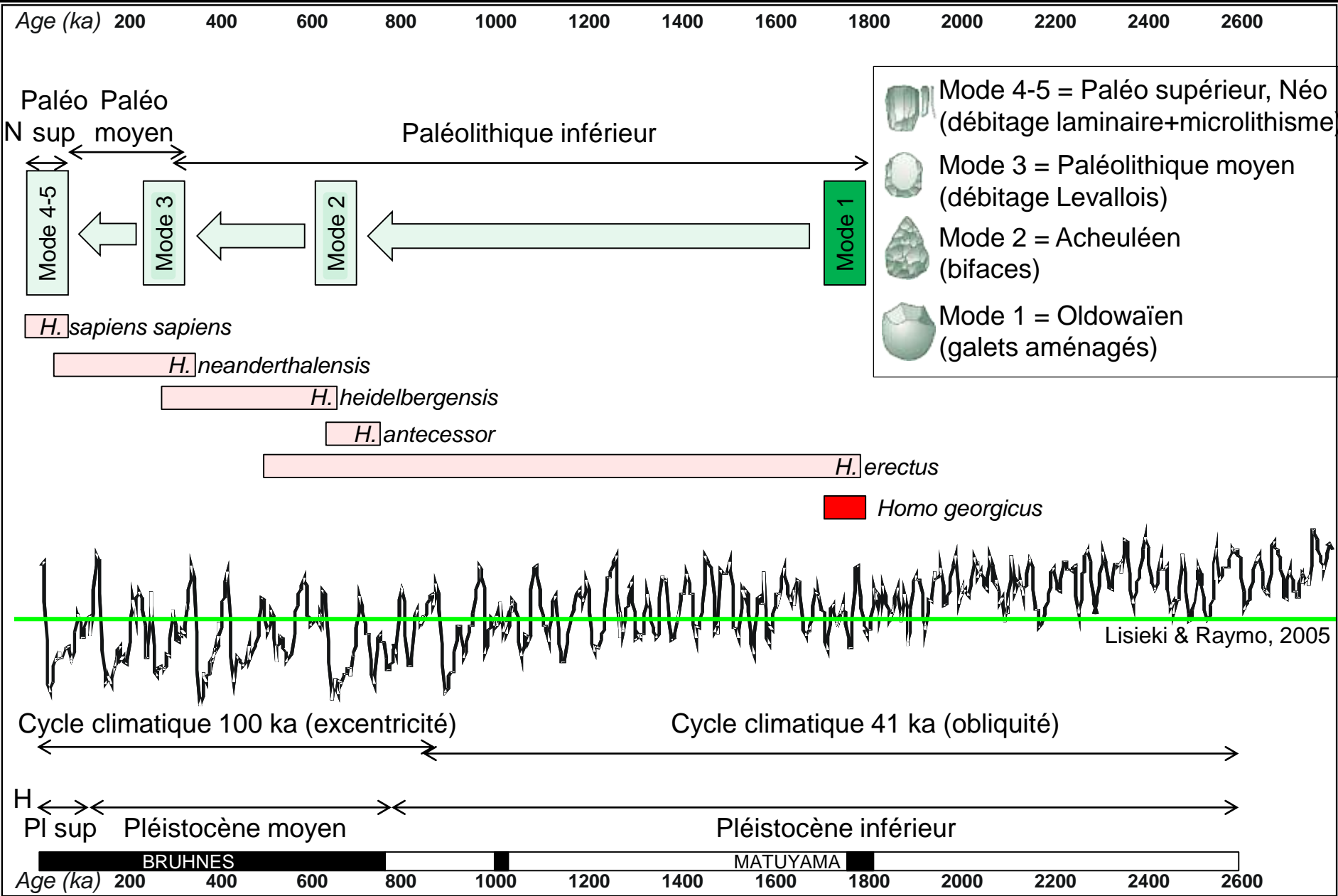
# Dynamique de la végétation au Quaternaire



# Homme, culture et climat au Quaternaire en Eurasie



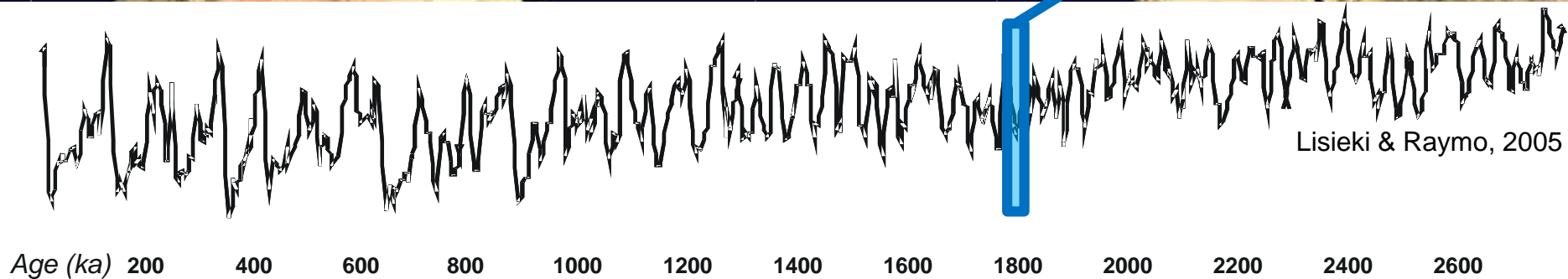
# Environnement des premiers Hommes hors d'Afrique



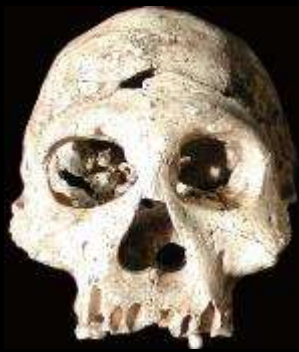
# Environnement des premiers Hommes hors d'Afrique : Dmanisi, 1,77Ma

10W 0 10E 20E 30E 40E 50E

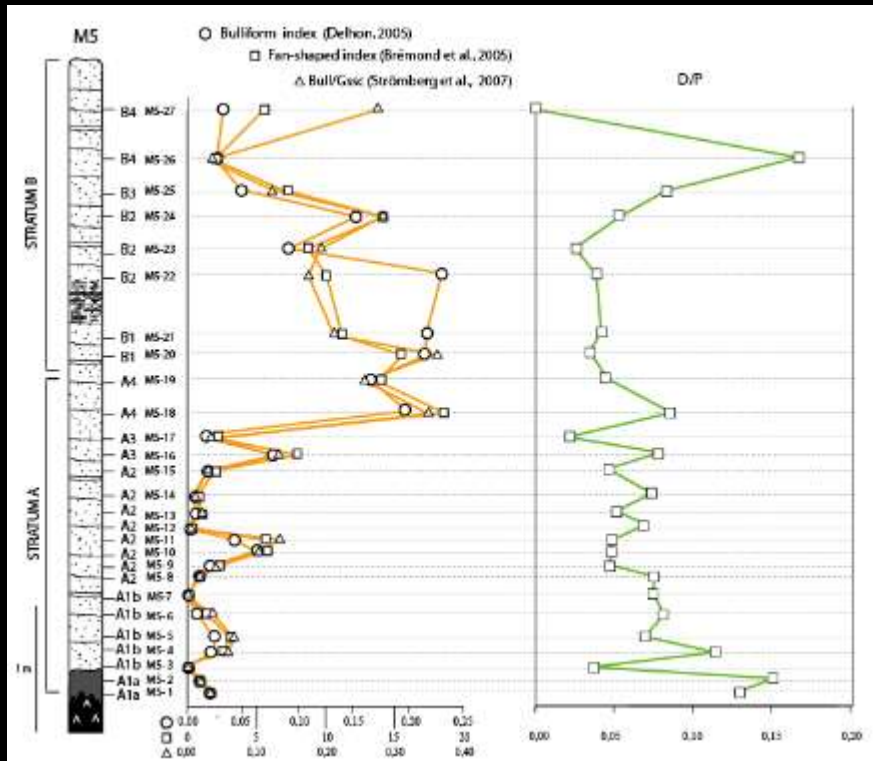
**Même environnement qu'en Afrique ? / Adaptation à un nouvel environnement ?**



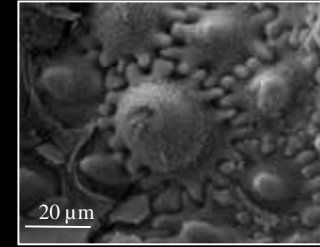
# Environnement des premiers Hommes hors d'Afrique : Dmanisi, 1,77Ma



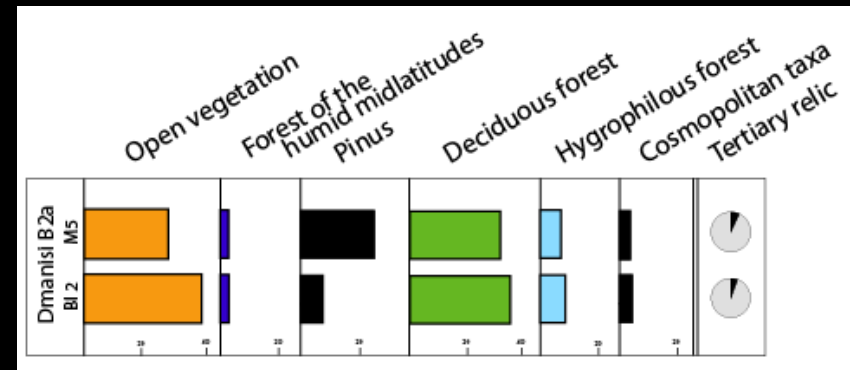
# Environnement des premiers Hommes hors d'Afrique : Dmanisi, 1,77Ma



phytolithes



graine



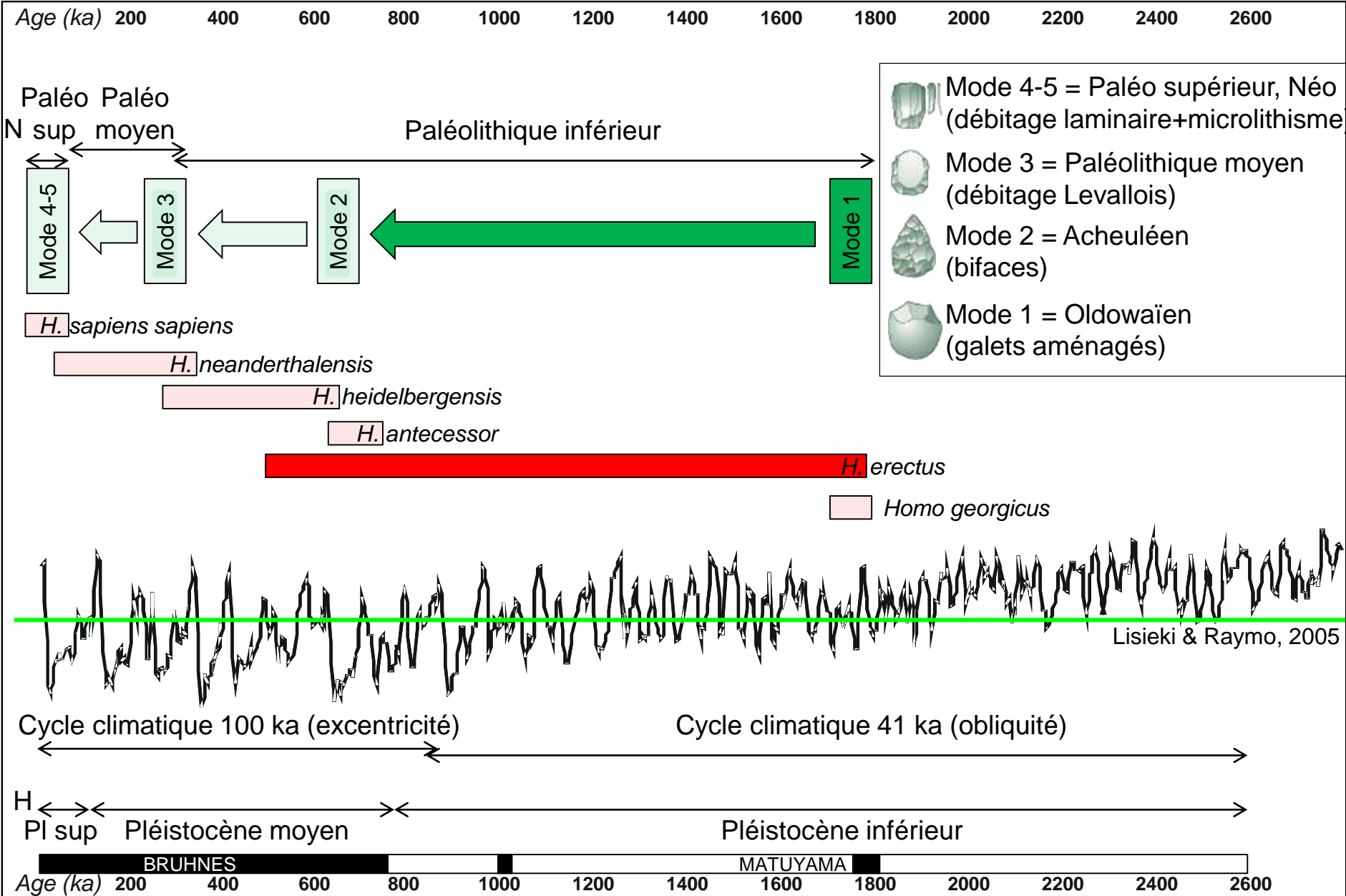
pollen

**Hominidés adaptés aux écosystèmes tempérés, mais toujours inféodés aux milieux ouverts associés aux grands herbivores**

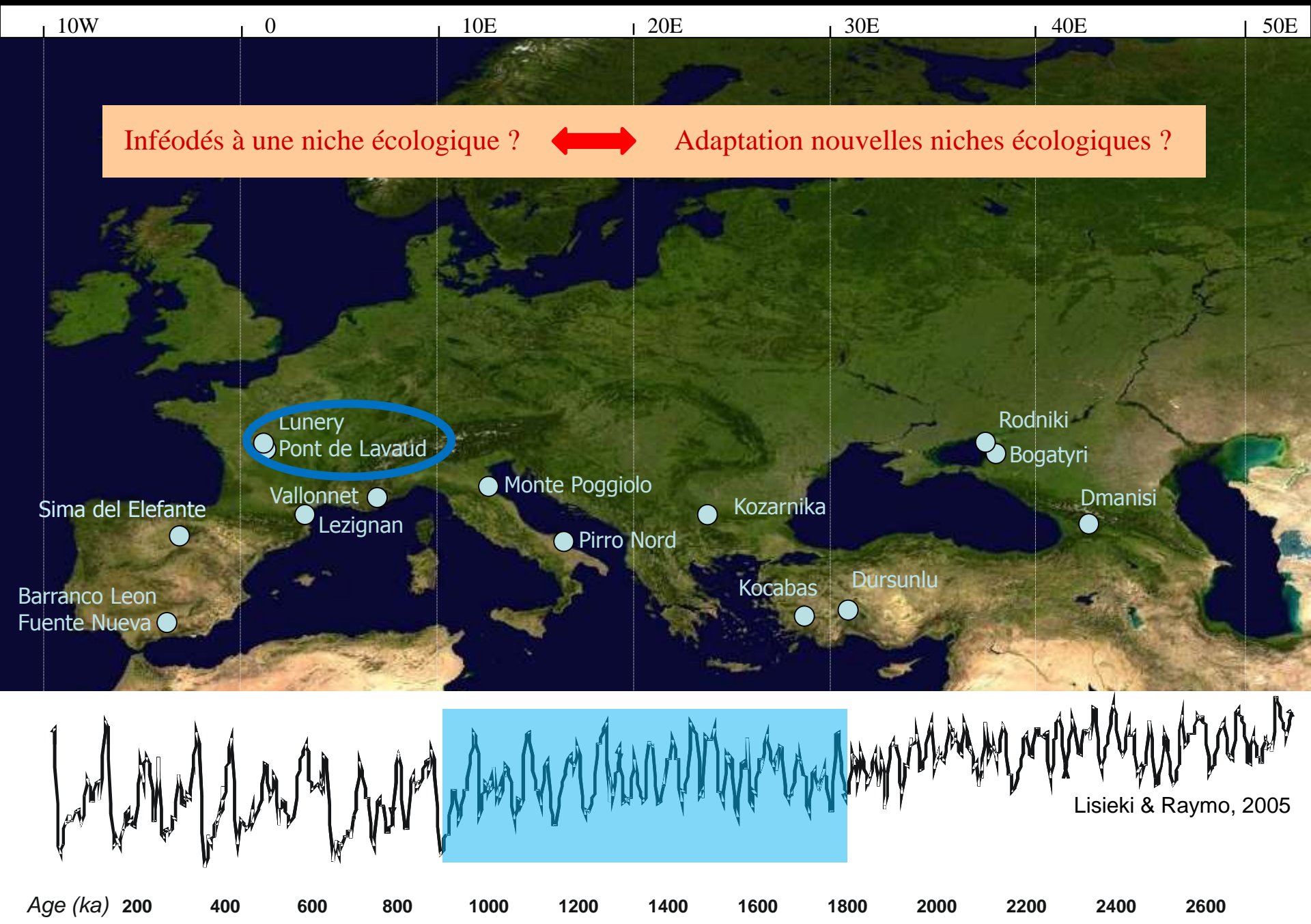
**Comportement de subsistance identique**

*Homo georgicus* (Mode 1)

# Homme, culture et climat au Quaternaire en Eurasie



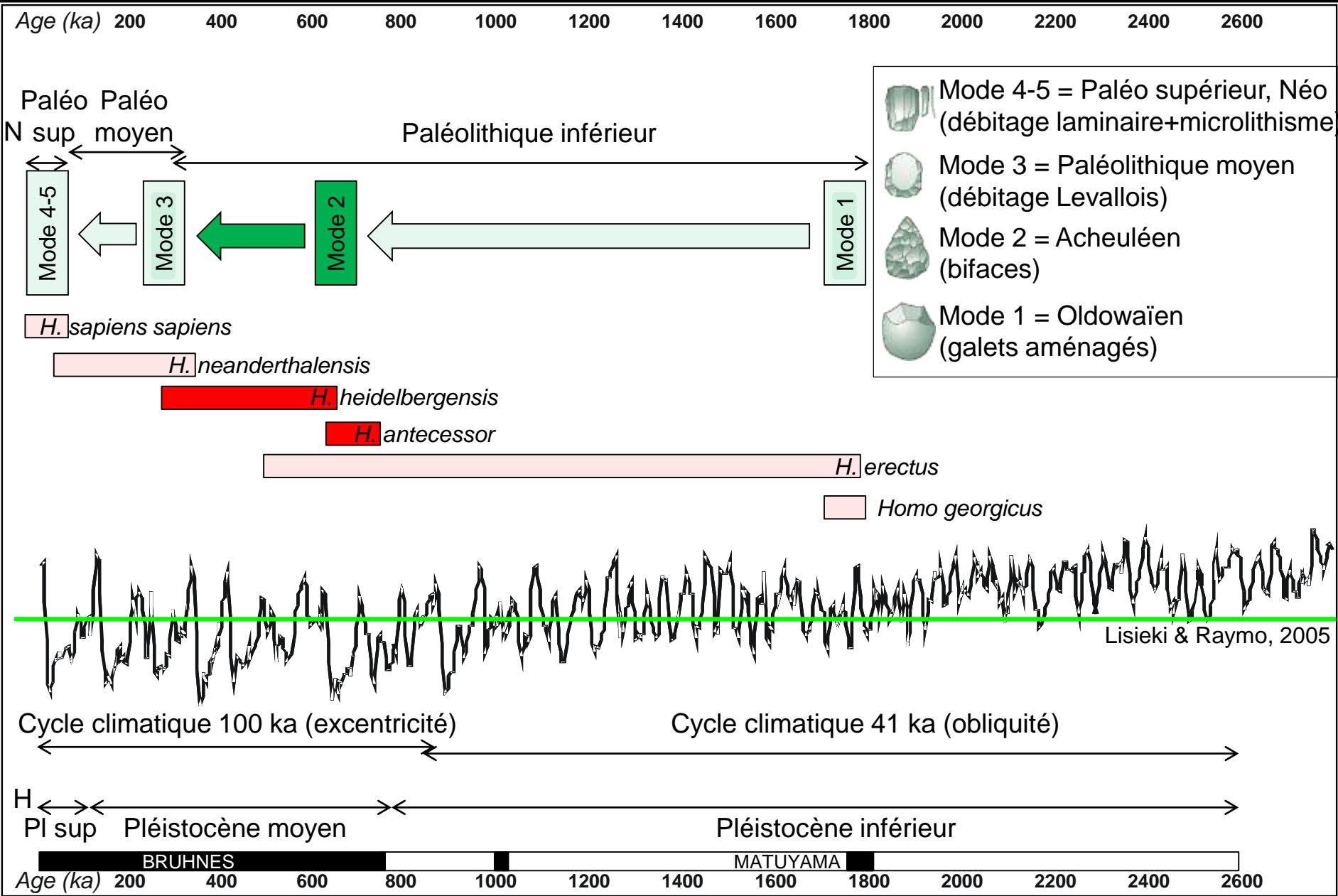
# Environnements et stratégie de subsistance des premiers peuplements (Mode1)



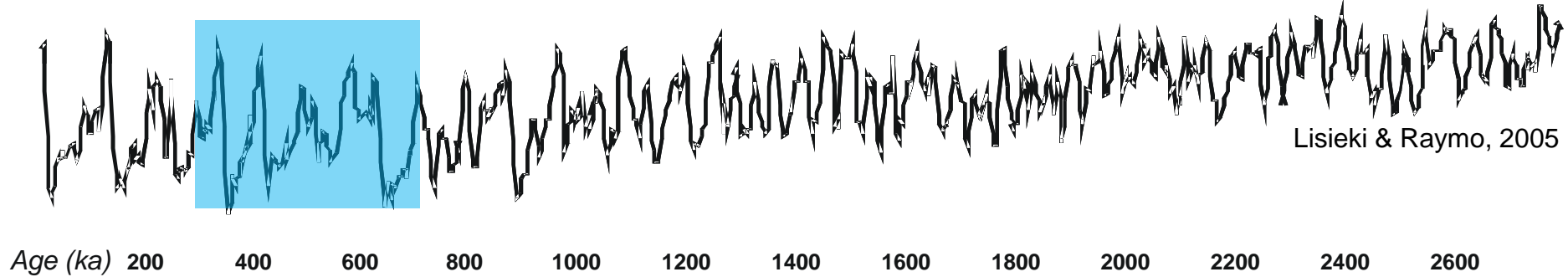
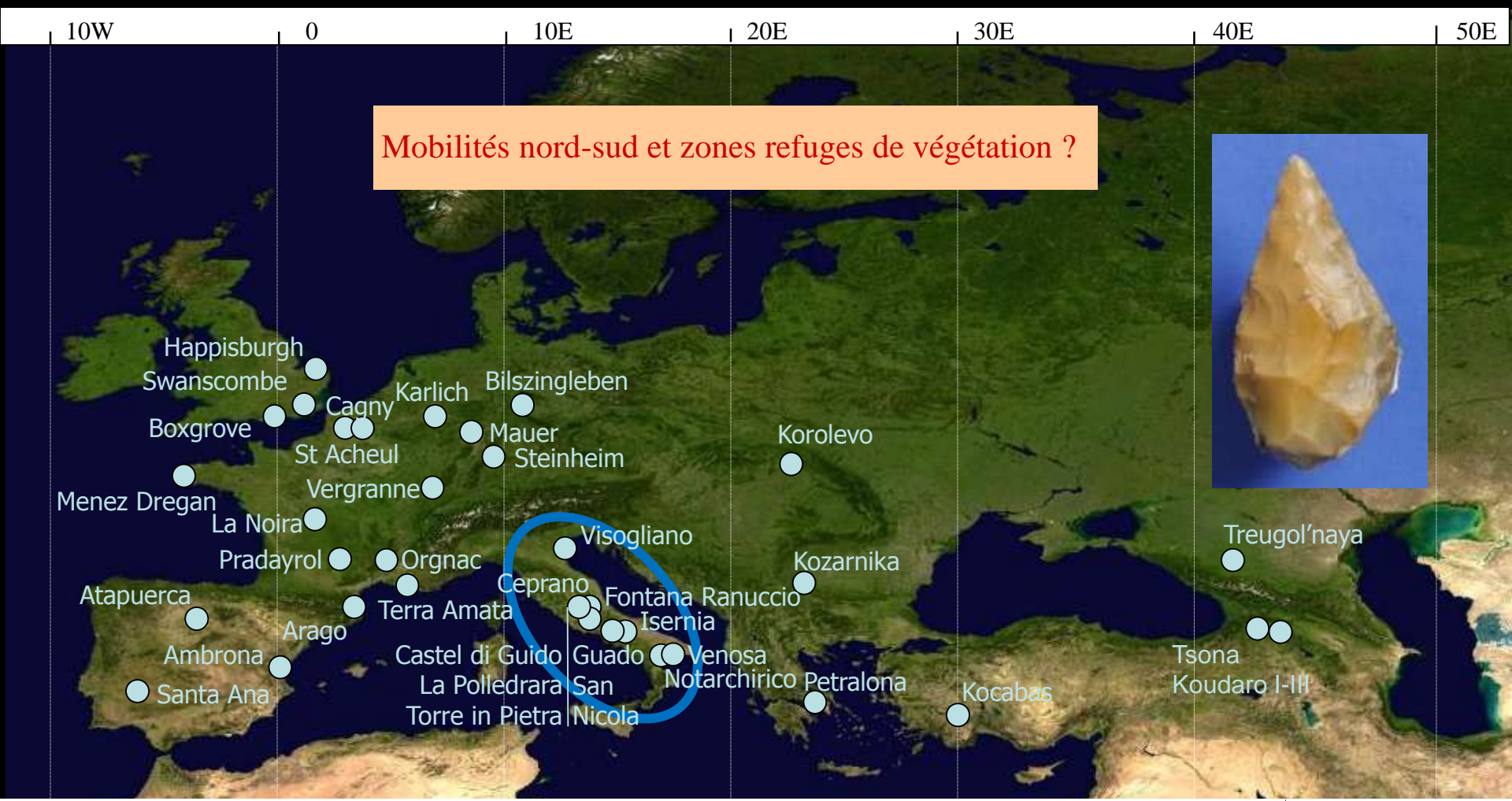




# Homme, culture et climat au Quaternaire en Eurasie

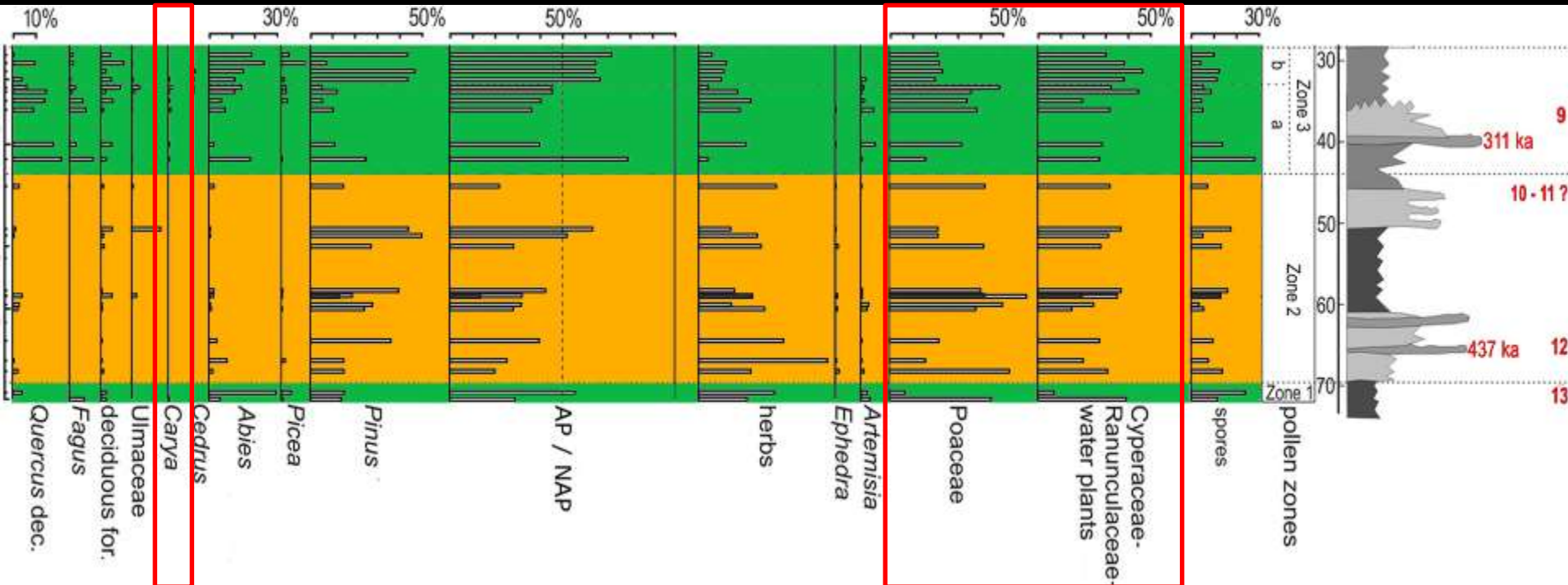


# Environnements et stratégie de subsistance des peuplements Acheuléens (Mode 2)



# Environnements et stratégie de subsistance des peuplements Acheuléens (Mode 2)

Guado San Nicola [~380 ka] / Boiano [~500 à 300 ka]

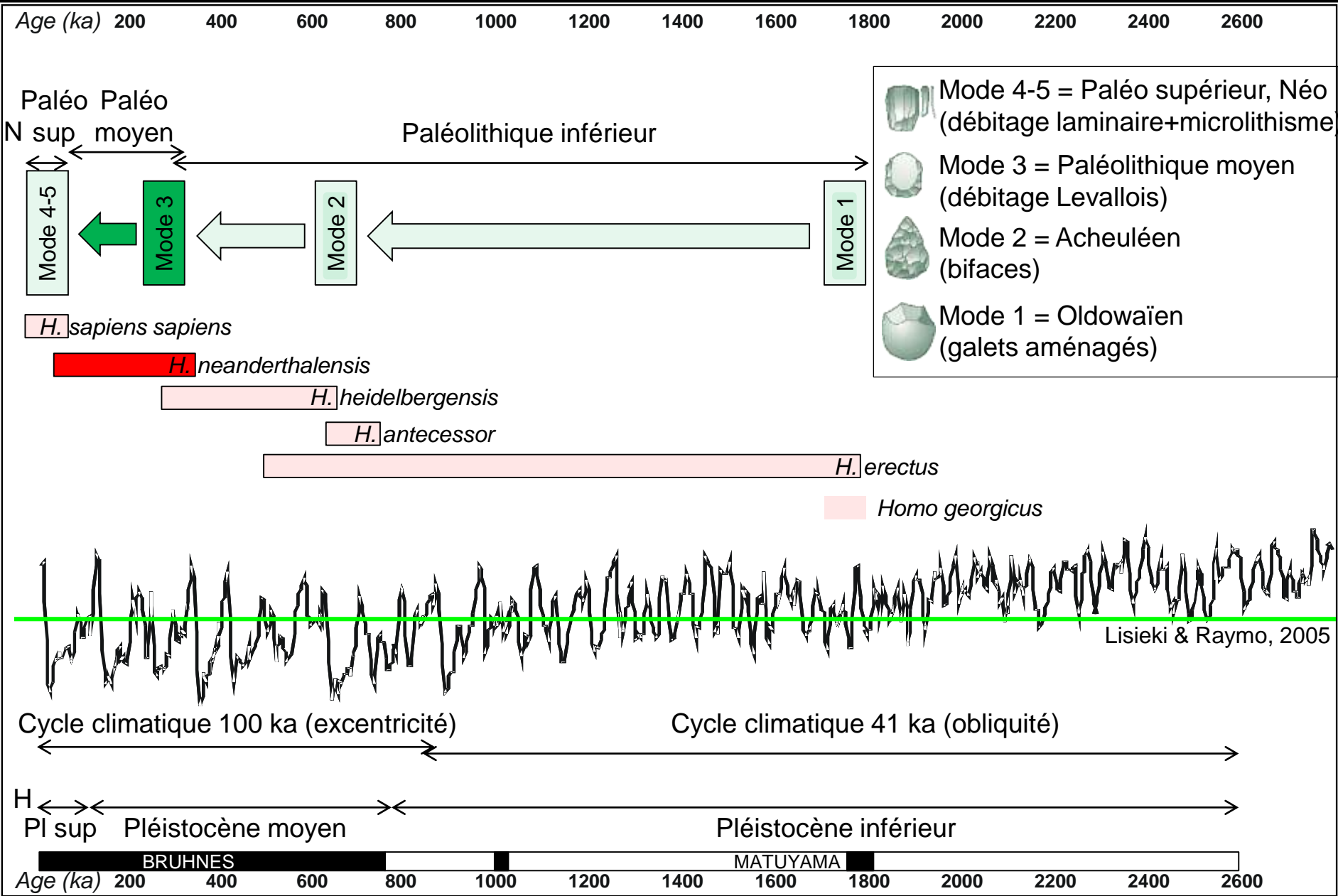


**Capacités cognitives + innovations technologiques + zones refuges**

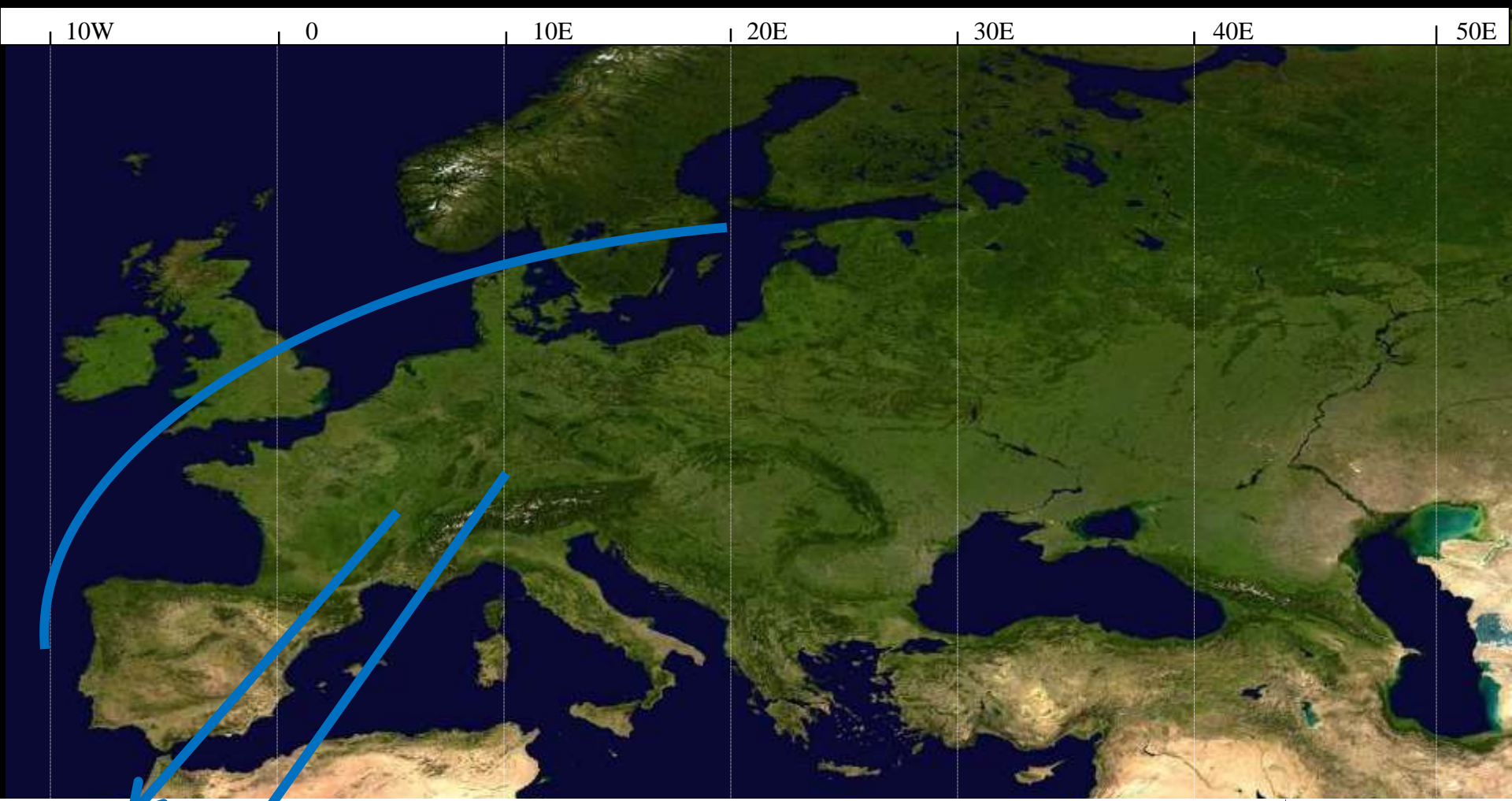
**Territoire clé pour pérenniser le peuplement / affranchissement progressif des contraintes environnementales.**

*Homo heidelbergensis* (Mode 2)

# Homme, culture et climat au Quaternaire en Eurasie



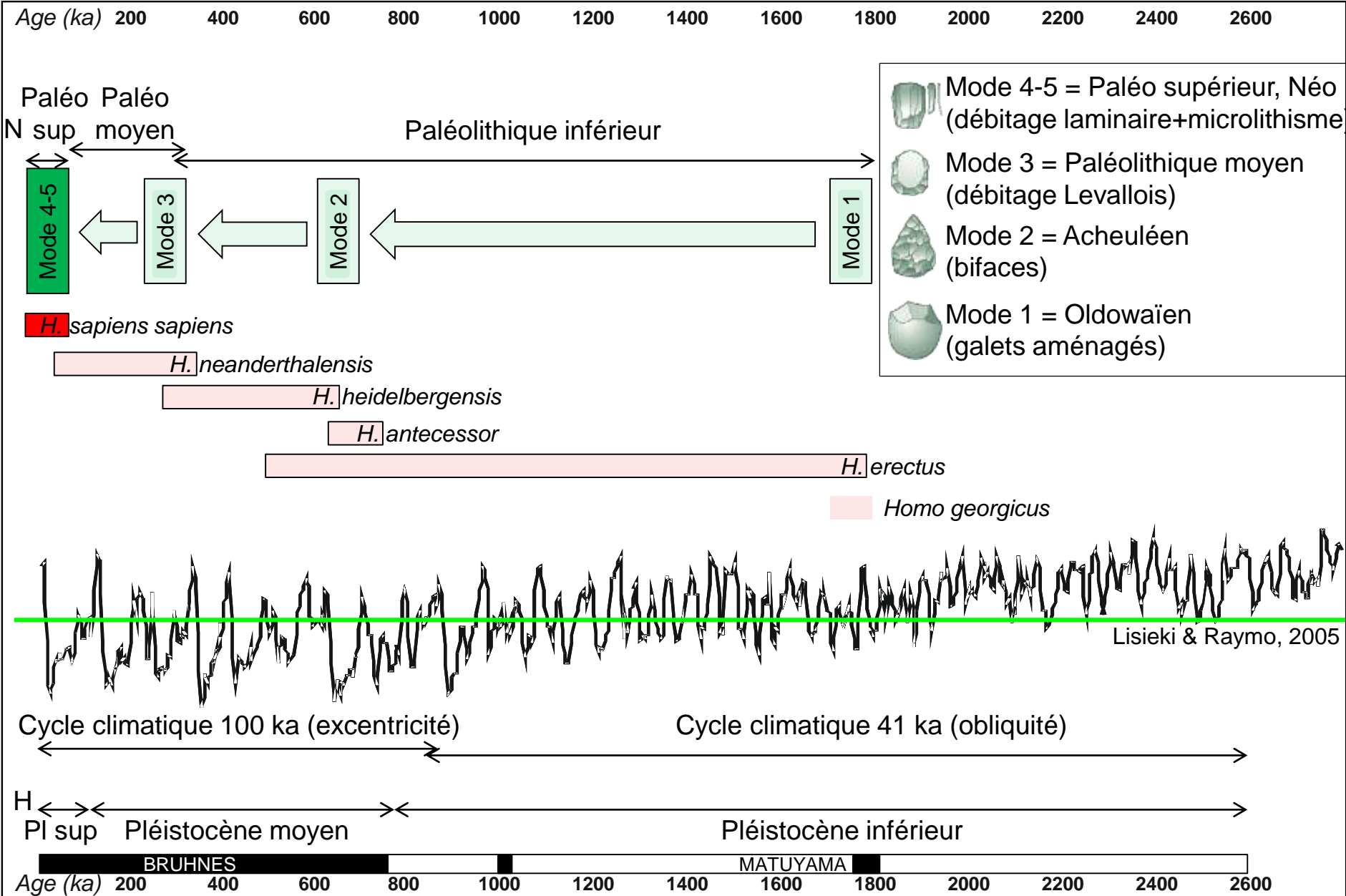
# Environnements et stratégie de subsistance des Néandertaliens (Mode 3)



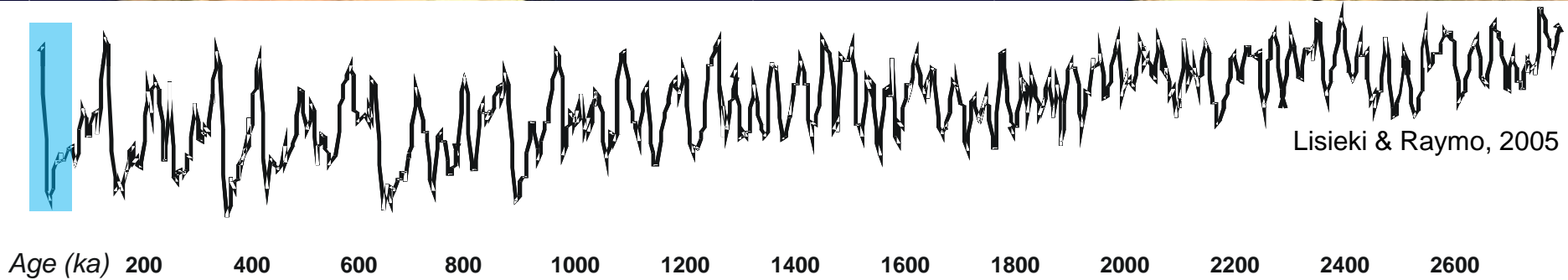
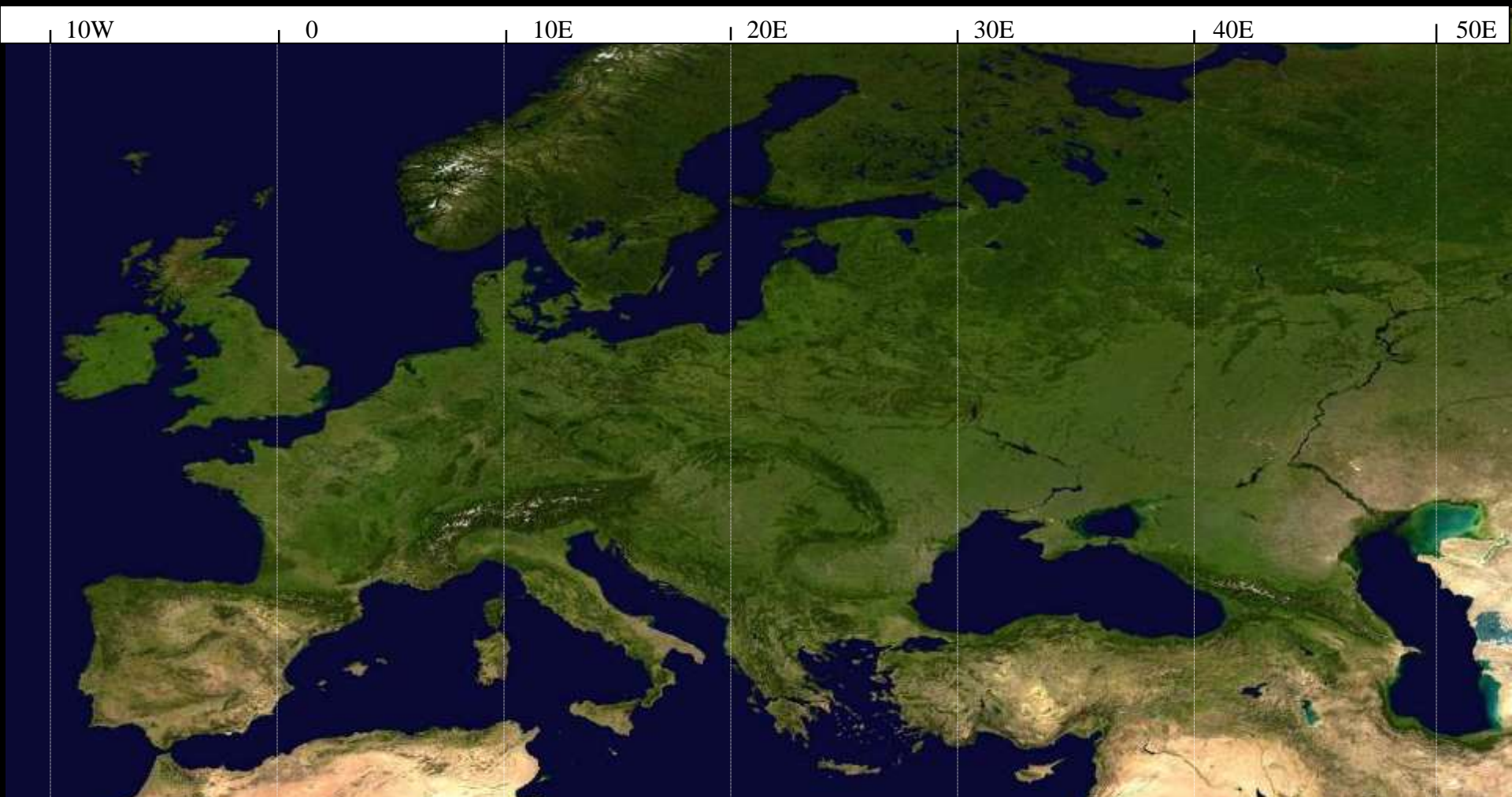
Lisieki & Raymo, 2005

Age (ka) 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600

# Homme, culture et climat au Quaternaire en Eurasie



# Environnements et stratégie de subsistance des Hommes modernes (Mode 4-5)

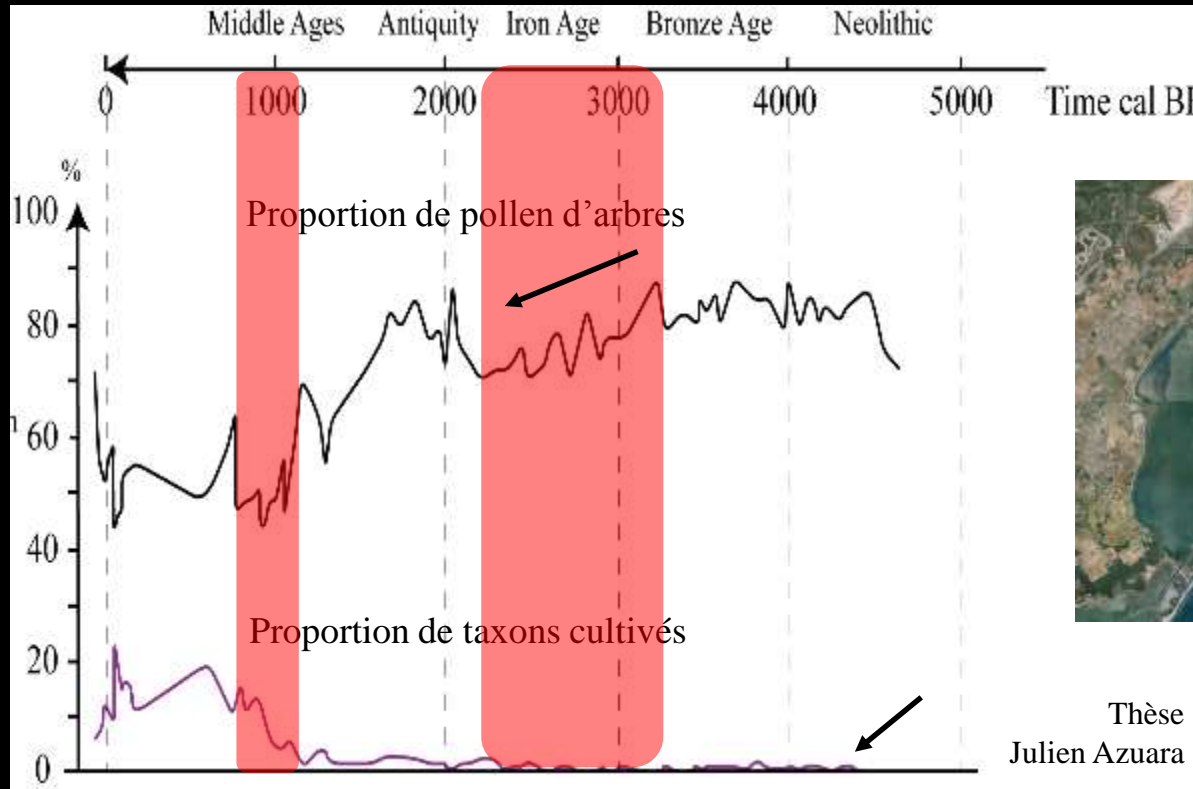




# Environnement / changement climatique & impact des activités humaines de l'Homme moderne (Mode 4-5)



# Transition âge du Bronze/âge du Fer : premiers indices de déforestation



## Lagune de Palavas (sud France)



**A partir du Xe siècle, importante augmentation des taxons cultivés**



*Olivier*



*Noyer*



*Châtaigner*



*Céréales*

# Lagune El Bibane (sud Tunisie)

## Période culturelle

(Late 19<sup>th</sup> to 21<sup>th</sup> Century)

Moyen-âge

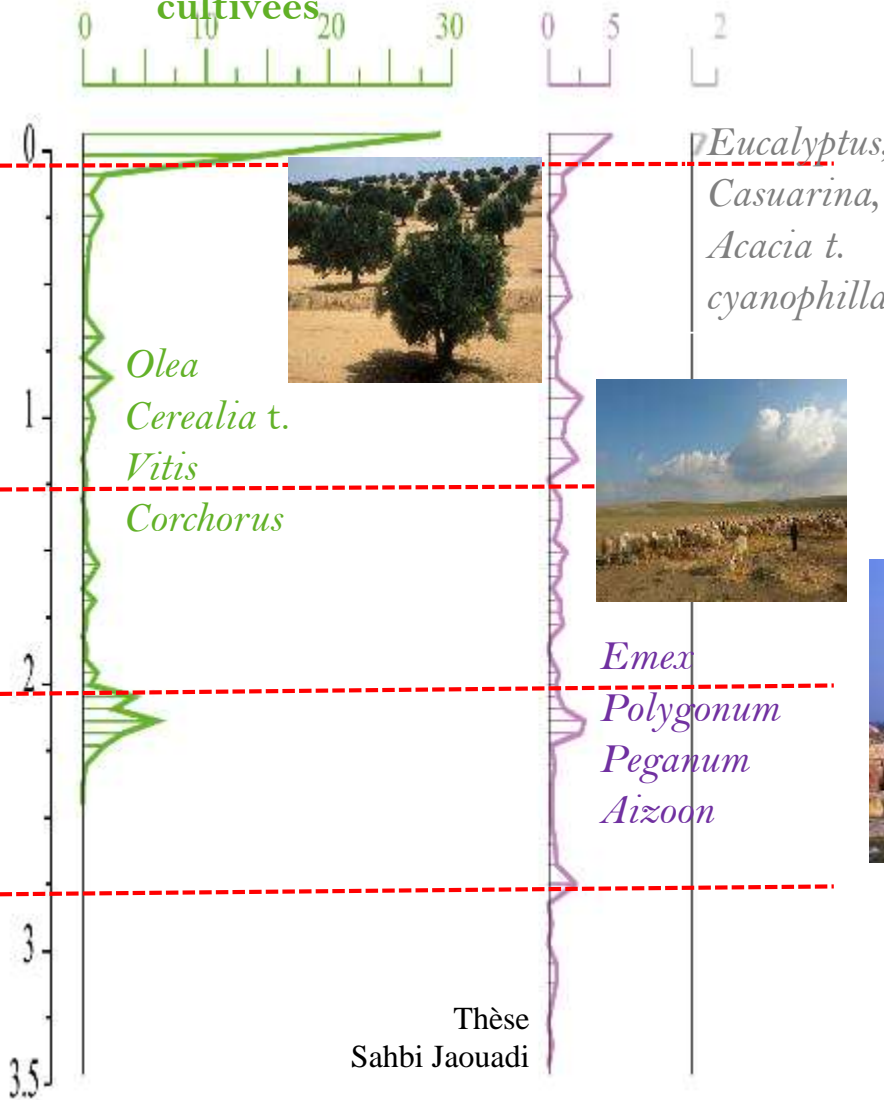
Romaine

Punique-Numide

Néolithique

Plantes cultivées

Nitrophiles Xénophytes

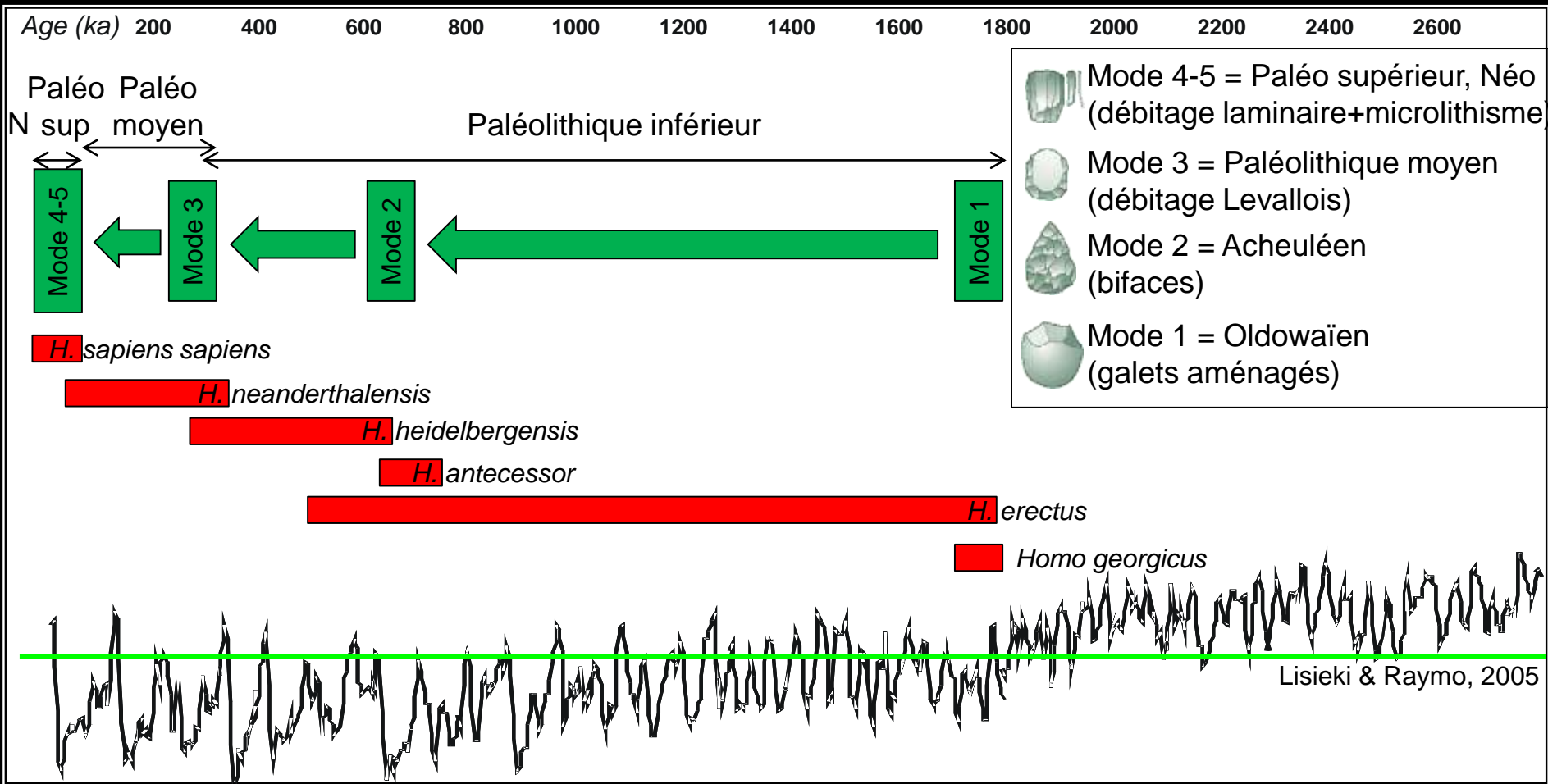


La cité de *Gighis*  
(ca. 500 BC – 600 AD)



Pressoirs à huile  
romains

# Changements environnementaux au Quaternaire et évolution du genre *Homo*



- Quaternaire : climat / environnements / *Homo* / cultures
- Déterminisme climatique et changements environnementaux au Paléolithique
- Déterminisme anthropique et changements environnementaux à partir du Néolithique
- Changements environnementaux / évolution *Homo* / transition culturelle

# Un cours de palynologie au format numérique

<http://edu.mnhn.fr/course/view.php?id=208>

Pollen - Végétation - Environn...

edu.mnhn.fr/pluginfile.php/12823/mod\_resource/content/6/cours\_polven/co/Polven.html

pons le pollen que sais-je

MNHN Intranet MNHN UMR 7194 Plateforme MNHN Agenda QP Webmail MNHN FileSender GRR MNHN CNRS - Annuaire CNRS - INEE CNRS - INSHS ScienceDirect Yahoo! Mail

## POLLEN - VÉGÉTATION - ENVIRONNEMENT : CHANGEMENT NATUREL ET IMPACT DE L'HOMME

MNHN - CNRS  
v2.0  
juillet 2015

Commencer le module →

edu.mnhn.fr/pluginfile.php/12823/mod\_resource/content/6/cours\_polven/co/Polven\_1.html

MNHN - CNRS (cc) BY-NC-ND

Mentions légales - Licence Creative Commons - © 2013 - UVED

09:17  
02/02/2016

*Merci de votre attention*



Journée AFPSVT

L'évolution des Hominidés : enjeux, difficultés et perspectives pour l'enseignement

Juin 2016

# Les dernières étapes de l'évolution du genre *Homo* vues par la paléogénomique



Eva-Maria Geigl



Institut Jacques Monod



Equipe Epigénome et Paléogénome

# Le Pleistocène raconté par l'archéologie et la paléoanthropologie

## EUROPE

*Homo heidelbergensis*

0.6 – 0.2 Ma



## ASIE

*Homo erectus*

1.5 – 0.1 Ma





# Le Pleistocène raconté par l'archéologie et la paléoanthropologie

## EUROPE

Prénéandertaliens



# Le Pleistocène raconté par l'archéologie et la paléanthropologie

## EUROPE

### Néandertaliens

~300.000 – 30.000 ans



# Evolution des humains modernes: 2 modèles

## THE TWO MODELS FOR THE ORIGIN OF *Homo sapiens*

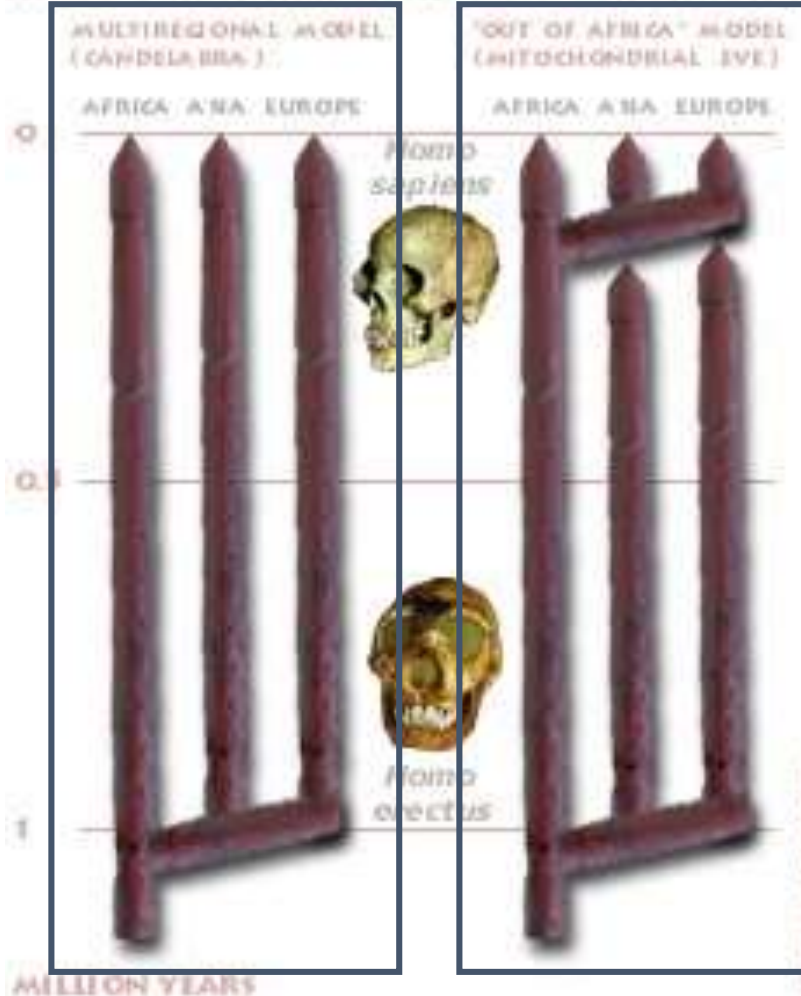


Deux hypothèses sur l'évolution des humains modernes s'opposent:

Le modèle **multirégional** ou « **candélabre** » selon lequel ils auraient évolué à partir des différentes populations l'*Homo erectus*

# Evolution des humains modernes: 2 modèles

THE TWO MODELS FOR THE ORIGIN OF *Homo sapiens*



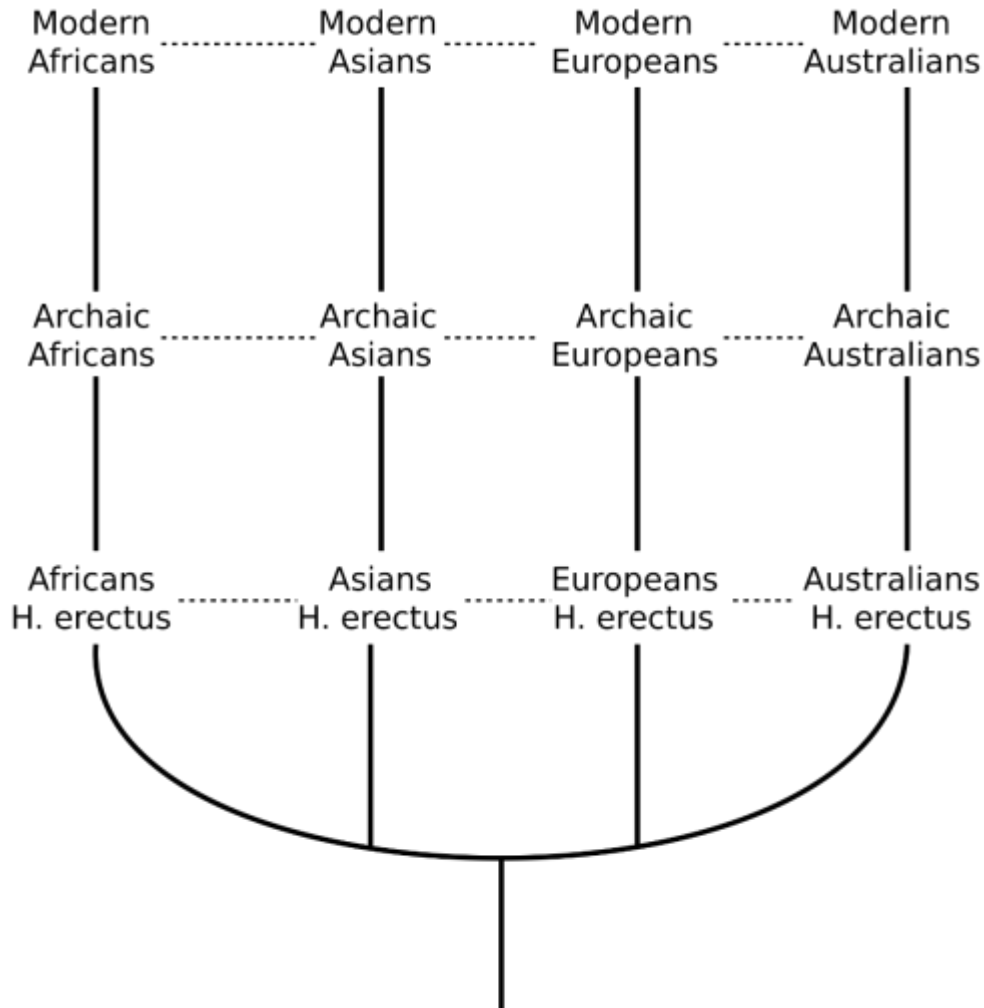
Deux hypothèses sur l'évolution des humains modernes s'opposent:

Le modèle **multirégional** ou « **candélabre** » selon lequel ils auraient évolué à partir des différentes populations l'*Homo erectus*

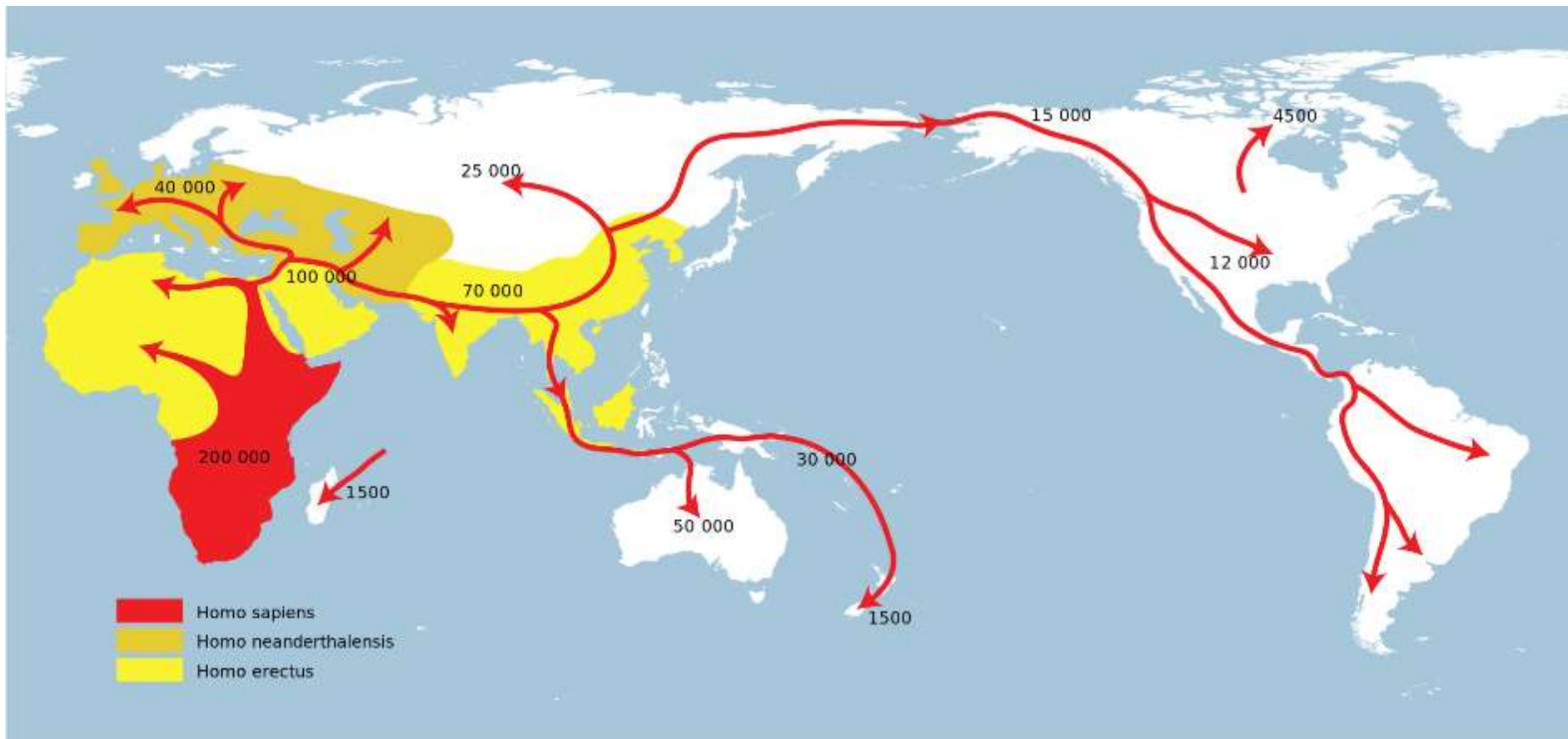
Le modèle « **arche de noé** » ou « **Eve mitochondriale** » (« out of Africa») selon lequel les humains modernes auraient évolué à partir de l'*Homo ergaster* en Afrique

# Modèle multirégional:

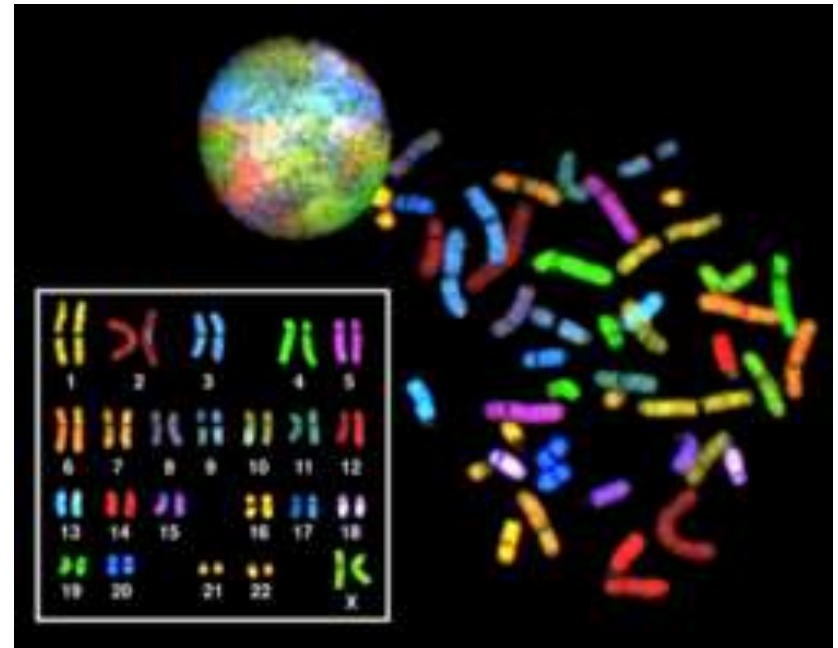
Les populations actuelles seraient les descendants directs des différentes populations l'*Homo erectus*



# Migrations des populations au Pléistocène identifiées par l'archéologie et la paléanthropologie en faveur du modèle « out of Africa »



# Les données génétiques









# L'ADN nucléaire: le génome

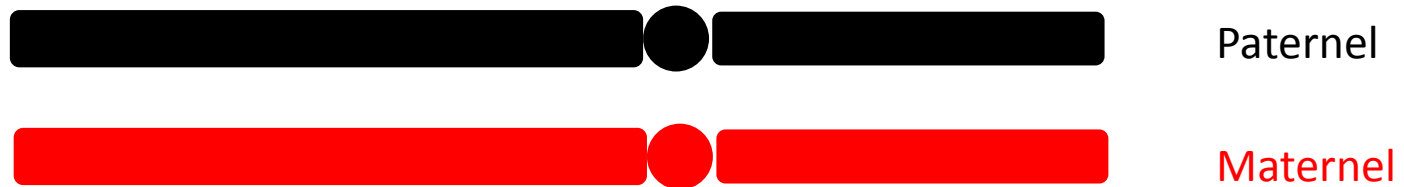


*Homo sapiens:*

22 paires de chromosomes + chromosome X et Y

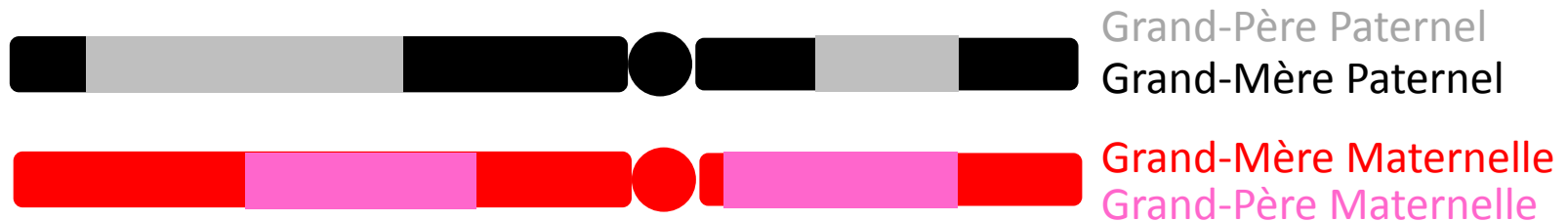
# Conséquences de la recombinaison sur l'héritabilité de l'information génétique sur plusieurs générations

Une paire de vos 22 autres chromosomes



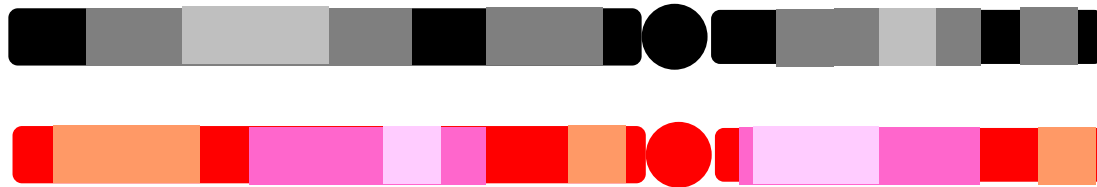
# Conséquences de la recombinaison sur l'héritabilité de l'information génétique sur plusieurs générations

## La contribution de nos grands-parents à nos chromosomes



# Conséquences de la recombinaison sur l'héritabilité de l'information génétique sur plusieurs générations

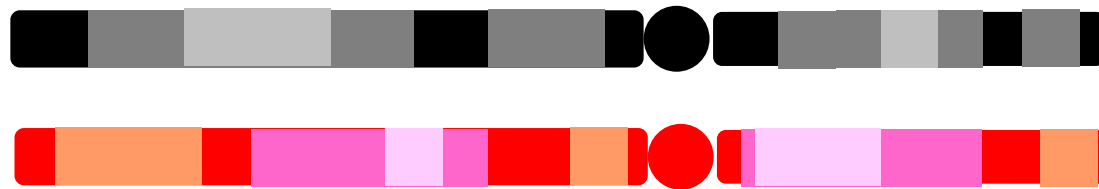
La contribution de nos arrière-grand-parents à nos chromosomes



➔ Plus on remonte dans les générations, plus les fragments provenant de chaque ancêtre sont petits.

# Conséquences de la recombinaison sur l'héritabilité de l'information génétique sur plusieurs générations

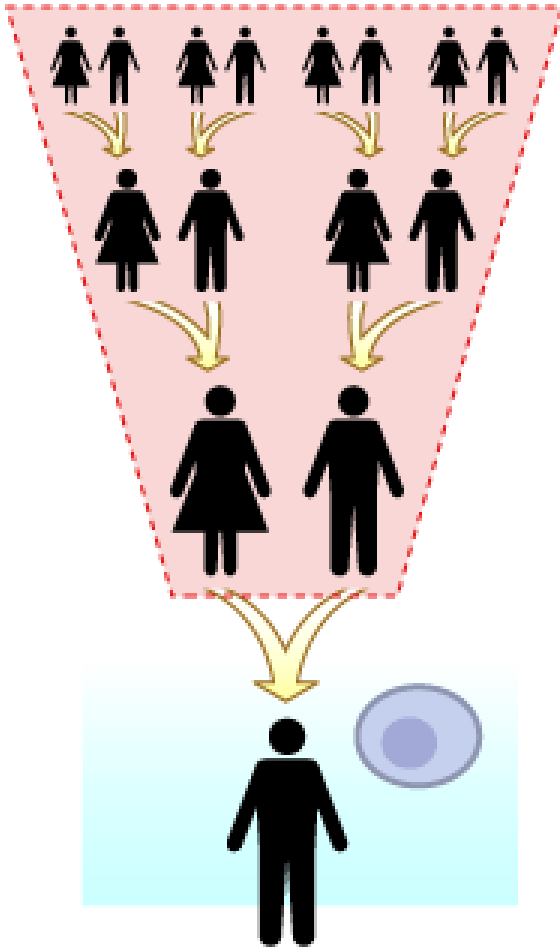
La contribution de nos arrière-grand-parents à nos chromosomes



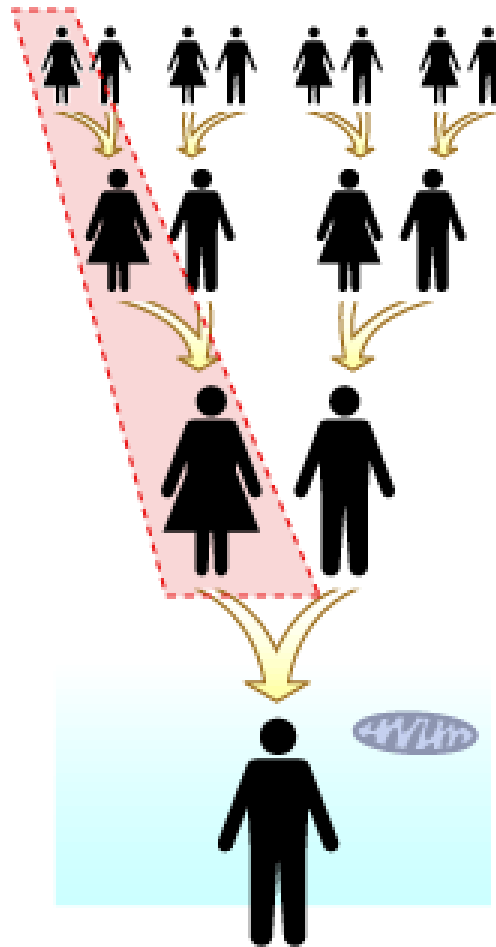
➔ Plus on analyse de marqueurs génétiques, plus on peut remonter loin dans le temps.

# L'héritabilité

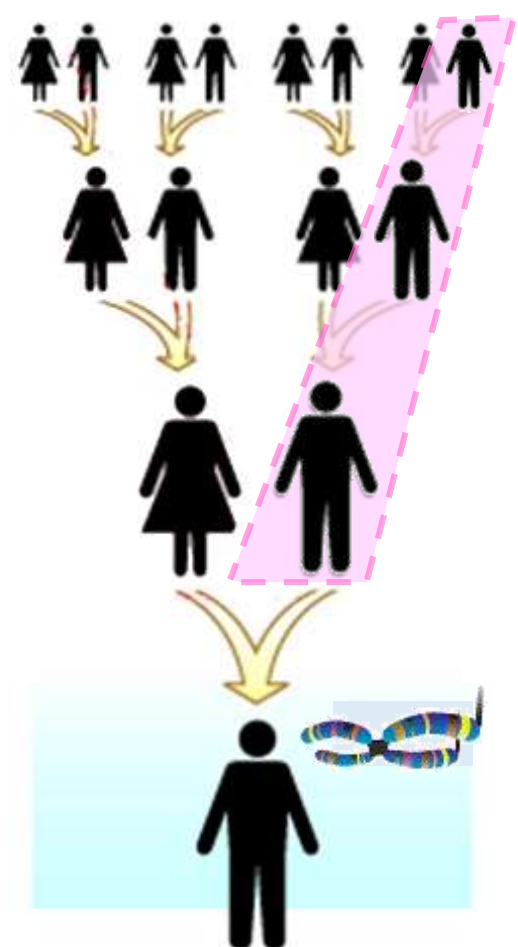
L'ADN nucléaire est hérité de tous les ancêtres



L'ADN mitochondrial est hérité de la lignée maternelle



Le chromosome Y est hérité de la lignée paternelle



# Etude de l'évolution humaine: Diversité génétique des populations actuelles





# Comparaison des génomes de différents individus

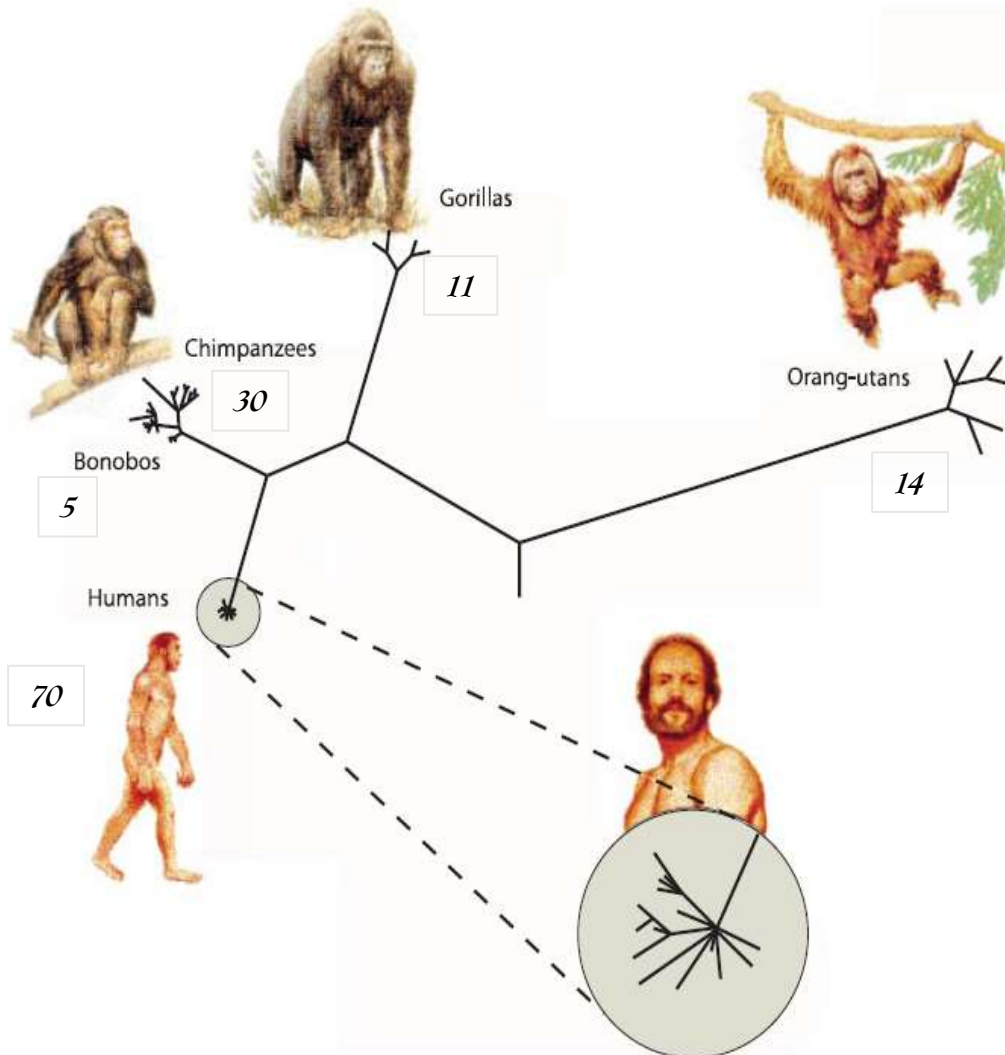
Deux individus choisis au hasard:  
en moyenne, 1 différence tous les  
1000 bases



# Un gène, des allèles

- Génome humain: ~20 000 gènes
- Mutations => pour chaque gène, il existe plusieurs "versions" très légèrement différentes au sein de la population = **les allèles**
- Polymorphisme génétique => diversité phénotypique

# Grands singes et humains: diversité mitochondriale



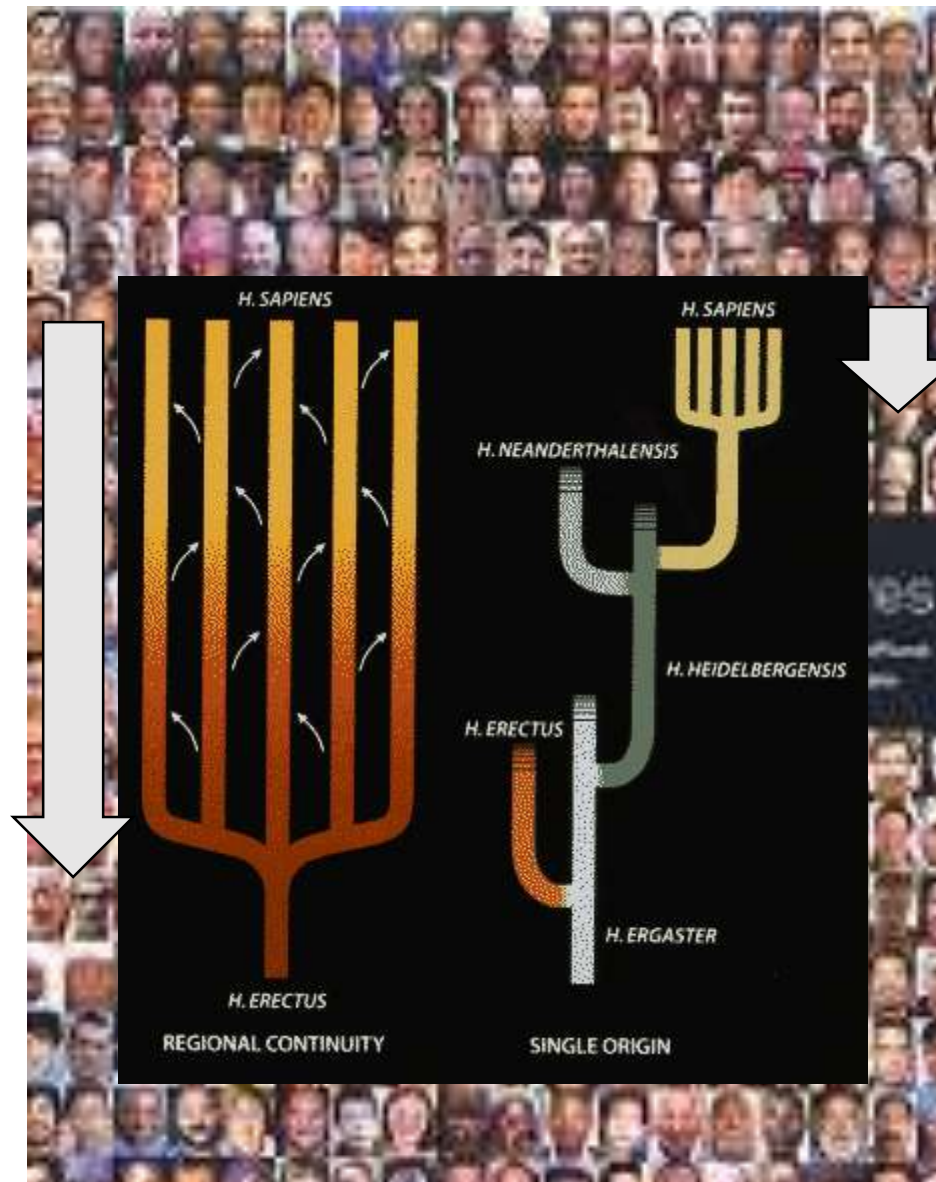
Taille des populations naturelles  
d'Orang-outan:  
Bornéo: ~50 000 individus  
Sumatra: ~7 000 individus

*Kaessmann et al. Nature  
Genetics - 27, 155 - 156 (2001)*

# Généalogie des individus

- Analyse de la diversité génétique dans les populations humaines
- Age de l'ancêtre commun le plus récent: 160 000 à 200 000 ans
- La divergence entre les populations actuelles d'*Homo sapiens* est très récente
- Remise en cause de la théorie "multirégionaliste"

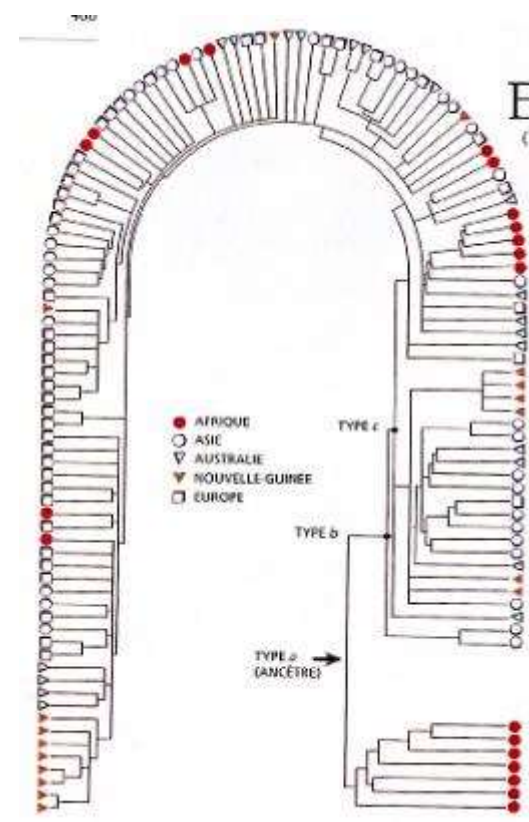
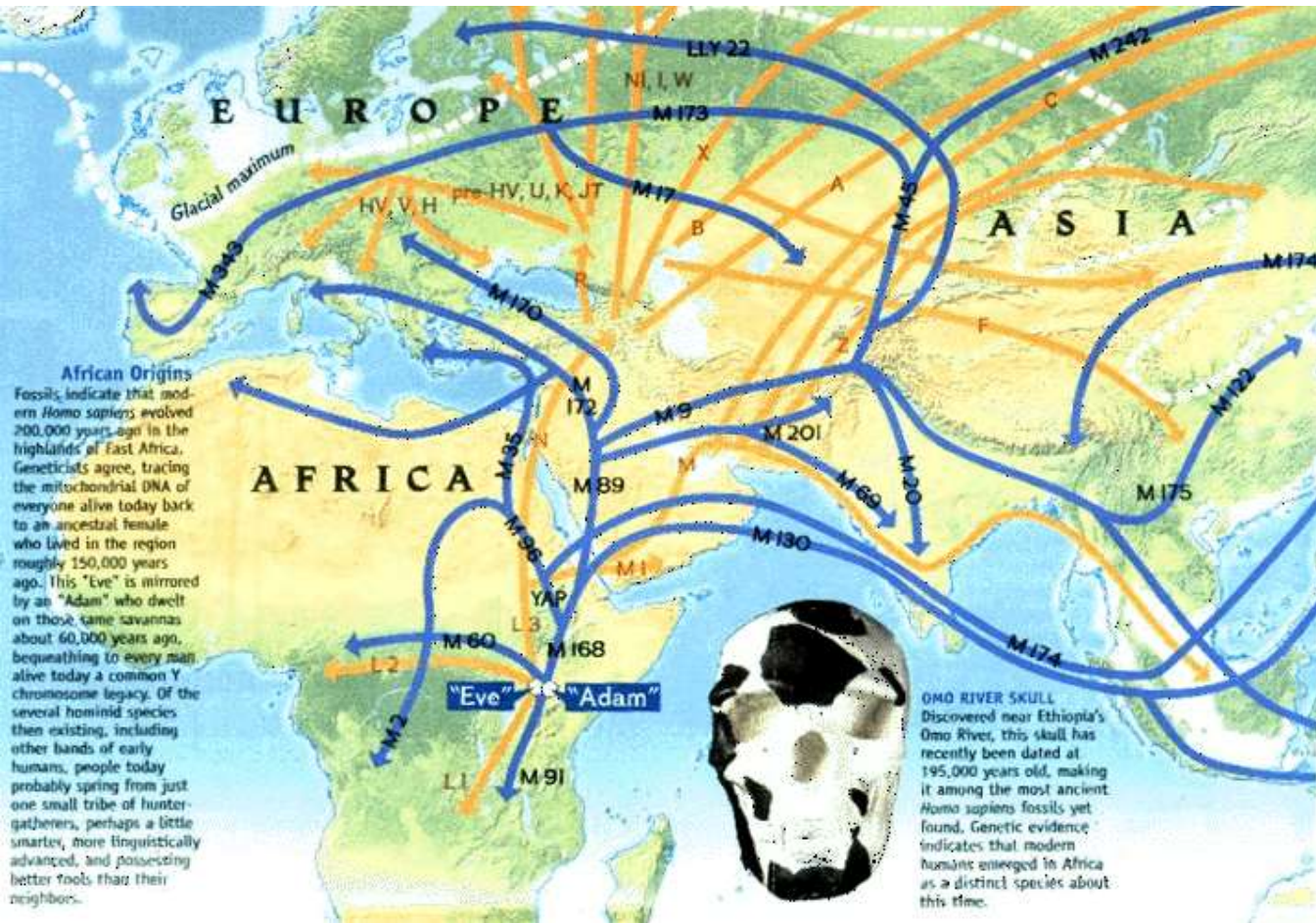
# Etude de l'évolution humaine: Diversité génétique des populations actuelles



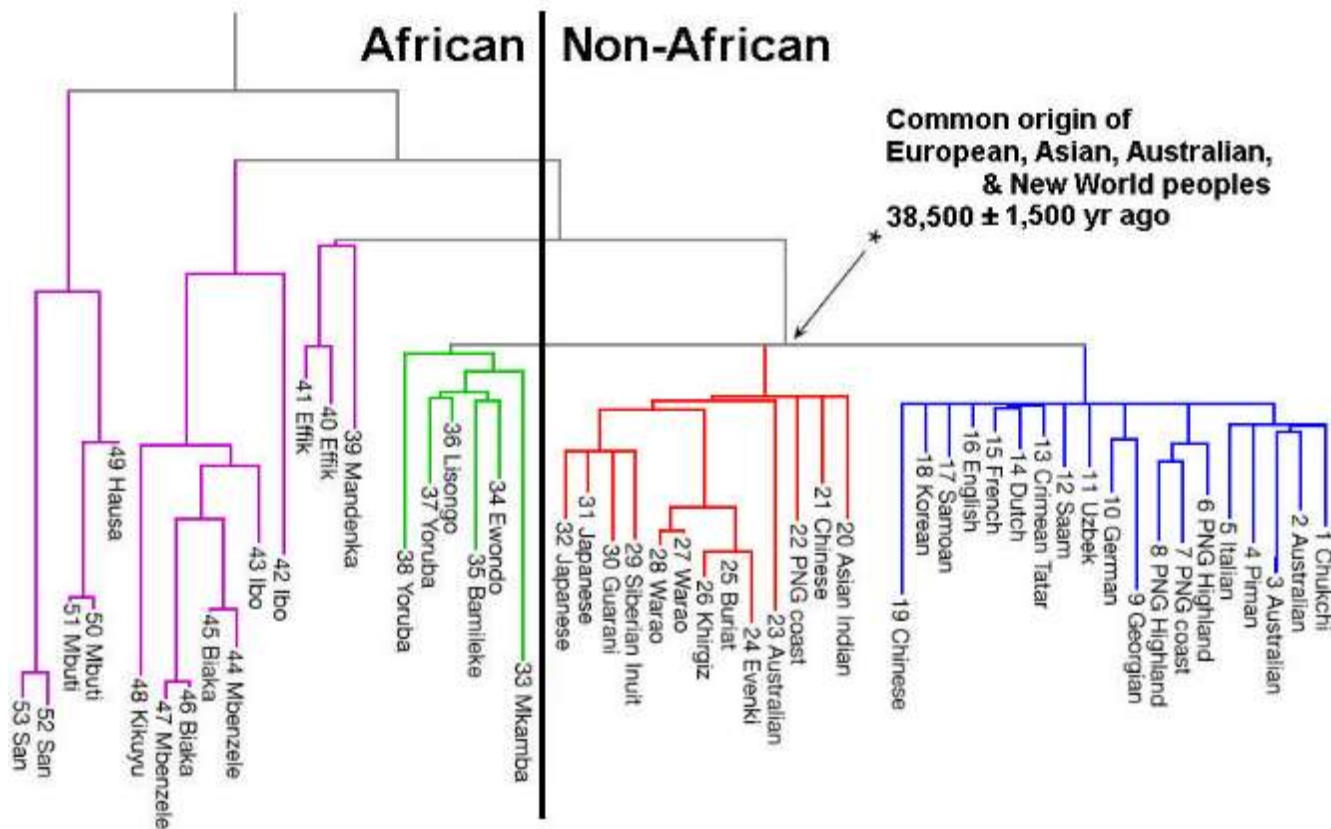
# Eve mitochondriale

Rebecca L. Cann\*, Mark Stoneking & Allan C. Wilson

"Mitochondrial DNA and Human Evolution," *Nature*, 325 (1987), 31-6.

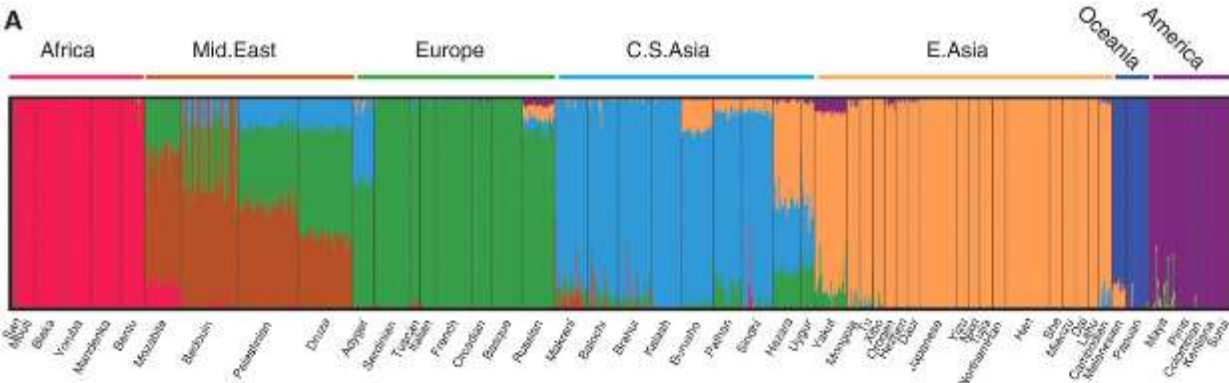


# « Out of Africa » vu par la génétique



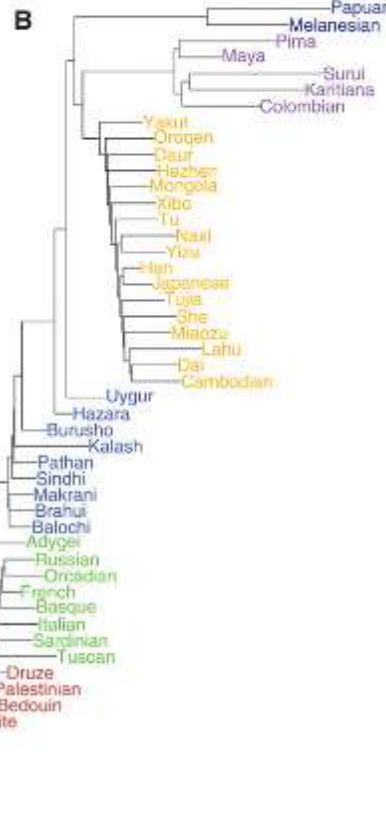
- Diversité génétique plus grande chez les Africains que parmi les autres populations (ADNmt + SNPs)
- Les branches les plus longues appartiennent exclusivement aux populations subsahariennes

# Evolution de l'Homo sapiens: « Out of Africa » ou multirégional?



Origine régionale individuelle  
(1 ligne = 1 individu)  
(longueur des segments colorés correspond au coefficient de l'origine dans jusqu'à 7 populations)

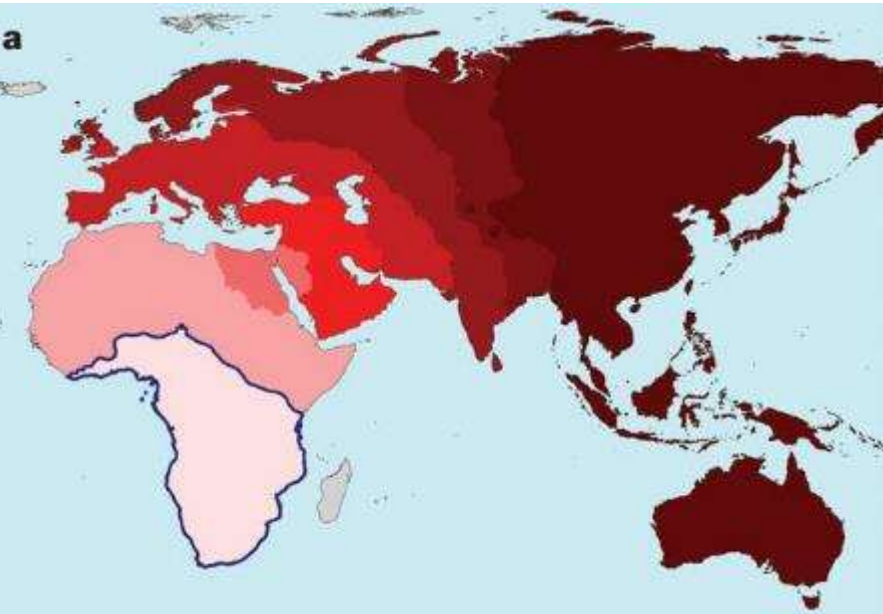
Relation entre hétérozygotie et géographie en accord avec l'hypothèse d'un effet fondateur avec une origine unique en Afrique subsaharienne



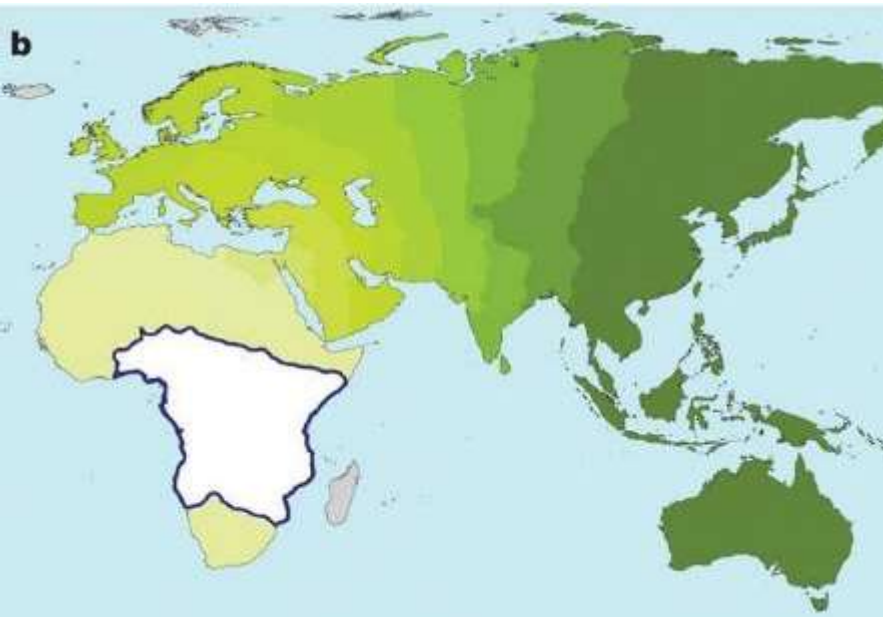
Arbre de vraisemblance maximal (couleurs correspondent aux régions géographiques)



# Evolution de l'Homo sapiens: « Out of Africa » ou multirégional?

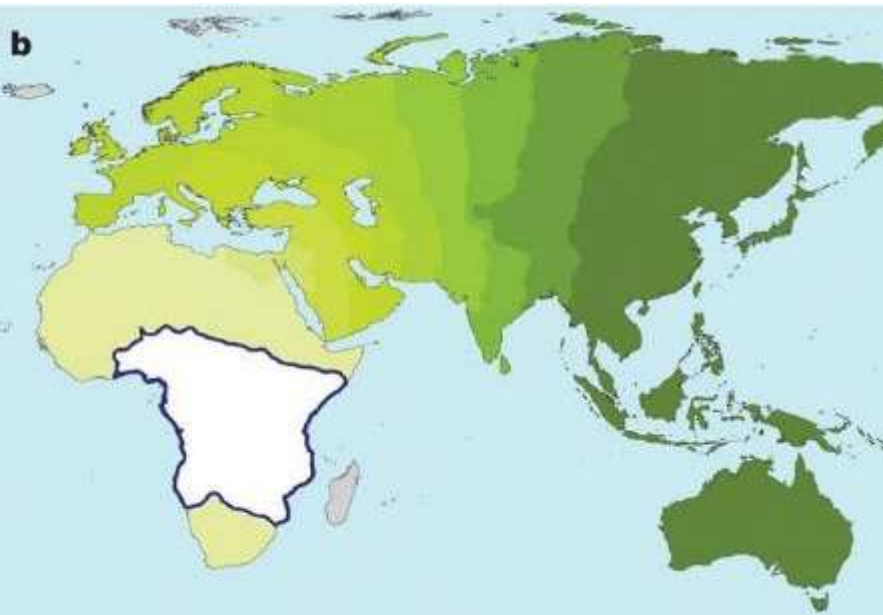
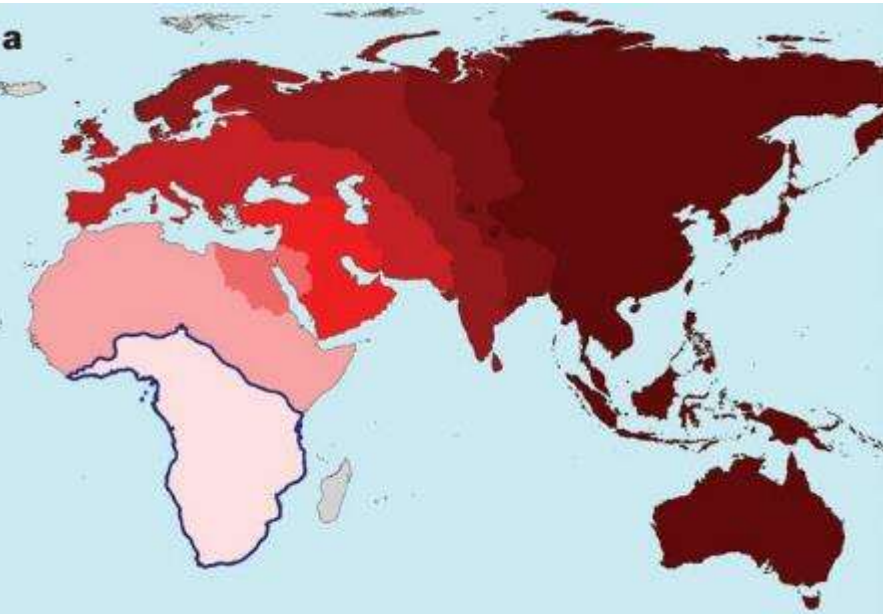


Carte de la diversité phénotypique: plus on s'éloigne de l'Afrique subsaharienne plus la diversité phénotypique diminue (couleur foncée).



Carte de la diversité génétique: plus on s'éloigne de l'Afrique subsaharienne plus la diversité génétique diminue.

# Evolution de l'Homo sapiens: « Out of Africa » ou multirégional?



Ces deux types de données se recoupent et correspondent à la prédiction faite avec le scénario nommée « Out of Africa », elles appuient également sur d'autres données portant sur l'ADN mitochondriale et le chromosome Y et aboutissant aux mêmes conclusions!



# Génétique: Migrations de populations *Homo sapiens* à partir de l'Afrique !

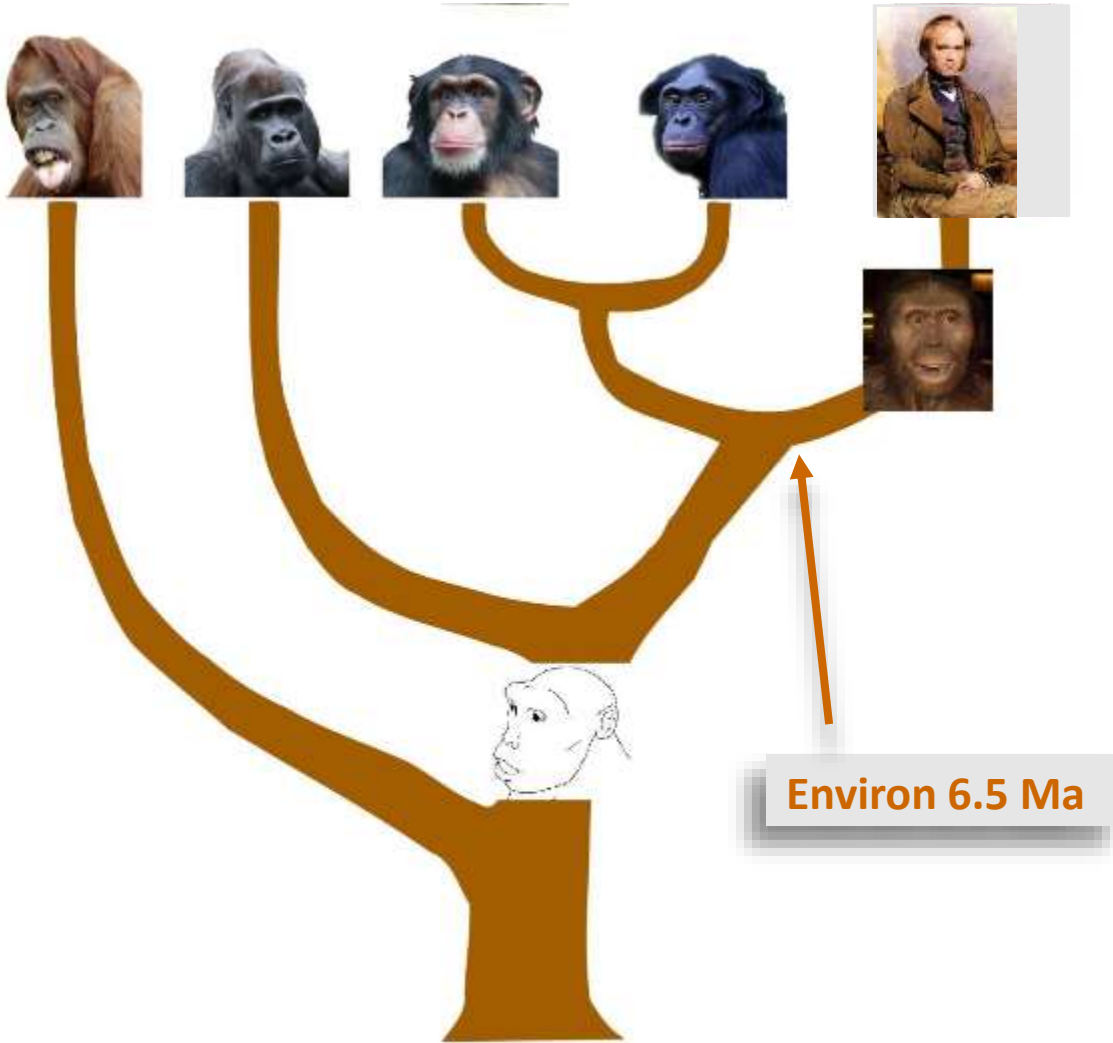


# Evolution de l'Homo sapiens: « Out of Africa » ou multirégional?

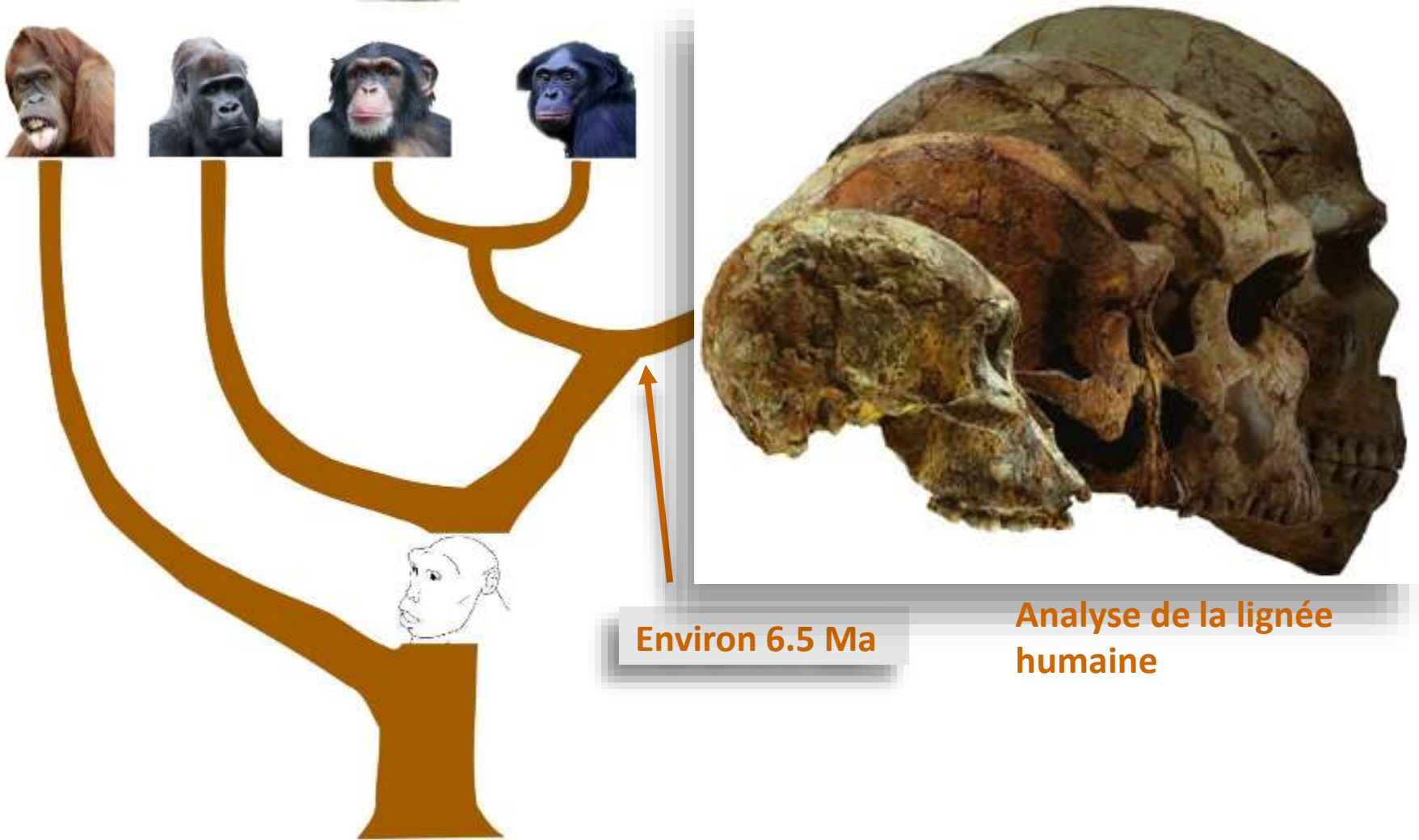
Problèmes des analyses basées sur les données obtenues à partir des populations actuelles (*Fagundes et al.*, 2007):

- Estimations de la probabilité des modèles se basent sur des simulations
- Même si les modèles sont relativement réalistes, l'approche probabiliste ne garantit pas toujours que le scénario le mieux supporté par les données est correcte! (La réalité pourrait mieux correspondre à un modèle non-testé!)
- Exemple: l'hypothèse de base d'un accouplement aléatoire et l'exclusion de la structure des populations

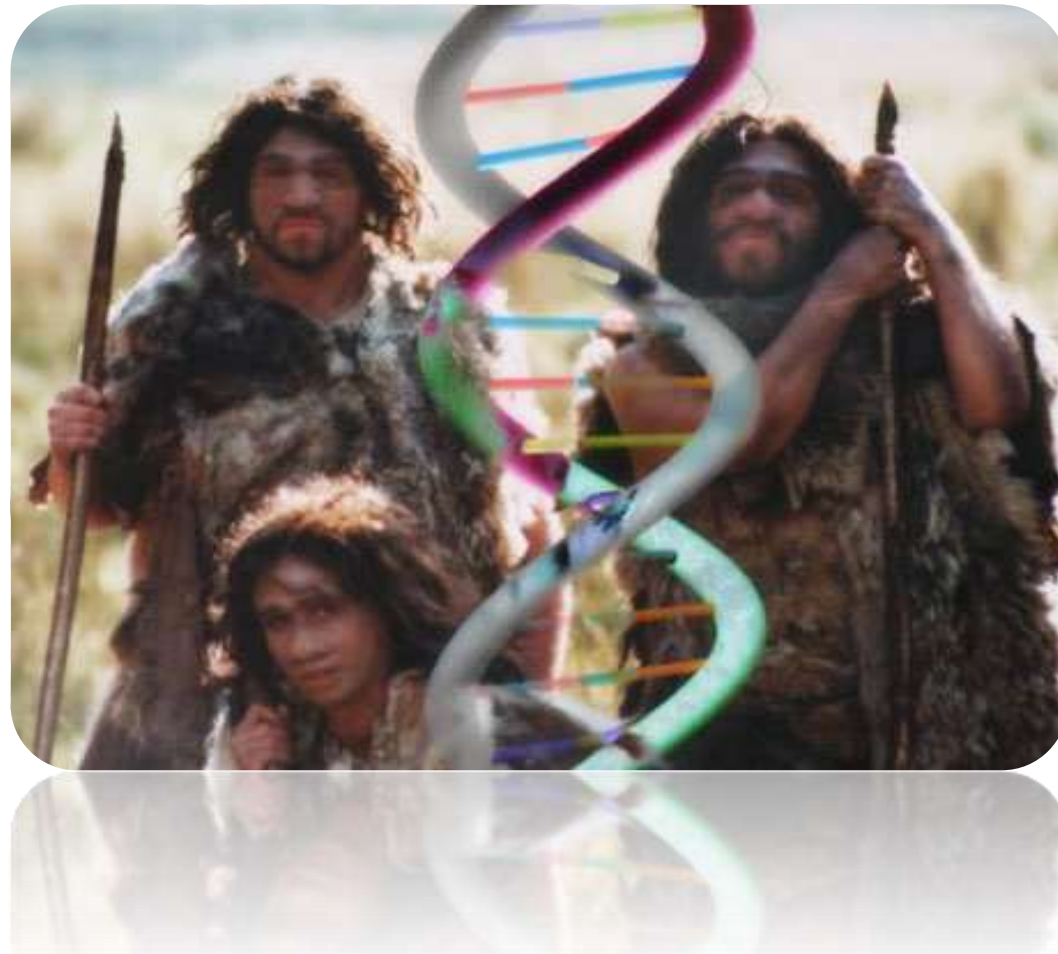
# L'étude de l'évolution des êtres humains par l'étude des fossiles humains



# L'étude de l'évolution des êtres humains par l'étude des fossiles humains



# Le peuplement de l'Europe vu par la paléogénomique

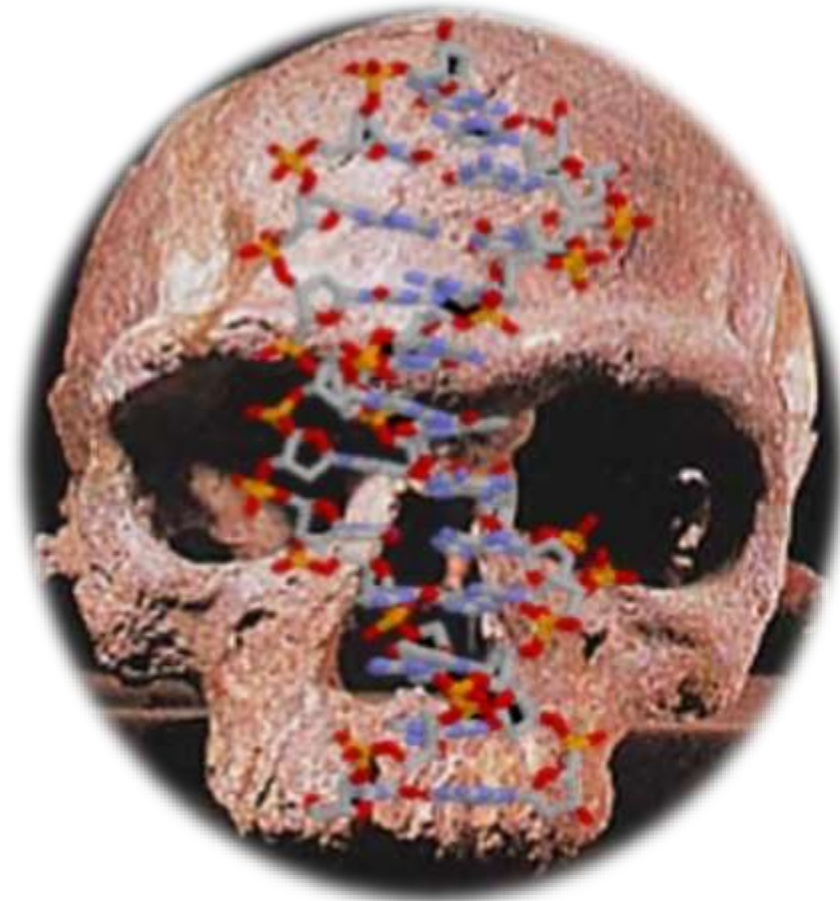


# Le séquençage de nouvelle génération: une révolution génétique!

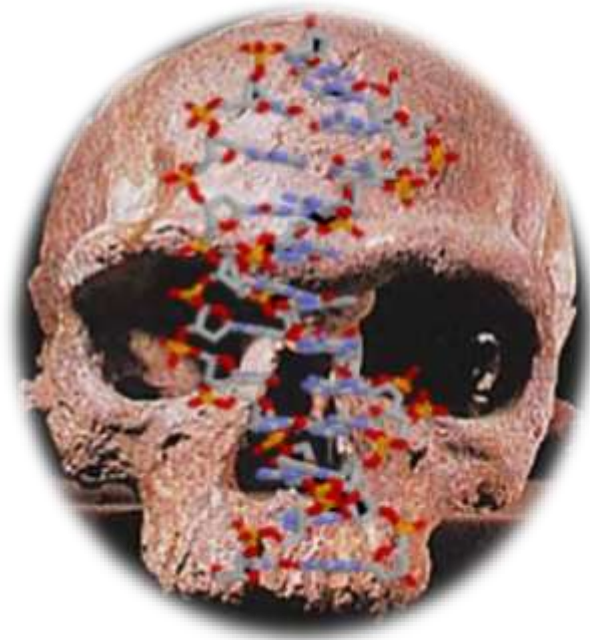




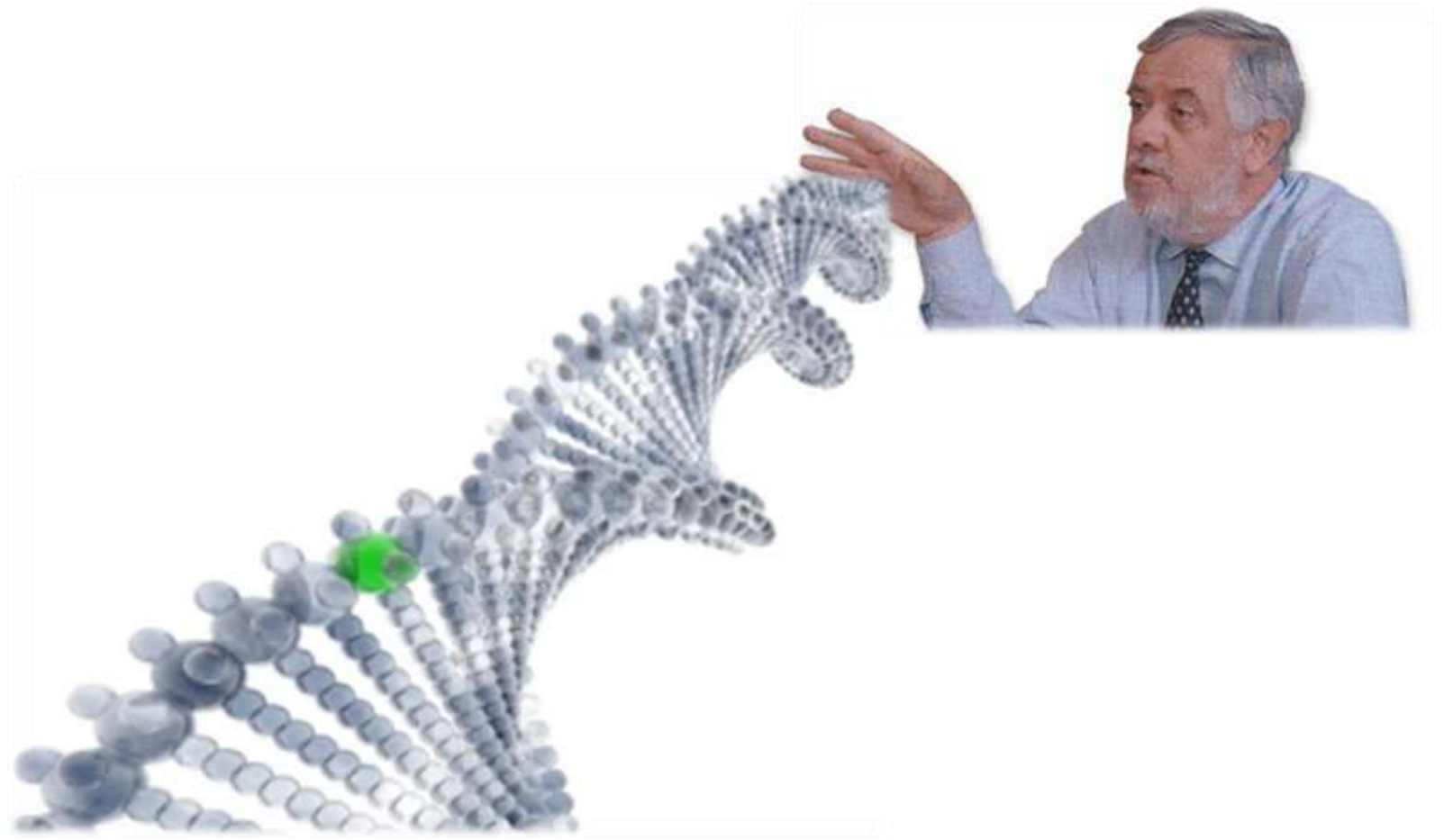
# Analyse de génomes entiers d'individus du passé: Naissance de la paléogénomique



La **paléogénomique** vise à étudier les traces de génome conservées dans les vestiges biologiques anciens pour reconstituer l'évolution des individus et l'histoire des populations



# L'ADN moderne: de très grandes molécules

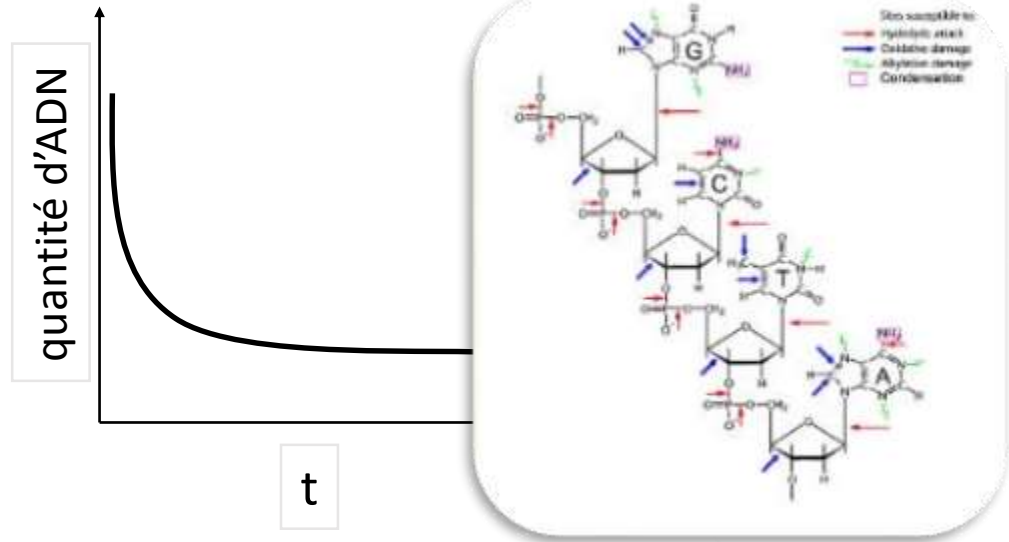


# L'ADN ancien

- Dégradation enzymatique et chimique de l'ADN
  - Dilution dans l'ADN environnemental



Putréfaction



Hydrolyse/oxydation

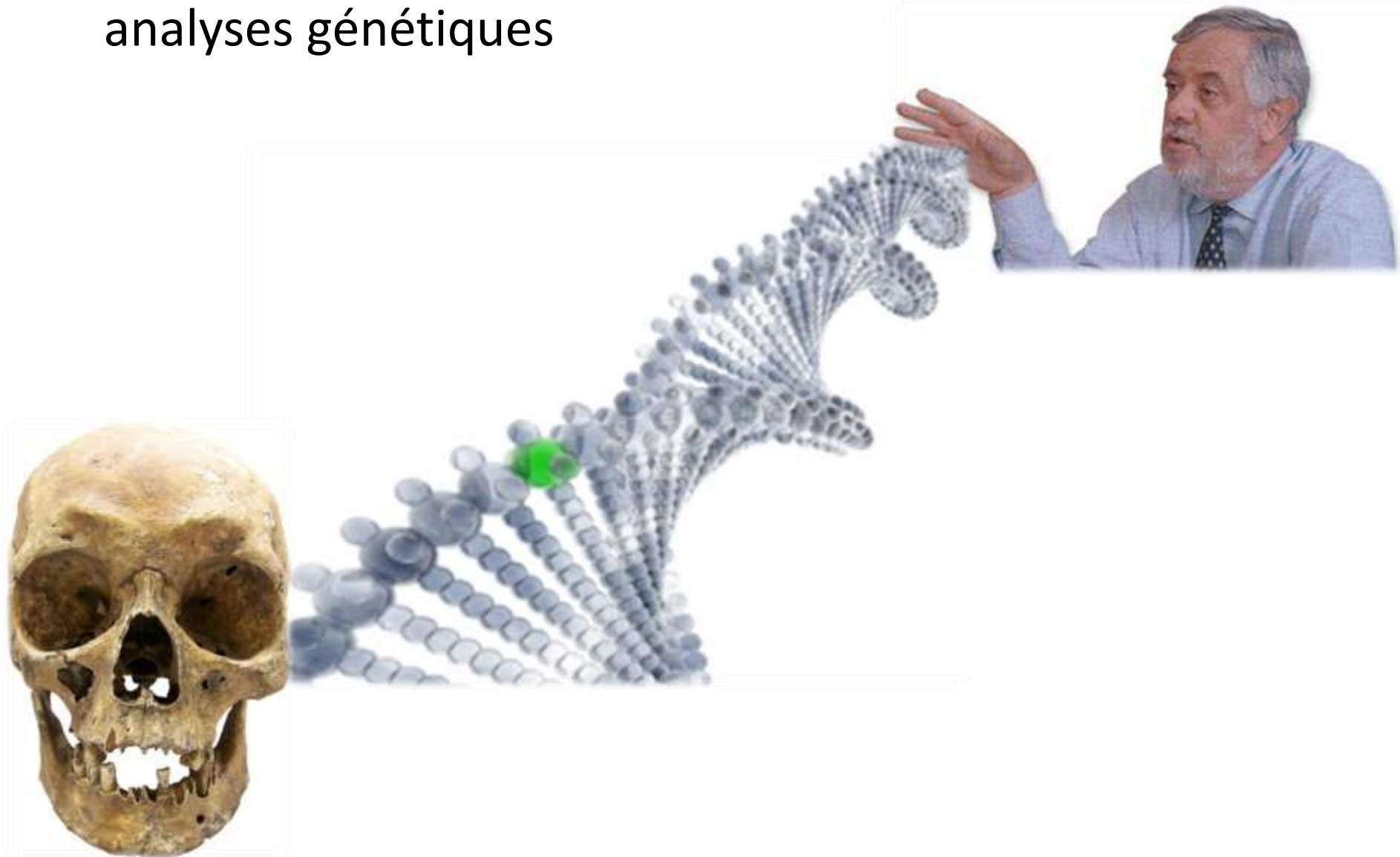
# L'ADN préservé dans les fossiles est très dégradé!



→ Tout petits fragments

→ Quantité extrêmement faible

➔ L'ADN moderne contamine facilement les extraits d'ADN ancien ce qui fausse les résultats des analyses génétiques



# Idéal: prélèvement aseptique d'ossements humains



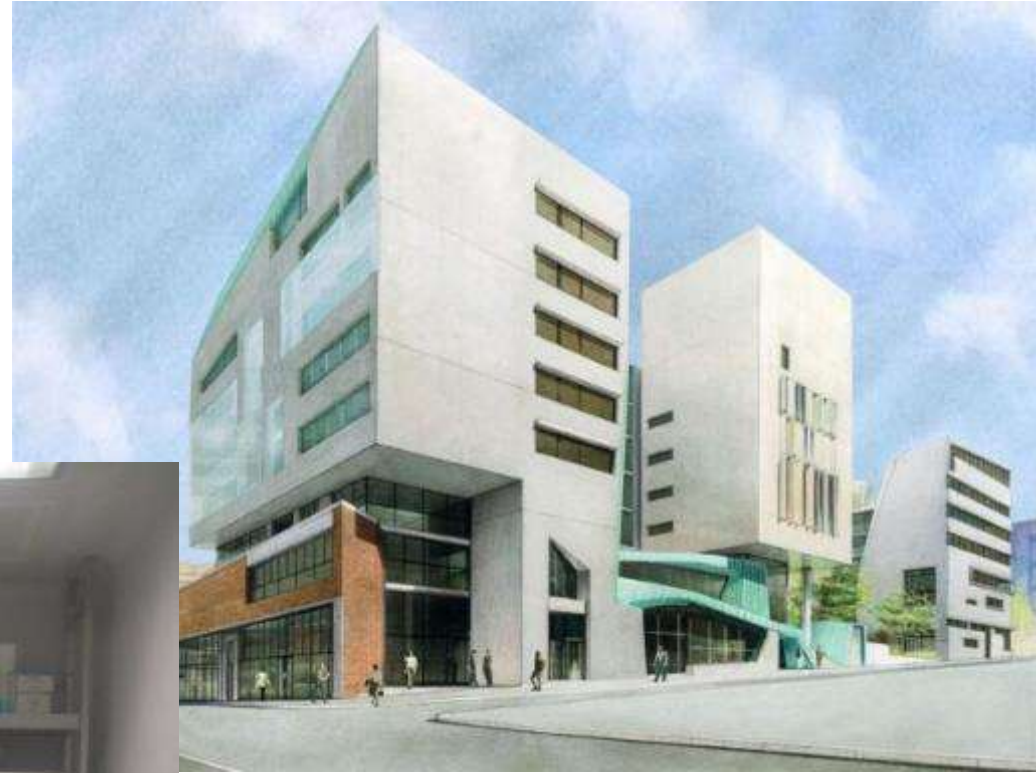
# Prévention de la contamination par l'expérimentateur au laboratoire paléogénétique

- Confinement physique + procédures expérimentales strictes





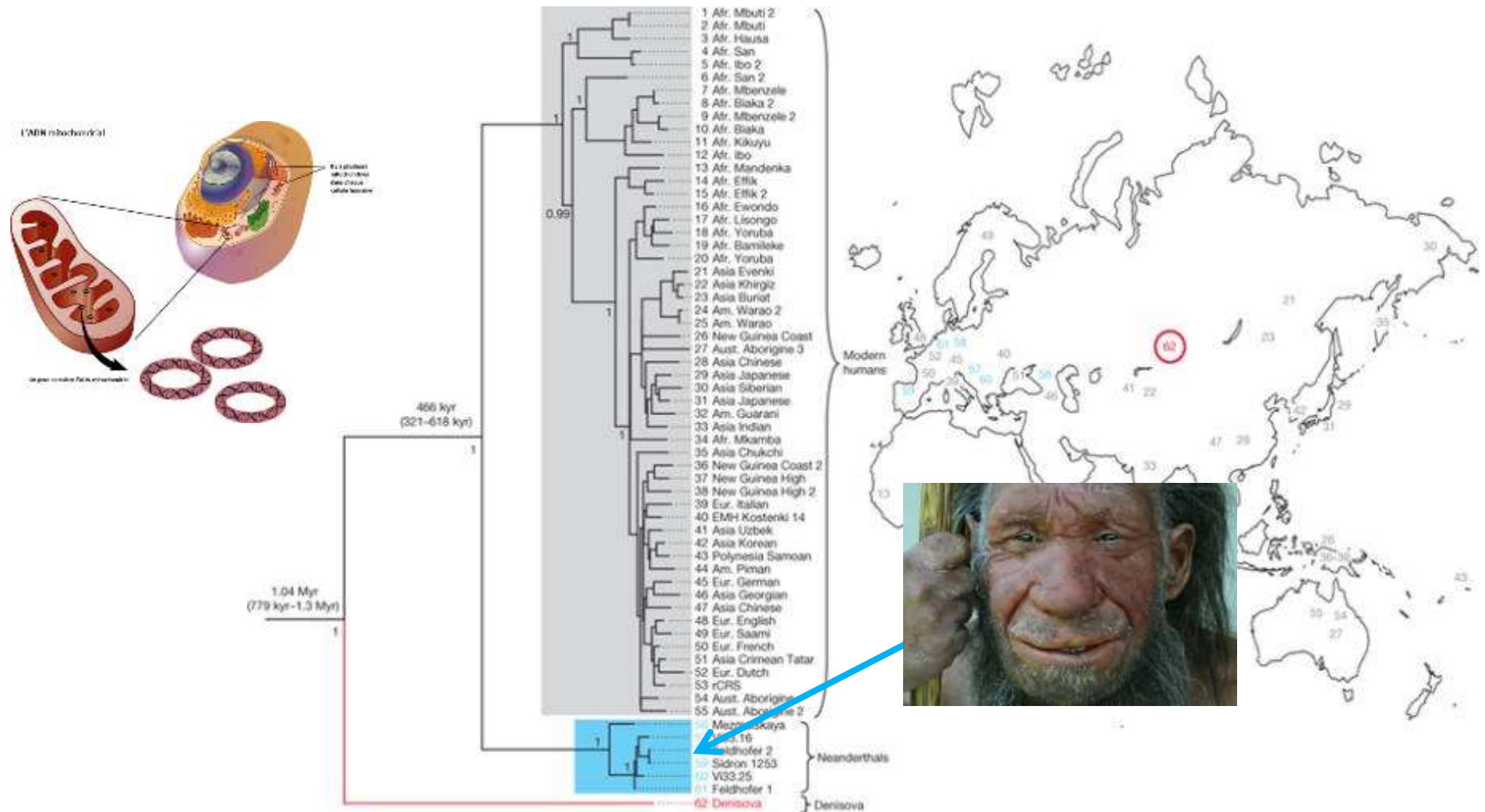
# *Paléogénétique et Paléogénomique à l'Institut Jacques Monod, Paris*



# Paléogénomique de l'Europe au Pléistocène moyen



# ADN mitochondrial des Néandertaliens



L'ADN mitochondrial de tous les Néandertaliens séquencés est distinct des humains actuels

# Des êtres humains anatomiquement modernes quittent l'Afrique....



# Cohabitation en Europe

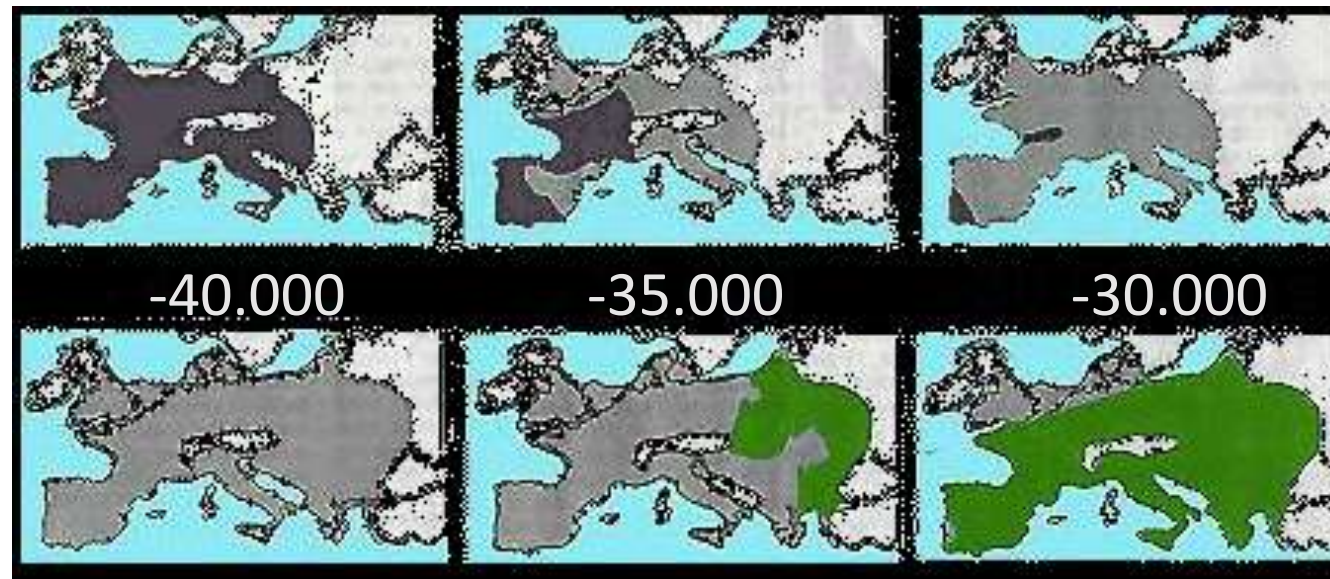
## *H. neanderthalensis* – *H. sapiens*



H. sapiens

Néanderthalien

*Néandertaliens*



*H.sapiens*

# 2010: Séquençage du génome néandertalien par l'équipe Max Planck, Leipzig, Allemagne



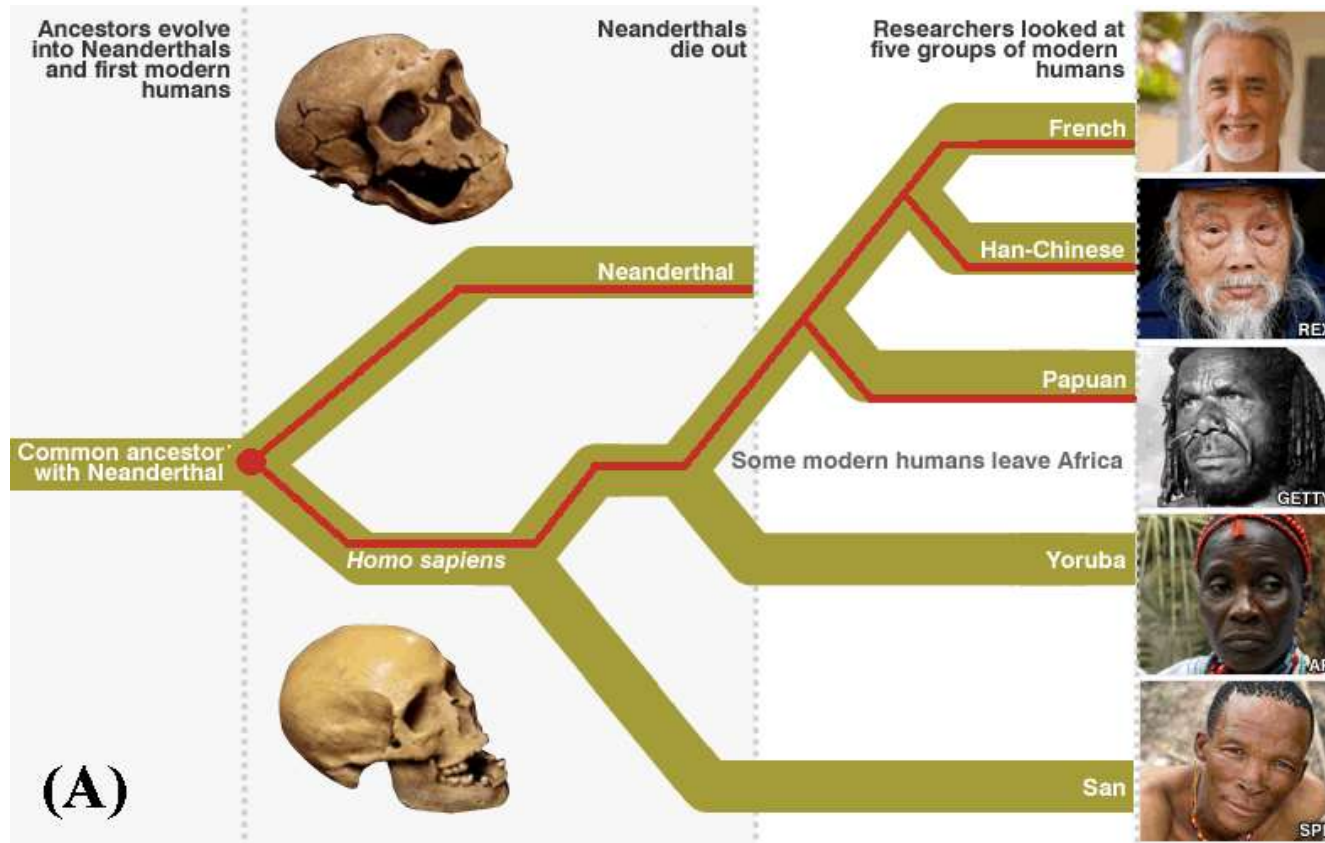
## A Draft Sequence of the Neandertal Genome

Richard E. Green,<sup>1,††</sup> Johannes Krause,<sup>1,†§</sup> Adrian W. Briggs,<sup>1,†§</sup> Tomislav Maricic,<sup>2,†§</sup> Udo Stenzel,<sup>1,†§</sup> Martin Kircher,<sup>1,†§</sup> Nick Patterson,<sup>2,†§</sup> Heng Li,<sup>2,†</sup> Weiwei Zhai,<sup>3,†||</sup> Markus Hsi-Yang Fritz,<sup>4,†</sup> Nancy F. Hansen,<sup>5,†</sup> Eric Y. Durand,<sup>3,†</sup> Anna-Sapfo Malaspinas,<sup>3,†</sup> Jeffrey D. Jensen,<sup>6,†</sup> Tomas Marques-Bonet,<sup>7,13,†</sup> Can Alkan,<sup>7,†</sup> Kay Prüfer,<sup>1,†</sup> Matthias Meyer,<sup>1,†</sup> Hernán A. Burbano,<sup>2,†</sup> Jeffrey M. Good,<sup>1,8,†</sup> Rigo Schultz,<sup>1</sup> Ayinuer Aximu-Petri,<sup>1</sup> Anne Butthof,<sup>1</sup> Barbara Höber,<sup>1</sup> Barbara Höffner,<sup>1</sup> Madlen Siegemund,<sup>1</sup> Antje Weihmann,<sup>1</sup> Chad Nusbaum,<sup>2</sup> Eric S. Lander,<sup>2</sup> Carsten Russ,<sup>2</sup> Nathaniel Novod,<sup>2</sup> Jason Affourtit,<sup>9</sup> Michael Egholm,<sup>9</sup> Christine Verna,<sup>21</sup> Pavao Rudan,<sup>10</sup> Dejana Brajkovic,<sup>11</sup> Željko Kucan,<sup>10</sup> Ivan Gušić,<sup>10</sup> Vladimir B. Doronichev,<sup>12</sup> Liubov V. Golovanova,<sup>12</sup> Carles Lalueza-Fox,<sup>13</sup> Marco de la Rasilla,<sup>14</sup> Javier Fortea,<sup>14,¶</sup> Antonio Rosas,<sup>15</sup> Ralf W. Schmitz,<sup>16,17</sup> Philip L. F. Johnson,<sup>18,†</sup> Evan E. Eichler,<sup>7,†</sup> Daniel Falush,<sup>19,†</sup> Ewan Birney,<sup>4,†</sup> James C. Mullikin,<sup>5,†</sup> Montgomery Slatkin,<sup>3,†</sup> Rasmus Nielsen,<sup>3,†</sup> Janet Kelso,<sup>1,†</sup> Michael Lachmann,<sup>1,†</sup> David Reich,<sup>2,20,\*</sup> Svante Pääbo<sup>1,\*†</sup>

## ....et rencontrent des Néanderthaliens



# Produits de métissage



Presque tous les humains actuels en dehors de l'Afrique portent des portions plus ou moins importantes du génome néandertalien (quelques %)



# Rencontre Néanderthaliens – humains modernes

Endroits possibles où la rencontre a eu lieu

- Levant où la présence d'humains modernes (à Skhul et Qafzeh) et de Néanderthaliens (à Tabun) est attestée il y avait déjà 120.000 ans



- L'Arabie du Sud et le Golf Persique où les humains modernes se sont aussi installés tôt et où les Néandertaliens étaient probablement aussi présents



# Les Néanderthaliens



Les Néanderthaliens disparurent il y a ~30,000 ans et leur culture, le Moustérien, avec eux. Ils ont été remplacés par les êtres humains anatomiquement modernes ayant commencé à coloniser l'Europe il y a 40,000 ans

# Les Dénisoviens

Les humains qui continuent leur migration vers l'Asie du Sud-Est rencontrèrent les Dénisoviens ...





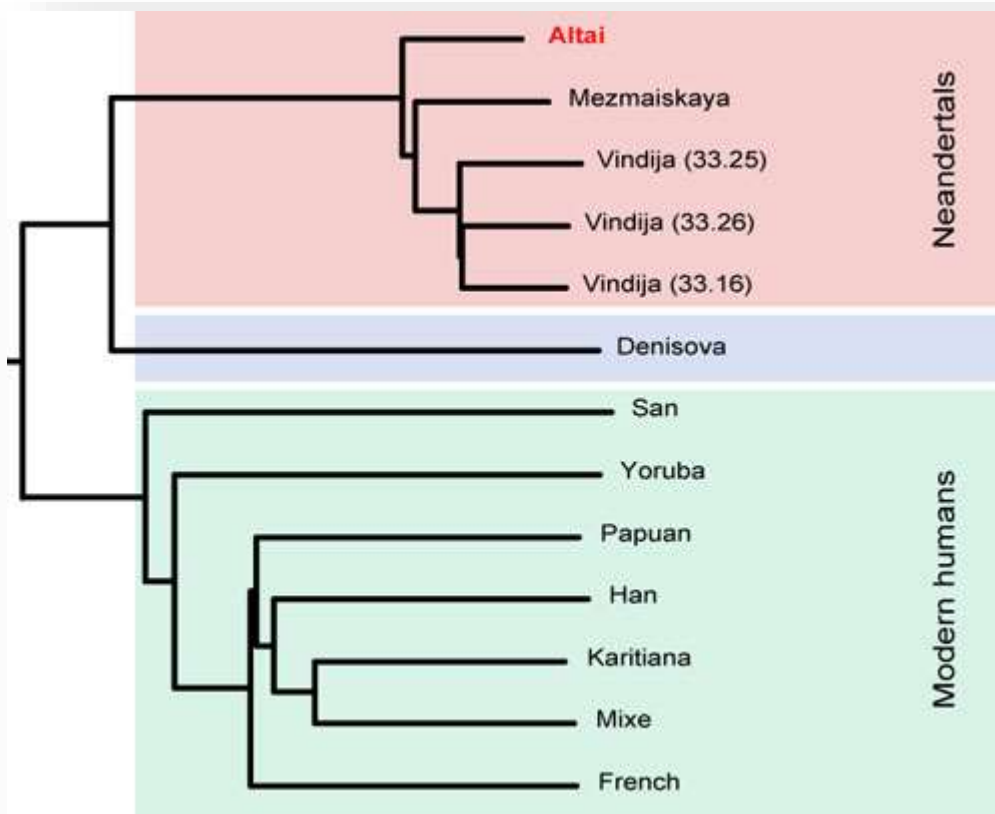
# A High-Coverage Genome Sequence from an Archaic Denisovan Individual

Matthias Meyer,<sup>1,2</sup> Martin Kircher,<sup>1,3</sup> Marie-Theres Gansauge,<sup>4</sup> Heng Li,<sup>5</sup> Fernando Racimo,<sup>4</sup> Swapan Mallick,<sup>7,8</sup> Joshua G. Schraiber,<sup>9</sup> Flora Jay,<sup>6</sup> Kay Prüfer,<sup>1</sup> Cosimo de Filippo,<sup>1</sup> Peter H. Sudmant,<sup>6</sup> Can Alkan,<sup>6,4</sup> Gaoqi Fu,<sup>1,7</sup> Ron Do,<sup>7</sup> Nadia Rohland,<sup>2,10</sup> Ari Tandon,<sup>2,5</sup> Michael Stenzel,<sup>1</sup> Richard E. Green,<sup>6</sup> Katarzyna Bruc,<sup>3</sup> Adrian W. Briggs,<sup>2</sup> Udo Stenzel,<sup>4</sup> Jesse Dubney,<sup>7</sup> Jay Shendure,<sup>6</sup> Jacob Kitzman,<sup>6</sup> Michael F. Hammer,<sup>1</sup> Michael V. Shunkov,<sup>10</sup> Anatoli P. Derevanko,<sup>10</sup> Nick Patterson,<sup>2</sup> Aida M. Andrés,<sup>1</sup> Eran E. Ekher,<sup>2,11</sup> Montgomery Stratton,<sup>4</sup> David Reich,<sup>2,12</sup> Jesse Beza,<sup>3</sup> Svante Pääbo<sup>1</sup>



# The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains

Kay Prüfer,<sup>1</sup> Fernando Racimo,<sup>2</sup> Nick Patterson,<sup>3</sup> Heng Li,<sup>4</sup> Simon Sarkisyan,<sup>5,6</sup> Swapan Mallick,<sup>7,8</sup> Gaoqi Fu,<sup>9</sup> Peter H. Sudmant,<sup>10</sup> Joshua G. Schraiber,<sup>11</sup> Ron Do,<sup>12</sup> Swapan Mallick,<sup>13</sup> Michael Stenzel,<sup>14</sup> Gabriel Priya,<sup>15</sup> Martin Kircher,<sup>16</sup> Martin Kuhlwald,<sup>17</sup> Muzamil Lachmann,<sup>18</sup> Martin Köymen,<sup>19</sup> Mutlulu Ouzunoglou,<sup>20</sup> Michael Stenzel,<sup>21</sup> Clark G. Reardon,<sup>22</sup> Ari Tandon,<sup>23</sup> Zeynep Morkoyun,<sup>24</sup> Joseph Pickrell,<sup>25</sup> James G. Mullikin,<sup>26</sup> Sanku H. Vohra,<sup>27</sup> Richard E. Green,<sup>28</sup> Udo Stenzel,<sup>29</sup> Philip L. F. Johnson,<sup>30</sup> Ekaterina Golovanova,<sup>31</sup> Howard Crum,<sup>32</sup> Iwona Klimova,<sup>33</sup> Iryna Shvachko,<sup>34</sup> Boris F. Fritsler,<sup>35</sup> Evgeny E. Baklanov,<sup>36</sup> Lubov V. Galkavtchenko,<sup>37</sup> Vladimir B. Litvinov,<sup>38</sup> Nikolai V. Sirota,<sup>39</sup> Anatoli P. Derevanko,<sup>40</sup> Tanya Skovron,<sup>41</sup> Montgomery Stratton,<sup>42</sup> David Reich,<sup>43</sup> Jesse Beza,<sup>44</sup> Svante Pääbo<sup>45</sup>



# Les migrations au Pleistocène décelées par la paléogénomique

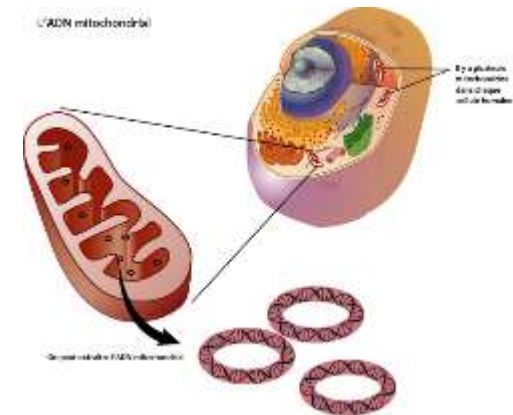
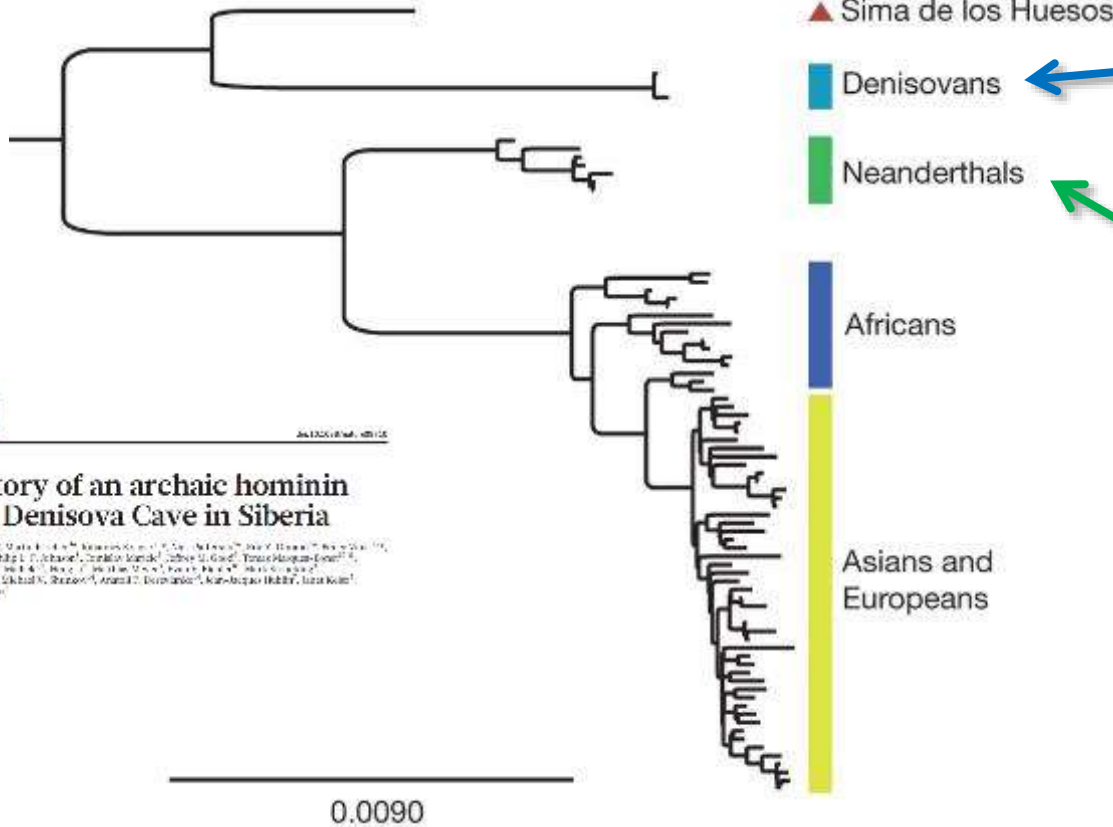


Nature Reviews | **Genetics**

Mark Stoneking & Johannes Krause, *Nature Reviews Genetics* 12, 603-614 (September 2011)

## A mitochondrial genome sequence of a hominin from Sima de los Huesos

Matthias Meyer<sup>1</sup>, Quamrul Fu<sup>2,3</sup>, Ayinuer Aximu-Petri<sup>1</sup>, Isabelle Glocke<sup>2</sup>, Birgit Nickel<sup>1</sup>, Juan-Luis Arsuaga<sup>1,4</sup>, Ignacio Martínez<sup>3,5</sup>, Ana Gracia<sup>1,5</sup>, José María Bermúdez de Castro<sup>2</sup>, Eudald Carbonell<sup>2,6</sup> & Svante Pääbo<sup>1</sup>



### ARTICLE

#### Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia

Quamrul Fu<sup>1</sup>, Ayinuer Aximu-Petri<sup>1</sup>, Birgit Nickel<sup>1</sup>, Juan-Luis Arsuaga<sup>1,4</sup>, Ignacio Martínez<sup>3,5</sup>, Ana Gracia<sup>1,5</sup>, José María Bermúdez de Castro<sup>2</sup>, Eudald Carbonell<sup>2,6</sup> & Svante Pääbo<sup>1</sup>



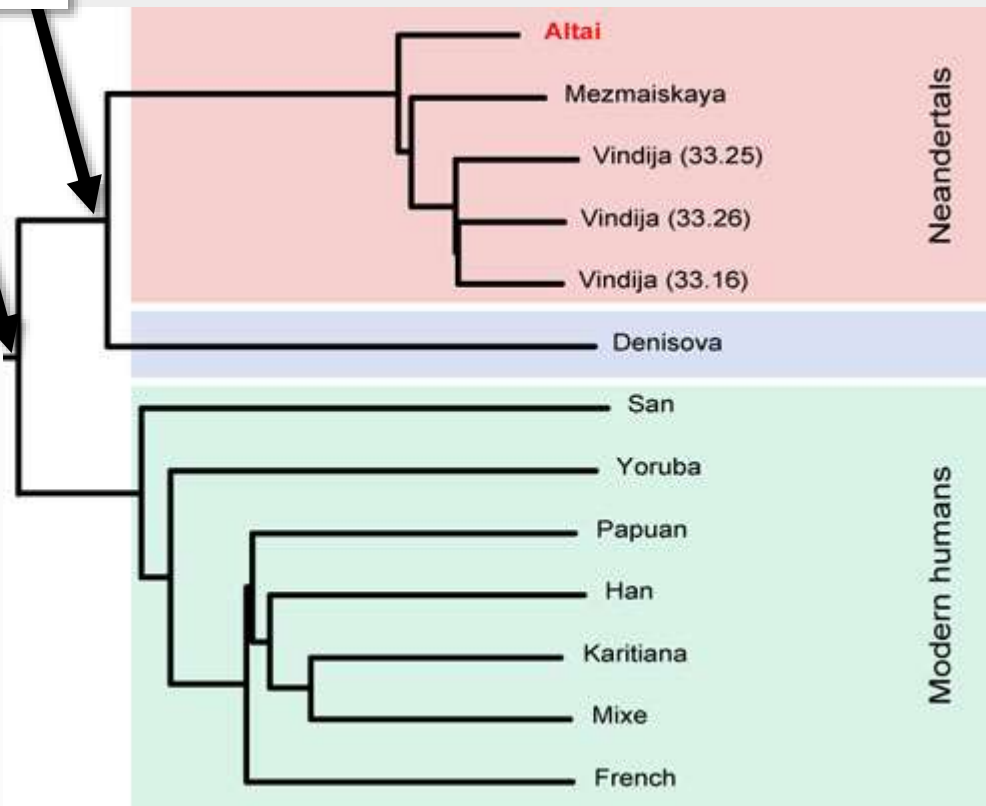
Les séquences de Sima de Los Huesos ont permis de mieux dater les séparations des anciens humains

[10.1038/nature17405](https://doi.org/10.1038/nature17405)

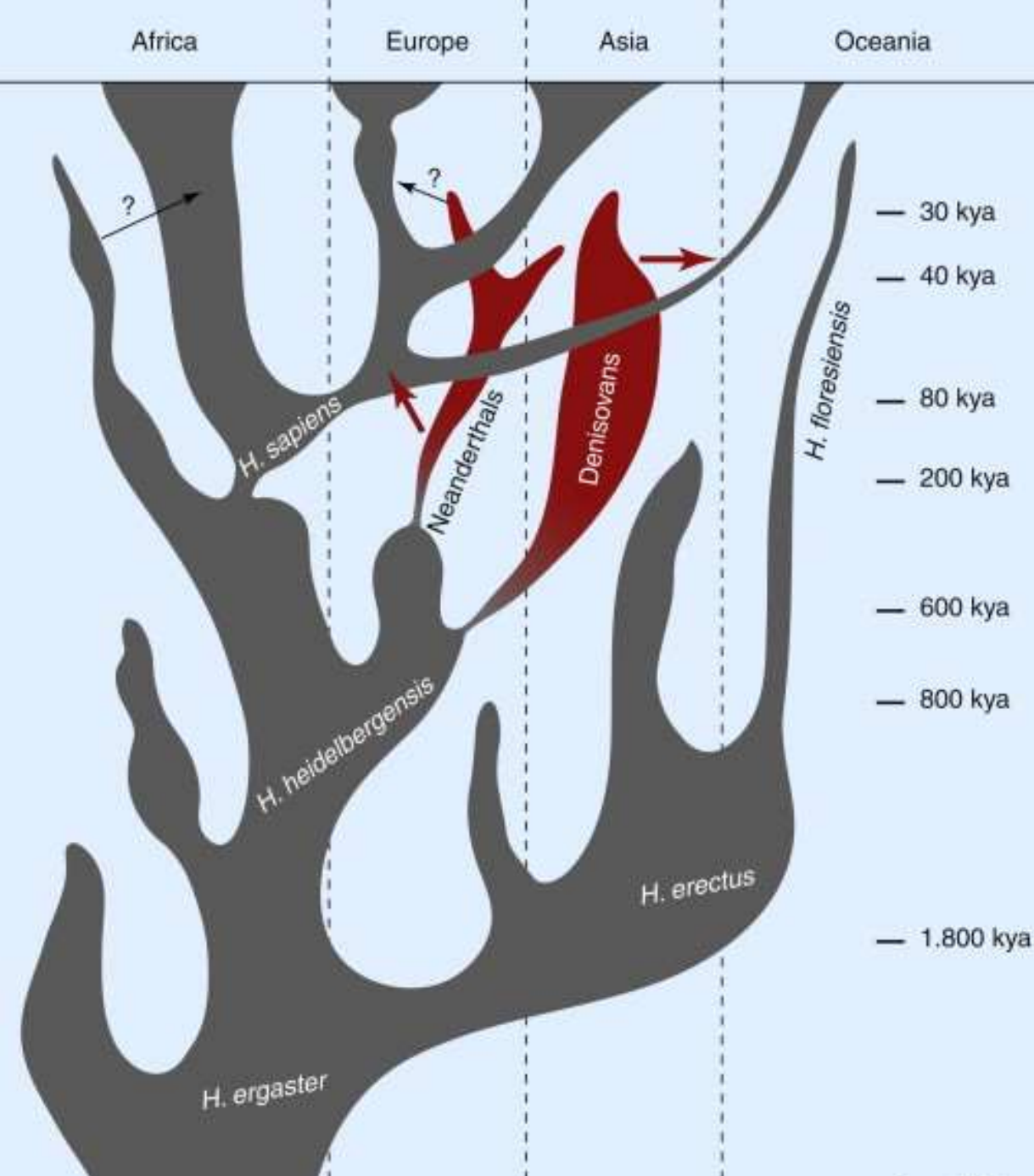
## Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins

Matthias Meyer<sup>1</sup>, Juan-Luis Arsuaga<sup>2,3</sup>, Cesare de Filippo<sup>1</sup>, Sarah Nagel<sup>1</sup>, Ayinuer Aximu-Petri<sup>1</sup>, Birgit Nickel<sup>1</sup>, Ignacio Martínez<sup>2,4</sup>, Ana Gracia<sup>2,4</sup>, José María Bermúdez de Castro<sup>5,6</sup>, Eudald Carbonell<sup>7,8</sup>, Bence Viola<sup>9</sup>, Janet Kelso<sup>1</sup>, Kay Prüfer<sup>1</sup> & Svante Pääbo<sup>1</sup>

430.000 ans  
750.000 ans



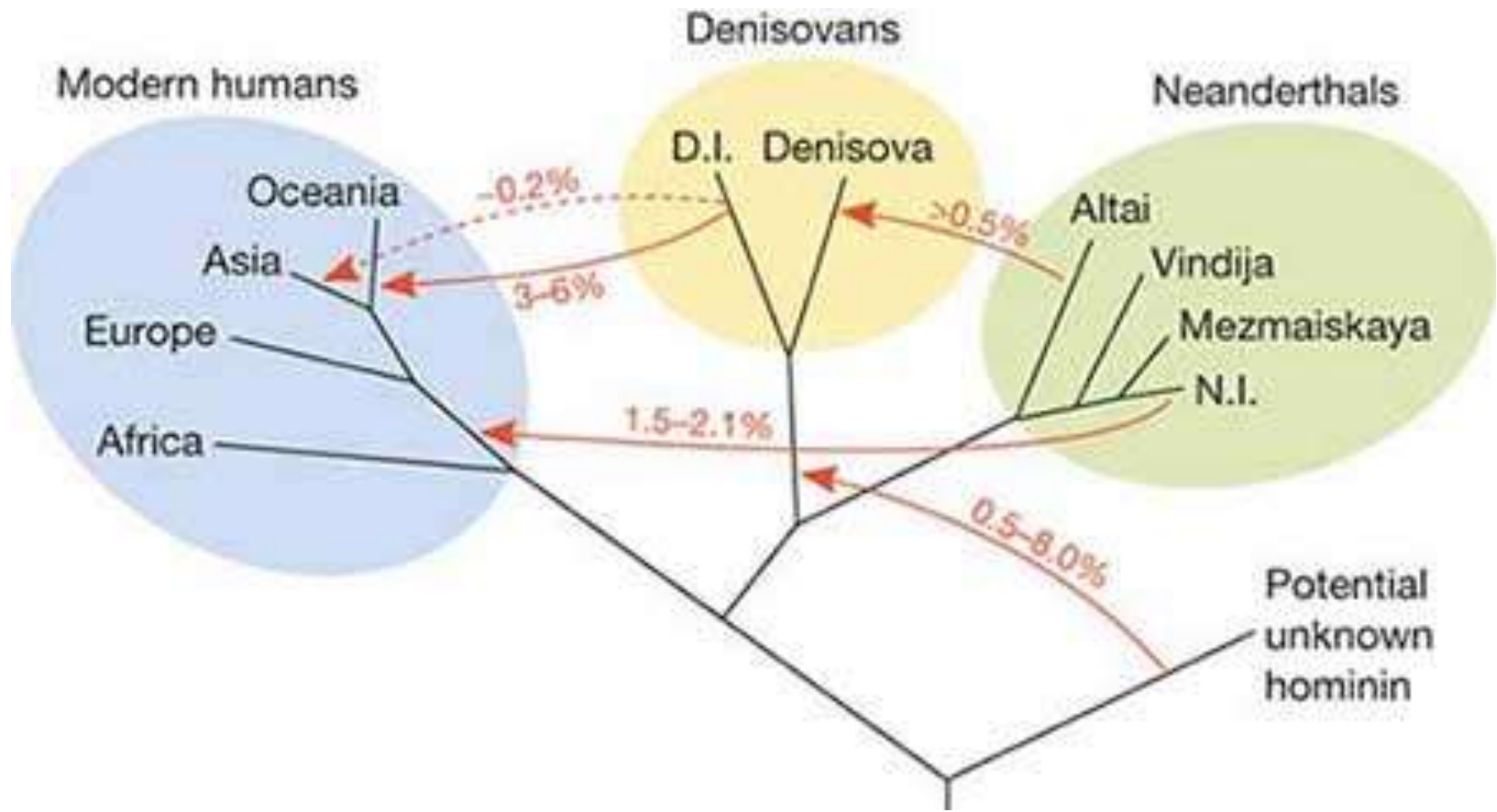




## Métissage vu dans les génomes

Lalueza-Fox, C. & Gilbert, T., *Curr. Biol*, 2011

# Métissage vu dans les génomes



# EUROPE

Néandertaliens

# ASIE

Dénisoviens

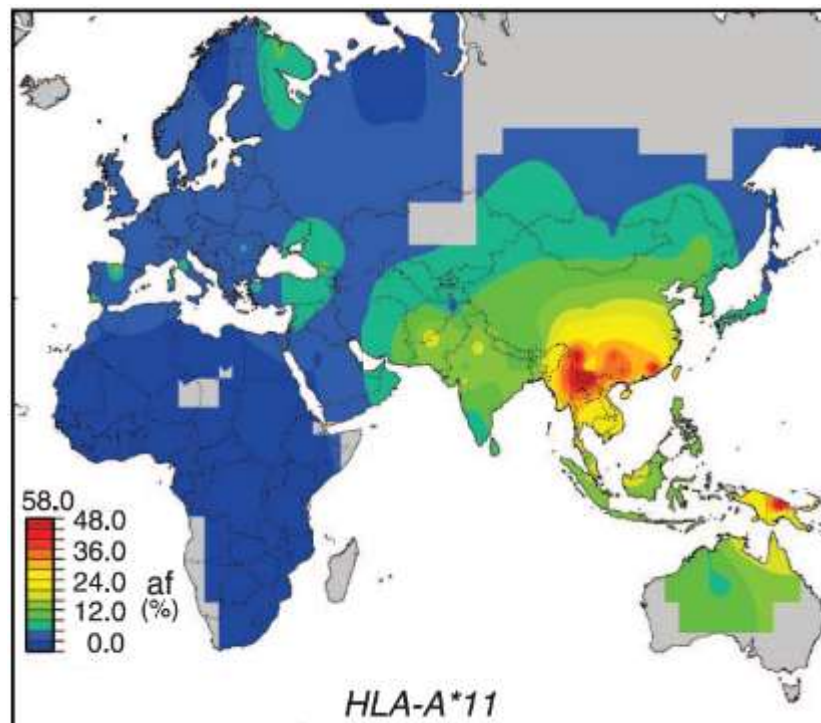


Les ancêtres de différentes populations actuelles ont « capturé » certains variants de gènes leur conférant un avantage sélectif dans leur environnement

# Conséquences positives pour les humains actuels du métissage avec le Néandertalien

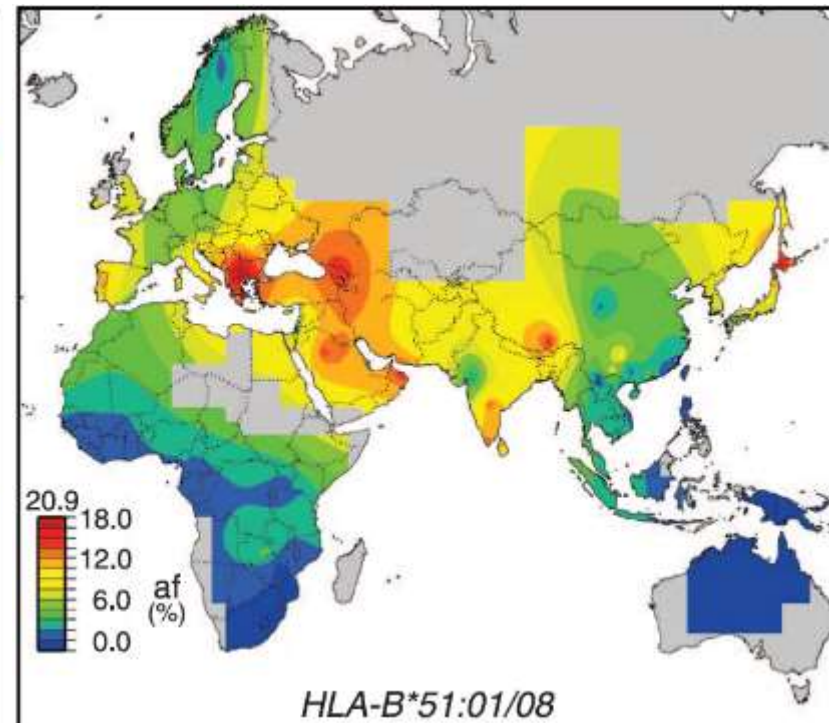
Certains variants des gènes néandertaliens permettaient une meilleure adaptation à l'environnement

- Variants néanderthaliens/dénisoviens de protéines du système HLA (antigène majeur d'histocompatibilité) : reconnaissance de pathogènes



Allèle sapiens d'origine Dénisovienne

Allèle sapiens d'origine Néandertalienne



*Abi-Rached et al., 2011*

# Conséquences positives pour les humains actuels du métissage avec le Néandertalien

Certains variants des gènes néandertaliens permettaient une meilleure adaptation à l'environnement

- Variants néanderthaliens/dénisoviens de protéines du système HLA (antigène majeur d'histocompatibilité) : reconnaissance de pathogènes (*Abi-Rached et al, 2011*)
- 3 gènes agissant ensemble afin de réguler l'expression d'un récepteur « toll-like » à la surface de cellules sanguines blanches rendant la réponse immunitaire plus performante → meilleure défense contre des infections (parasites, bactéries, champignons) (*Deschamps et al, 2016; Dannemann et al, 2016*)

# Conséquences positives pour les humains actuels du métissage avec le Néandertalien

Lors de leurs migrations, les humains anatomiquement modernes étaient exposés à des pathogènes nouveaux

Ils ont rencontré des populations (néandertaliennes et dénisoviennes) qui étaient parfaitement adaptées à leur environnement après une longue histoire évolutive

Les humains anatomiquement modernes ont « capturé » aux populations néandertaliennes et dénisoviennes leurs allèles performants, ce qui leur a donné un avantage qui a été sélectionné

# Conséquences négatives pour les humains actuels du métissage avec le Néandertalien

Un système immunitaire très actif peut être délétère dans un environnement où on ne rencontre que rarement des parasites, comme c'est le cas dans le monde industrialisé

➔ maladies autoimmunes, inflammations, allergies

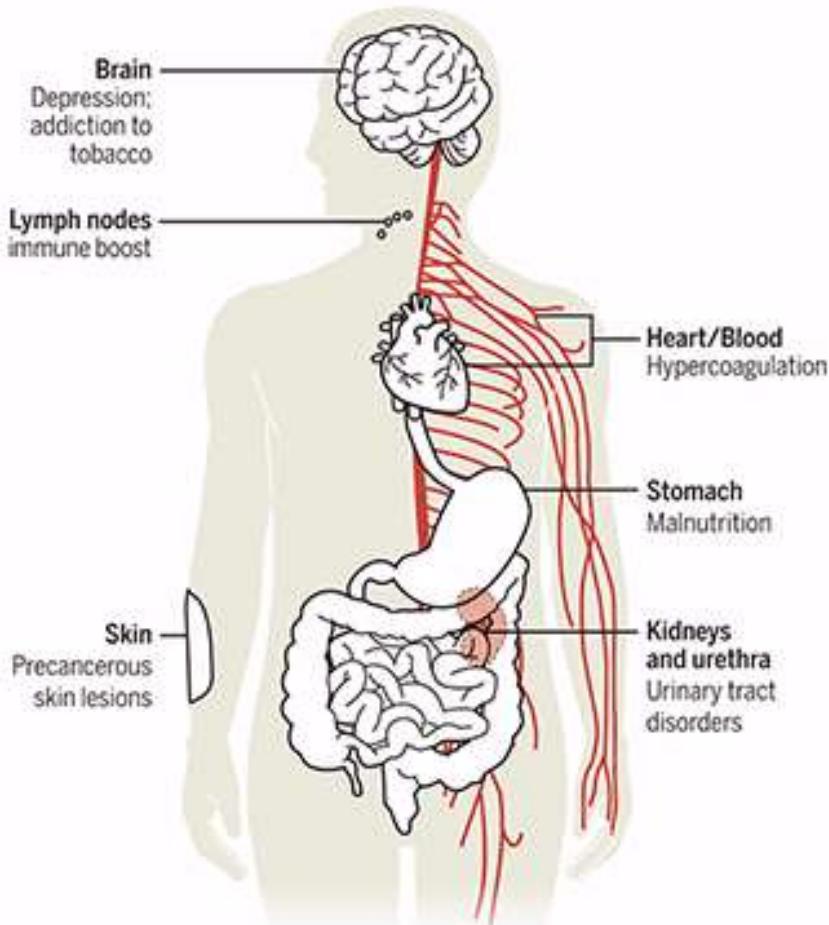
➔ La plupart des variants « capturés » ont dû avoir procuré un avantage au Pléistocène supérieur – mais peuvent poser un problème aujourd'hui avec notre style de vie actuel

# Conséquences négatives pour les humains actuels du métissage avec le Néandertalien

HUMAN GENOMICS

## Neandertals' hidden legacy

In many people today, genes inherited from Neandertals affect systems all over the body, raising the risk of certain diseases. But some Neandertal genes have beneficial effects, for example boosting the immune system.



A. Gibbons, 2016

## The phenotypic legacy of admixture between modern humans and Neandertals

Corinne N. Simonti,<sup>1</sup> Benjamin Vernot,<sup>2</sup> Lisa Bastarache,<sup>3</sup> Erwin Bottinger,<sup>4</sup> David S. Carrell,<sup>5</sup> Rex L. Chisholm,<sup>6</sup> David R. Crosslin,<sup>2,5</sup> Scott J. Hebring,<sup>7</sup> Gail P. Jarvik,<sup>2,5</sup> Iftikhar J. Kullo,<sup>8</sup> Rongling Li,<sup>9</sup> Jyotishman Pathak,<sup>10\*</sup> Marylyn D. Ritchie,<sup>11,12</sup> Dan M. Roden,<sup>1,3,13,14</sup> Shefali S. Verma,<sup>11</sup> Gerard Tromp,<sup>15,16</sup> Jeffrey D. Prato,<sup>3</sup> William S. Bush,<sup>17</sup> Joshua M. Akey,<sup>2†</sup> Joshua C. Denny,<sup>1,3,13†</sup> John A. Capra<sup>1,3,18,19‡</sup>

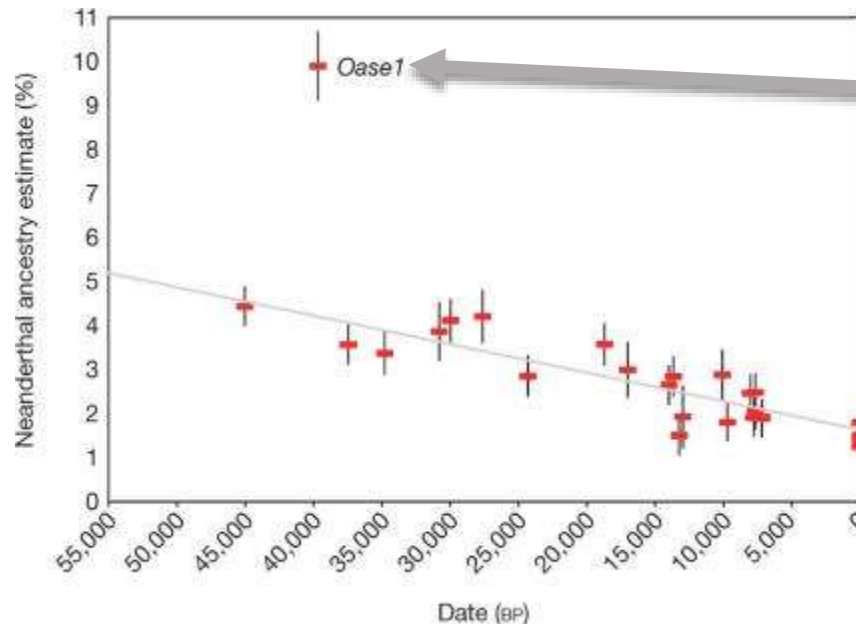
Certains variants des gènes néandertaliens augmentent le risque pour le développement de certaines maladies:

- **Dépressions** dues au manque de lumière
- **Lésions de la peau précancérogène** (adaptation au climat il y a 50.000 ans?)
- **Coagulation** rapide du sang (prévient la mort lors de l'accouchement?)
- **Transport de vitamin B1** (inutile avec un régime riche en viande et fruits à coque) résultant en malnutrition



# L'héritage néandertalien

L'ascendance néandertalienne diminue au cours du temps



Au cours des derniers 30.000 ans, la part du génome d'origine néandertalienne a décru de manière continue de 3 – 6% à ca. 2% suggérant l'action d'une sélection naturelle purificatrice  
→ Beaucoup de variants génétiques d'origine néanderthalienne semblent avoir un effet négatif

*Fu et al, 2016*

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe



## ARTICLE

doi:10.1038/nature17993

## The genetic history of Ice Age Europe

Qiaomei Fu<sup>1,2,3</sup>, Cosimo Posth<sup>4,5\*</sup>, Mateja Hajdinjak<sup>3\*</sup>, Martin Petr<sup>3</sup>, Swapan Mallick<sup>2,6,7</sup>, Daniel Fernandes<sup>8,9</sup>, Anja Furtwängler<sup>4</sup>, Wolfgang Haak<sup>5,10</sup>, Matthias Meyer<sup>3</sup>, Alissa Mittnik<sup>4,5</sup>, Birgit Nickel<sup>3</sup>, Alexander Peltzer<sup>4</sup>, Nadin Rohland<sup>2</sup>, Viviane Slon<sup>3</sup>, Sahra Talamo<sup>11</sup>, Iosif Lazaridis<sup>2</sup>, Mark Lipson<sup>2</sup>, Iain Mathieson<sup>2</sup>, Stephan Schiffels<sup>5</sup>, Pontus Skoglund<sup>2</sup>, Anatoly P. Derevianko<sup>12,13</sup>, Nikolai Drozdov<sup>12</sup>, Vyacheslav Slavinsky<sup>12</sup>, Alexander Tsymbankov<sup>12</sup>, Renata Grifoni Cremonesi<sup>14</sup>, Francesco Mallegni<sup>15</sup>, Bernard Gély<sup>16</sup>, Eligio Vacca<sup>17</sup>, Manuel R. González Morales<sup>18</sup>, Lawrence G. Straus<sup>18,19</sup>, Christine Neugebauer-Maresch<sup>20</sup>, Maria Teschler-Nicola<sup>21,22</sup>, Silviu Constantin<sup>23</sup>, Oana Teodora Moldovan<sup>24</sup>, Stefano Benazzi<sup>11,25</sup>, Marco Peresani<sup>26</sup>, Donato Coppola<sup>27,28</sup>, Martina Lari<sup>29</sup>, Stefano Ricci<sup>30</sup>, Annamaria Ronchitelli<sup>30</sup>, Frédérique Valentin<sup>31</sup>, Corinne Thevenet<sup>32</sup>, Kurt Wehrberger<sup>33</sup>, Dan Grigorescu<sup>34</sup>, Hélène Rougier<sup>35</sup>, Isabelle Crevecoeur<sup>36</sup>, Damien Flas<sup>37</sup>, Patrick Semal<sup>38</sup>, Marcello A. Mannino<sup>11,39</sup>, Christophe Cupillard<sup>40,41</sup>, Hervé Bocherens<sup>42,43</sup>, Nicholas J. Conard<sup>43,44</sup>, Katerina Harvati<sup>43,45</sup>, Vyacheslav Moiseyev<sup>46</sup>, Dorothee G. Drucker<sup>42</sup>, Jiri Svoboda<sup>47,48</sup>, Michael P. Richards<sup>11,49</sup>, David Caramelli<sup>29</sup>, Ron Pinhasi<sup>8</sup>, Janet Kelso<sup>3</sup>, Nick Patterson<sup>6</sup>, Johannes Krause<sup>4,5,43</sup>§, Svante Pääbo<sup>3</sup>§ & David Reich<sup>2,6,7</sup>§

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

Current Biology  
Report

CellPress

## Pleistocene Mitochondrial Genomes Suggest a Single Major Dispersal of Non-Africans and a Late Glacial Population Turnover in Europe

Cosimo Posth,<sup>1,26,\*</sup> Gabriel Renaud,<sup>2</sup> Alissa Mitnik,<sup>1,3</sup> Dorothée G. Drucker,<sup>4</sup> Héliène Rougier,<sup>5</sup> Christophe Cupillard,<sup>6,7</sup> Frédérique Valentin,<sup>8</sup> Corinne Thevenet,<sup>9</sup> Anja Furtwängler,<sup>1</sup> Christoph Wübing,<sup>4</sup> Michael Francken,<sup>10</sup> Maria Malina,<sup>11</sup> Michael Bolus,<sup>11</sup> Martina Lari,<sup>12</sup> Elena Gigli,<sup>12</sup> Giulia Capecchi,<sup>13</sup> Isabelle Crevecoeur,<sup>14</sup> Cédric Beauval,<sup>15</sup> Damien Flas,<sup>16</sup> Mietje Germonpré,<sup>17</sup> Johannes van der Plicht,<sup>18,19</sup> Richard Cottiaux,<sup>9</sup> Bernard Gély,<sup>20</sup> Annamaria Ronchitelli,<sup>13</sup> Kurt Wehrberger,<sup>21</sup> Dan Grigorescu,<sup>22</sup> Jiri Svoboda,<sup>23,24</sup> Patrick Semal,<sup>17</sup> David Caramelli,<sup>12</sup> Hervé Bocherens,<sup>4,25</sup> Katerina Harvati,<sup>10,25</sup> Nicholas J. Conard,<sup>25,26</sup> Wolfgang Haak,<sup>3,27</sup> Adam Powell,<sup>3,\*</sup> and Johannes Krause<sup>1,3,25,\*</sup>



Diffusion rapide en Europe d'une population sortant d'Afrique il y a moins de 55.000 ans

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

Current Biology  
Report

CellPress

## Pleistocene Mitochondrial Genomes Suggest a Single Major Dispersal of Non-Africans and a Late Glacial Population Turnover in Europe

Cosimo Posth,<sup>1,26,\*</sup> Gabriel Renaud,<sup>2</sup> Alissa Mitnik,<sup>1,3</sup> Dorothée G. Drucker,<sup>4</sup> Héliène Rougier,<sup>5</sup> Christophe Cupillard,<sup>6,7</sup> Frédérique Valentin,<sup>8</sup> Corinne Thevenet,<sup>9</sup> Anja Furtwängler,<sup>1</sup> Christoph Wübing,<sup>4</sup> Michael Francken,<sup>10</sup> Maria Malina,<sup>11</sup> Michael Bolus,<sup>11</sup> Martina Lari,<sup>12</sup> Elena Gigli,<sup>12</sup> Giulia Capecchi,<sup>13</sup> Isabelle Crevecoeur,<sup>14</sup> Cédric Beauval,<sup>15</sup> Damien Flas,<sup>16</sup> Mietje Germonpré,<sup>17</sup> Johannes van der Plicht,<sup>18,19</sup> Richard Cottiaux,<sup>9</sup> Bernard Gély,<sup>20</sup> Annamaria Ronchitelli,<sup>13</sup> Kurt Wehrberger,<sup>21</sup> Dan Grigorescu,<sup>22</sup> Jiri Svoboda,<sup>23,24</sup> Patrick Semal,<sup>17</sup> David Caramelli,<sup>12</sup> Hervé Bocherens,<sup>4,25</sup> Katerina Harvati,<sup>10,25</sup> Nicholas J. Conard,<sup>25,26</sup> Wolfgang Haak,<sup>3,27</sup> Adam Powell,<sup>3,\*</sup> and Johannes Krause<sup>1,3,25,\*</sup>



Remplacement de populations à la fin de la dernière glaciation il y a ~14.500 ans

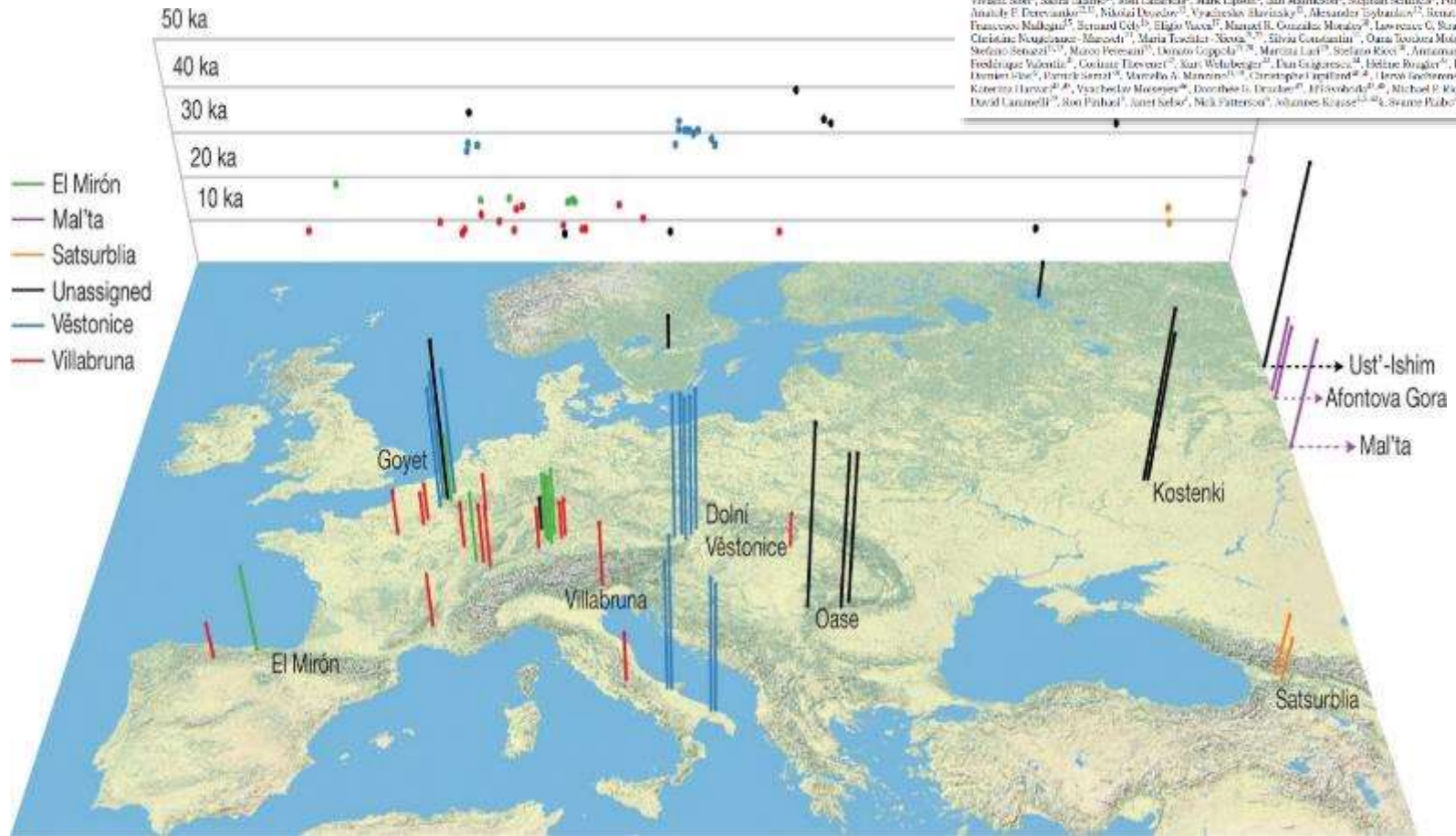
# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

ARTICLE

doi:10.1098/rstb.2017.0095

## The genetic history of Ice Age Europe

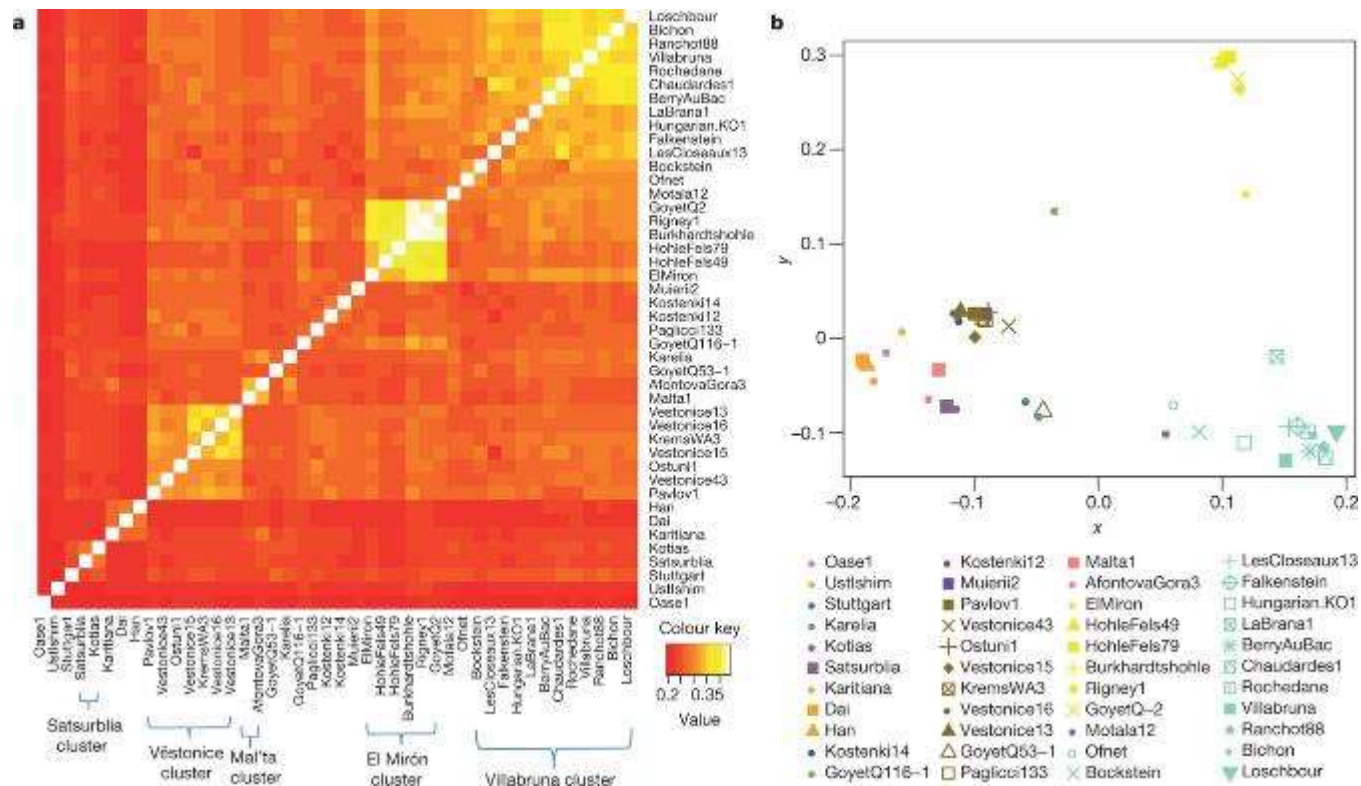
Qiyang Fan<sup>1,2</sup>, Geirfinn Tosth<sup>1,2\*</sup>, Marija Hajdinjak<sup>3</sup>, Martin Petr<sup>4</sup>, Srećko Matić<sup>1,2,5</sup>, Tomislav Berniković<sup>6</sup>, Anja Fuhrberg<sup>7</sup>, Wolfgang Haak<sup>1,2,8</sup>, Martina Šteger<sup>9</sup>, Alina Milea<sup>10</sup>, Bernd Nickel<sup>11</sup>, Alexander Palaia<sup>12</sup>, Nadia Bolintin<sup>13</sup>, Václav Švihel<sup>14</sup>, Saku Tamm<sup>15</sup>, Josif Lantieri<sup>16</sup>, Mark Lipson<sup>17</sup>, Jan Malniković<sup>18</sup>, Srećko Stanić<sup>19</sup>, Daria Stojanović<sup>20</sup>, Anahit F. Derenjanik<sup>21</sup>, Nikolai Davelos<sup>22</sup>, Vjaceslav Slavitsky<sup>23</sup>, Alexander Gylshøj<sup>24</sup>, Berna Grigori Constantin<sup>25</sup>, Francisco Malaguán<sup>26</sup>, Bernard Celis<sup>27</sup>, Elgiya Vavak<sup>28</sup>, Muzaf H. González Morales<sup>29</sup>, Lawrence G. Stearns<sup>30,31</sup>, Christian Nussbaumer-Marcovici<sup>32</sup>, Maria Toivola-Nava<sup>33</sup>, Silviu Constantin<sup>34</sup>, Oana Teodora Motokovan<sup>35</sup>, Stefano Bernasconi<sup>36</sup>, Marco Petroni<sup>37</sup>, Dorotea Coppola<sup>38</sup>, Martina Lari<sup>39</sup>, Stefano Ricci<sup>40</sup>, Annamaria Bonifelli<sup>41</sup>, Fredrik Valentin<sup>42</sup>, Corina Fleckenstein<sup>43</sup>, Sam Welbinger<sup>44</sup>, Dan Guggenmos<sup>45</sup>, Hélène Rougier<sup>46</sup>, Iuliana Cretoveanu<sup>47</sup>, Damien Lasc<sup>48</sup>, Elvira Szalai<sup>49</sup>, Marcello A. Mannoni<sup>50</sup>, Christophe Lestifard<sup>51</sup>, Ileana Iancușanu<sup>52</sup>, Nicholai I. Ivanov<sup>53,54</sup>, Katerina Harvati<sup>55</sup>, Vera Pavlovna Mironova<sup>56</sup>, Dorothea H. Denzler<sup>57</sup>, Mirko Novak<sup>58,59</sup>, Michael P. Richards<sup>60</sup>, David Lennell<sup>61</sup>, Rolf Fühler<sup>62</sup>, Anet Selvar<sup>63</sup>, Nick Patterson<sup>64</sup>, Johannes Krause<sup>65,66</sup>, Svante Pääbo<sup>67</sup> & David Reich<sup>68,69</sup>



Sites et âges de 51 humains de type moderne dont le génome a été séquencé

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

Analyse de 390.000 à 3.7 millions SNPs par hybridation de pools de sondes d'oligonucléotides de 52 pb synthétisés préalablement



# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

Les premiers humains anatomiquement modernes étant arrivés en Europe ont laissé peu de matériel génétique dans les génomes des Européens actuels (déduit des génomes d'Ust-Ishim et Oase1 représentant des cul-de-sacs)



# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

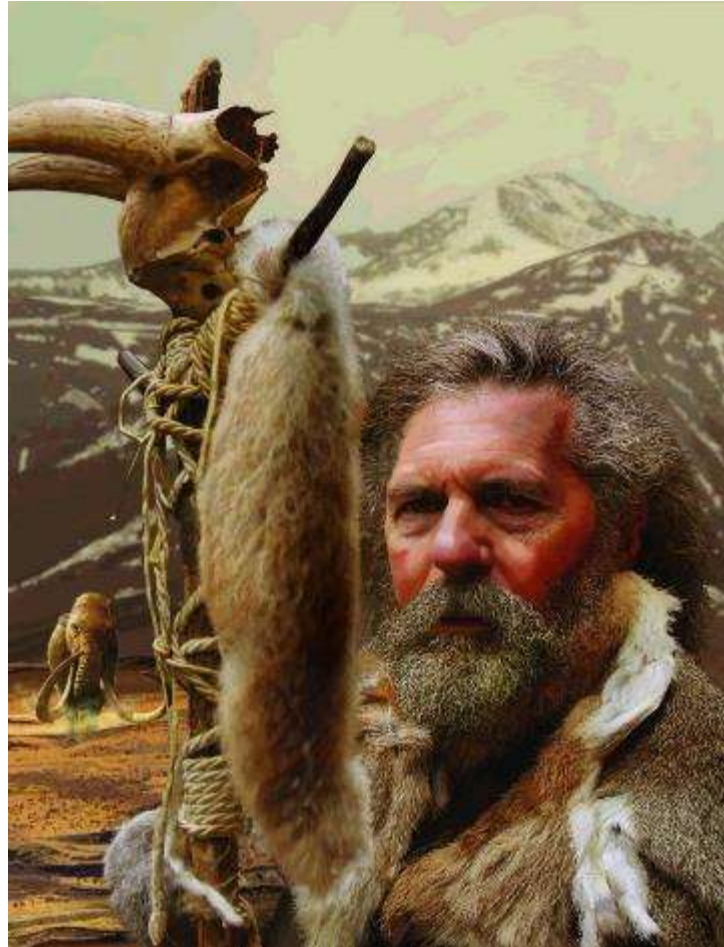
La population de la culture Gravettienne déplaça la population de la culture Aurignacienne entre il y a 34.000 et 26,000 ans





# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe

Pas de changements en composition de la population  
Entre il y a 37.000 et 14.000 ans



cheveux, peau foncés  
yeux marrons

Impression d'un humain de  
l'Âge des Glaces.

Crédit: Stefano Ricci

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe



La population fondatrice d'Europe s'est retirée sur la péninsule ibérique pendant le dernier maximum de glaciation (25 – 19.000 ans).



# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe



La population fondatrice d'Europe s'est retirée sur la péninsule ibérique pendant le dernier maximum de glaciation (25 – 19.000 ans).

Lors de la rétraction des glaciers, l'Europe a été repeuplée à partir de l'Europe du sud-ouest

# L'histoire génétique de l'Âge des glaces en Europe



La population fondatrice d'Europe s'est retirée sur la péninsule ibérique pendant le dernier maximum de glaciation (25 – 19.000 ans).

Lors de la rétraction des glaciers, l'Europe a été repeuplée à partir de l'Europe du sud-ouest

Lors d'un deuxième événement il y a ca. 14.000 ans, les populations de l'Europe de sud-est se sont répandus en Europe et ont déplacé les premiers groupes humains



A partir d'il y a 14.000 ans, le phénotype « peau foncée + yeux bleus » commença à se répandre en Europe parmi les populations et la culture mésolithique émergea. Cette population resta en place jusqu'à l'arrivée de la culture néolithique.

# Analyse paléogénomique

## LETTER

doi:10.1038/nature12673

### Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans

## LETTER

doi:10.1038/nature14817

### Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe

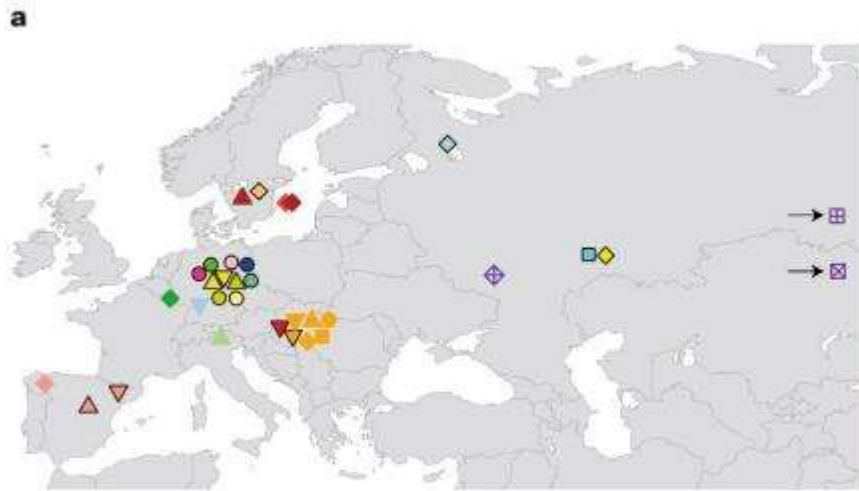
Wolfgang Haak<sup>1\*</sup>, Josif Lazaridis<sup>2,3\*</sup>, Nick Patterson<sup>2</sup>, Nadim Rohland<sup>2,3</sup>, Swapan Mallick<sup>2,3,4</sup>, Bastien Llamas<sup>1</sup>, Guido Brandt<sup>2</sup>, Susanne Nordenfalk<sup>2,3</sup>, Eadaoin Harney<sup>2,5,6</sup>, Kristin Stewardson<sup>2,5,6</sup>, Qiaomei Fu<sup>2,5,6,7</sup>, Alissa Mittnik<sup>8</sup>, Eszter Bánffy<sup>9,10</sup>, Christos Economou<sup>11</sup>, Michael Francken<sup>12</sup>, Susanne Friederich<sup>13</sup>, Rafael Garrido Pena<sup>14</sup>, Fredrik Hallgren<sup>15</sup>, Valery Khartanovich<sup>16</sup>, Aleksandr Khokhlov<sup>17</sup>, Michael Kunst<sup>18</sup>, Pavel Kaznetsov<sup>17</sup>, Harald Meller<sup>19</sup>, Oleg Mochalov<sup>17</sup>, Vyacheslav Moiseyev<sup>16</sup>, Nicole Nicklisch<sup>3,13,19</sup>, Sandra L. Pichler<sup>20</sup>, Roberto Risch<sup>21</sup>, Manuel A. Rojo Guerra<sup>22</sup>, Christina Roth<sup>3</sup>, Anna Szécsényi Nagy<sup>23</sup>, Joachim Wahl<sup>24</sup>, Matthias Meyer<sup>6</sup>, Johannes Krause<sup>9,13,24</sup>, Dorcas Brown<sup>6</sup>, David Anthony<sup>25</sup>, Alan Cooper<sup>1</sup>, Kurt Werner Alt<sup>3,13,19,26</sup> & David Reich<sup>2,3,4</sup>

## ARTICLE

doi:10.1038/nature14507

### Population genomics of Bronze Age Eurasia

Morten E. Allentoft<sup>1\*</sup>, Martin Sikora<sup>1,2</sup>, Karl-Göran Sjögren<sup>3</sup>, Simon Rasmussen<sup>1</sup>, Morten Rasmussen<sup>1</sup>, Jesper Stenderup<sup>1</sup>, Peter B. Damgaard<sup>1</sup>, Hannes Schroeder<sup>1,4</sup>, Torbjörn Ahlström<sup>5</sup>, Lasse Vinner<sup>1</sup>, Anna-Sapfo Malaspinas<sup>1</sup>, Ashok Mangrulkar<sup>1</sup>, Tom Higham<sup>1</sup>, David Chaval<sup>6</sup>, Niels Lynnerup<sup>7</sup>, Lise Harvig<sup>8</sup>, Justyna Baroń<sup>9</sup>, Philippe Della Casa<sup>9</sup>, Paweł Dobrowolski<sup>10</sup>, Paul R. Duffy<sup>11</sup>, Alexander V. Ebel<sup>12</sup>, Andrey Epimachov<sup>13</sup>, Karín Fret<sup>14</sup>, Mirosław Furmanek<sup>15</sup>, Tomasz Gralak<sup>16</sup>, Andrey Gromov<sup>17</sup>, Stanisław Gronkiewicz<sup>18</sup>, Gisela Grube<sup>19</sup>, Tomáš Hajdu<sup>20</sup>, Radosław Jarysz<sup>21</sup>, Václav Kliment<sup>22</sup>, Alexander Klyachko<sup>23</sup>, Aleksandr Klyachko<sup>24</sup>, Viljóría Kári<sup>25</sup>, Jan Kulháň<sup>26</sup>, Ágvar Kristján<sup>27</sup>, Jereñi László<sup>28</sup>, Ursula Longhi<sup>29</sup>, George McGivern<sup>30</sup>, Alkmanas Merkeliatas<sup>31</sup>, Inga Merzlye<sup>32</sup>, Mair Mesplert<sup>33</sup>, Ruzan Mkrtchyan<sup>34</sup>, Vyacheslav Moiseyev<sup>35</sup>, Jacsó Pál<sup>36</sup>, György Pálfi<sup>37</sup>, Dalia Pokorna<sup>38</sup>, Lukasz Pospieszczyński<sup>39</sup>, T. Douglas Price<sup>40</sup>, Lehti Saag<sup>41</sup>, Michail Sablin<sup>42</sup>, Natalia Shishenina<sup>43</sup>, Václav Smrčka<sup>44</sup>, Vasilii I. Sosnko<sup>45</sup>, Vali Szeverényi<sup>46</sup>, Gábor Szűcs<sup>47</sup>, Szymon V. Tritanova<sup>48</sup>, Liub Vardi<sup>49</sup>, Magdolna Vekzer<sup>50</sup>, Levon Yepiskoposyan<sup>51</sup>, Vladislav Zhizhenov<sup>52</sup>, Ludovic Orlando<sup>53</sup>, Thomas Scherzer<sup>54</sup>, Pontus F. Fonstad<sup>55</sup>, Bevan Brumby<sup>56</sup>, Rasmus Nielsen<sup>57</sup>, Kristian Kristiansen<sup>58</sup> & Eske Willerslev<sup>1</sup>



Time (ky cal)	Group	West	Central	East
0.9	Iron Age			■ Hungary IA (1)
1.1	Late Bronze Age		● Halberstadt (1)	● Hungary BA (2)
2.2–1.6	Early Bronze Age		○ Unetice (8)	
2.5–2.2	Late Neolithic		● Alberstedt (1) ● Benzigerode-Heimbürg (3) ● Bell Beaker (6) ● Karsdorf (1) ● Corded Ware (4)	
3.3–2.7	Late Copper Age (steppe)			▲ Hungary CA (1) ■ Yamnaya (9) ◆ Sweden NHG (3) ▲ Sweden MN (1)
4–3	Mid Neolithic	▲ La Mina (4)	▲ Iceman (1) ▲ Esperstedt (1) ▲ Baalberge (3)	
6–5.5	Early Neolithic	▼ Els Trocs (5)	▲ Stuttgart (1) ▼ LBK (12)	▼ LBKT (1) ▲ Hungary EN (8) ▼ Starcevo (1)
6–4.6	Holocene hunter-gatherer	◆ La Brenat (1)	◆ Loschbour (1)	◆ Sweden MHG (1) ◆ Karolia (1) ● Hungary HG (1) ◆ Motala (7) ◆ Samara (1)
43–22	Pleistocene hunter-gatherer			■ MA1 (1) ◆ Kostenki 14 (1) ■ Lis-Ischim (1)

# Comparaison de ces génomes anciens avec des génomes d'individus actuels

Analyse en composante principale (ACP)

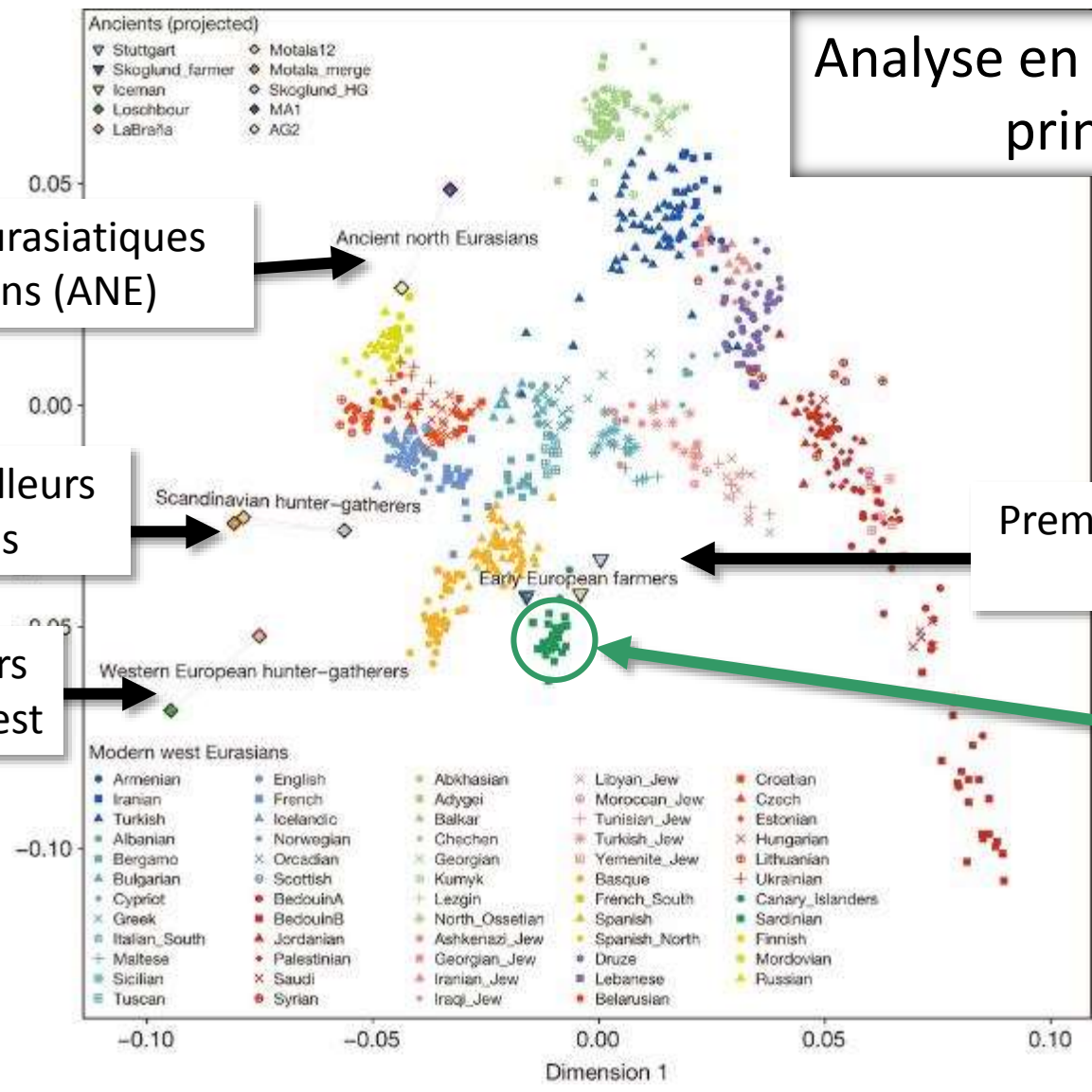
Nord-Eurasiatiques anciens (ANE)

Chasseurs-cueilleurs scandinaves

Premiers agriculteurs européens

Chasseurs-cueilleurs de l'Europe de l'Ouest

Sardes



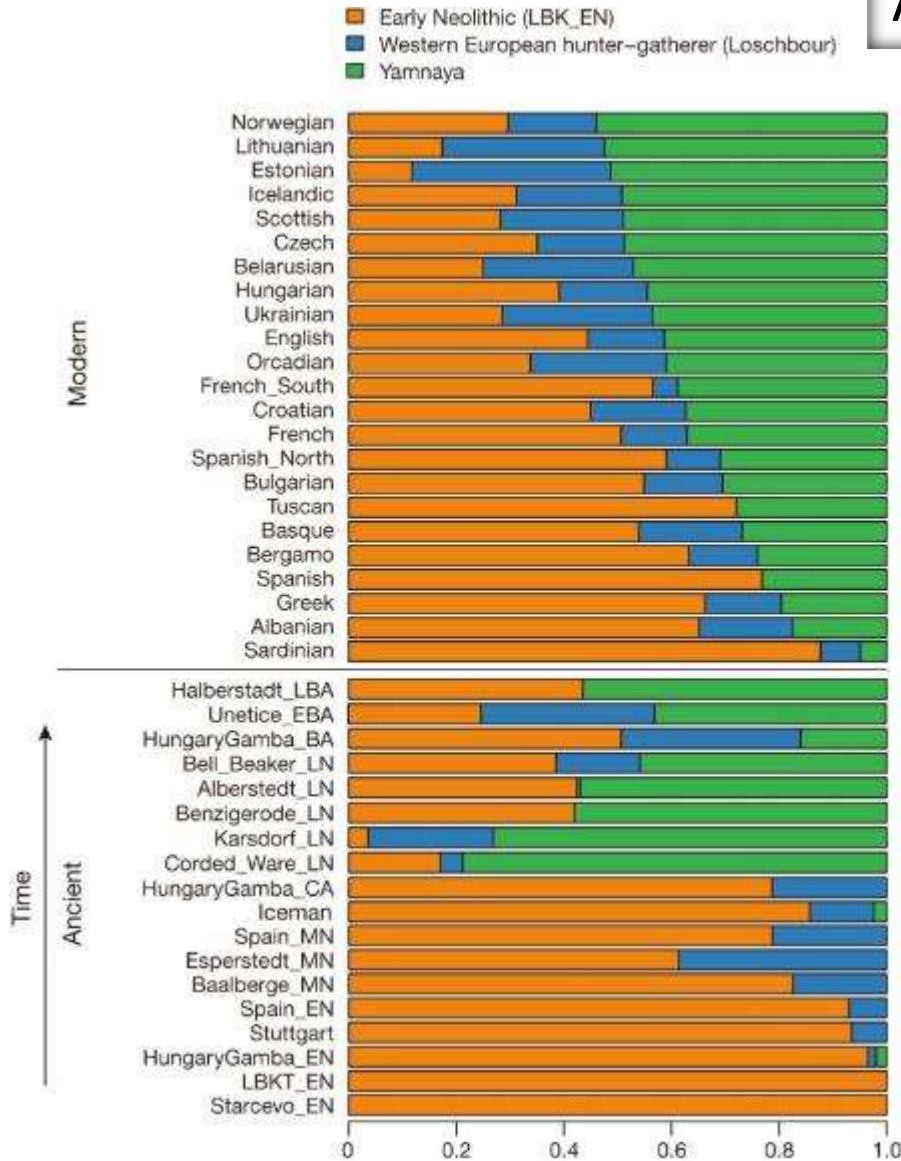
# Proportions de métissage

Analyse STRUCTURE

Portion Europe de l'Ouest mésolithique

Portion Asie du Sud-Ouest néolithique

Portion Caucase



Populations modernes

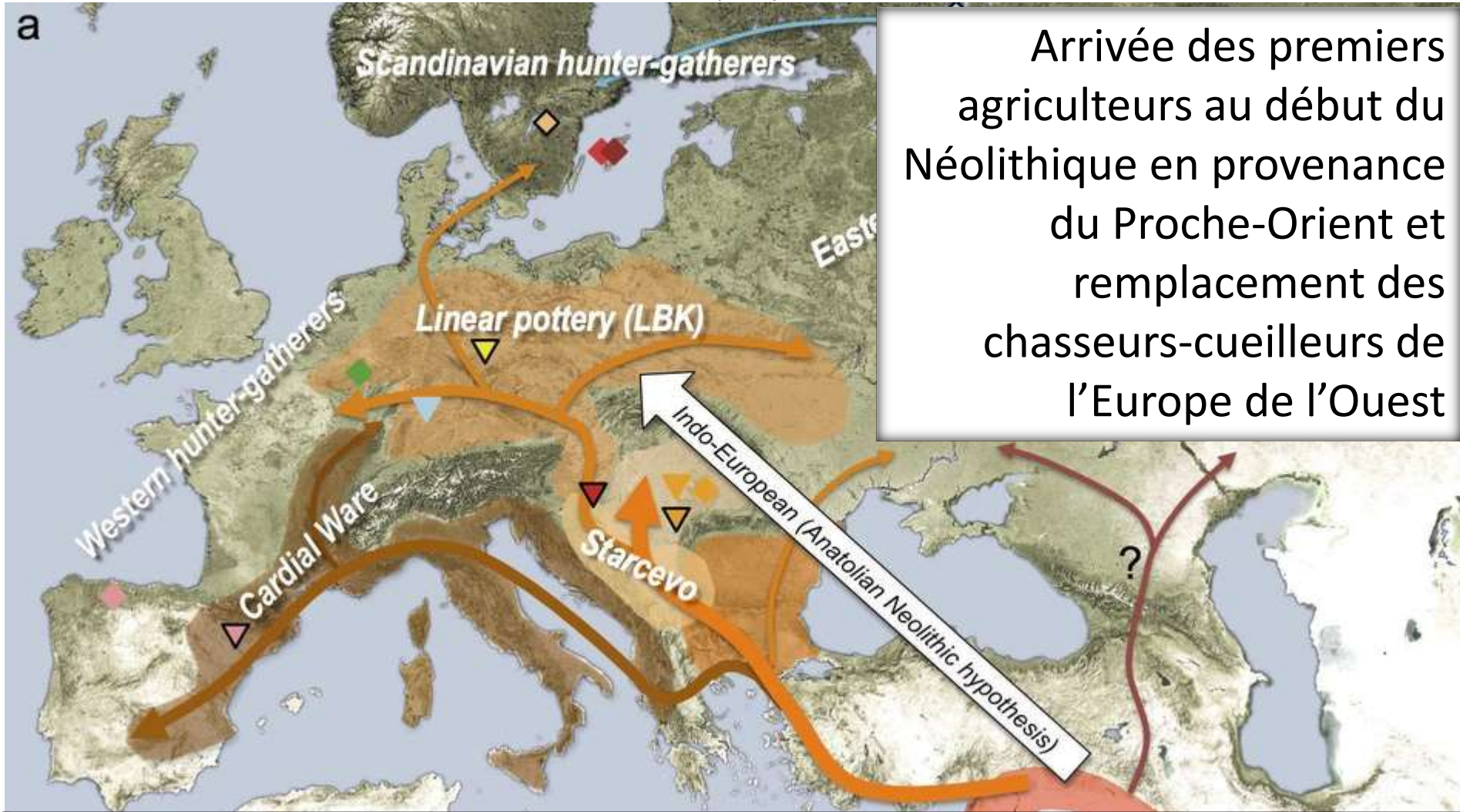
Néolithique récent et Age du Bronze

Néolithique ancien et moyen



# Routes de migration des premiers agriculteurs néolithiques

W Haak et al. Nature 000, 1-5 (2015) doi:10.1038/nature14317

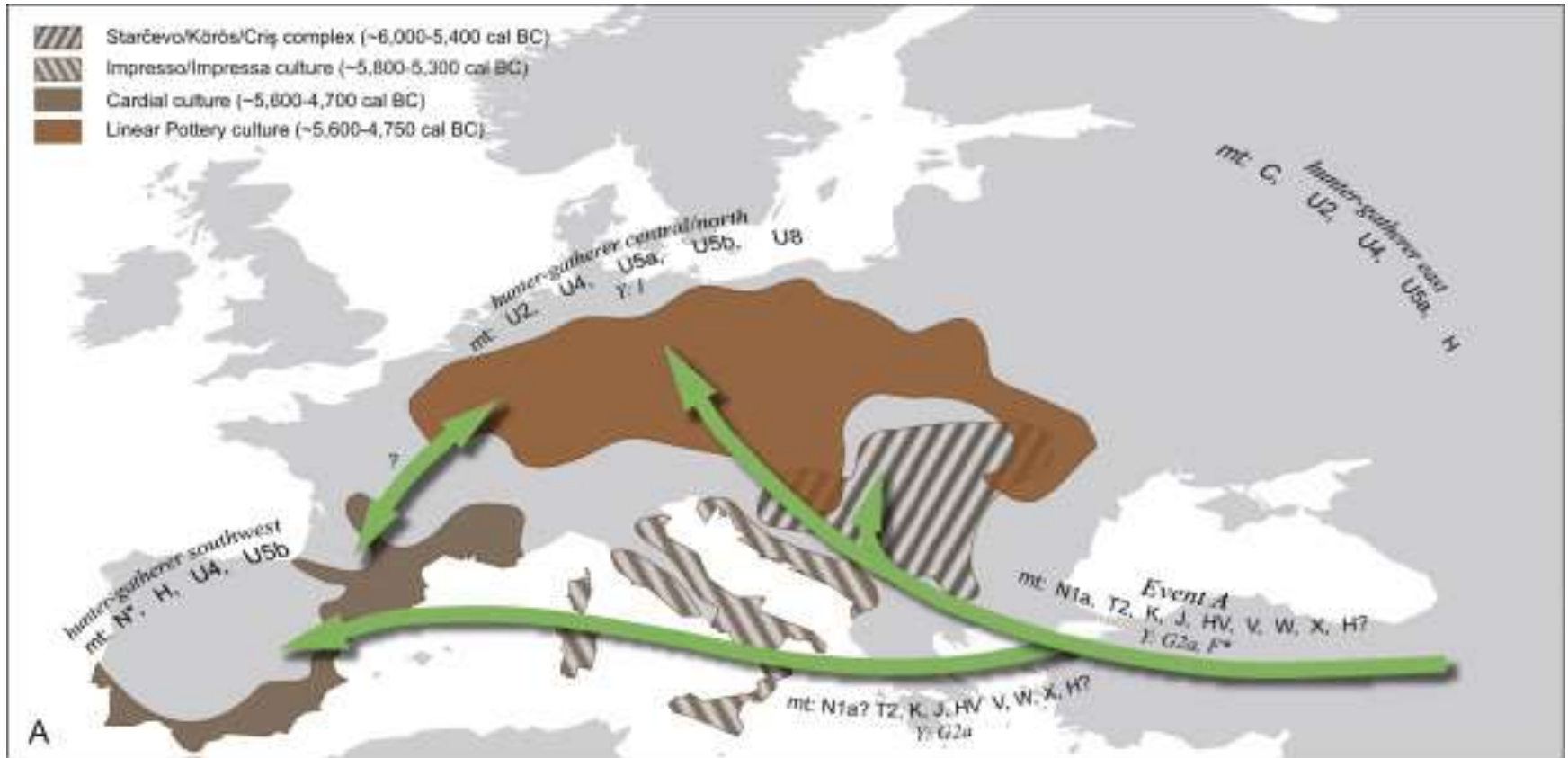


Arrivée des premiers agriculteurs au début du Néolithique en provenance du Proche-Orient et remplacement des chasseurs-cueilleurs de l'Europe de l'Ouest

**Néolithique ancien >5500 av n.e.**

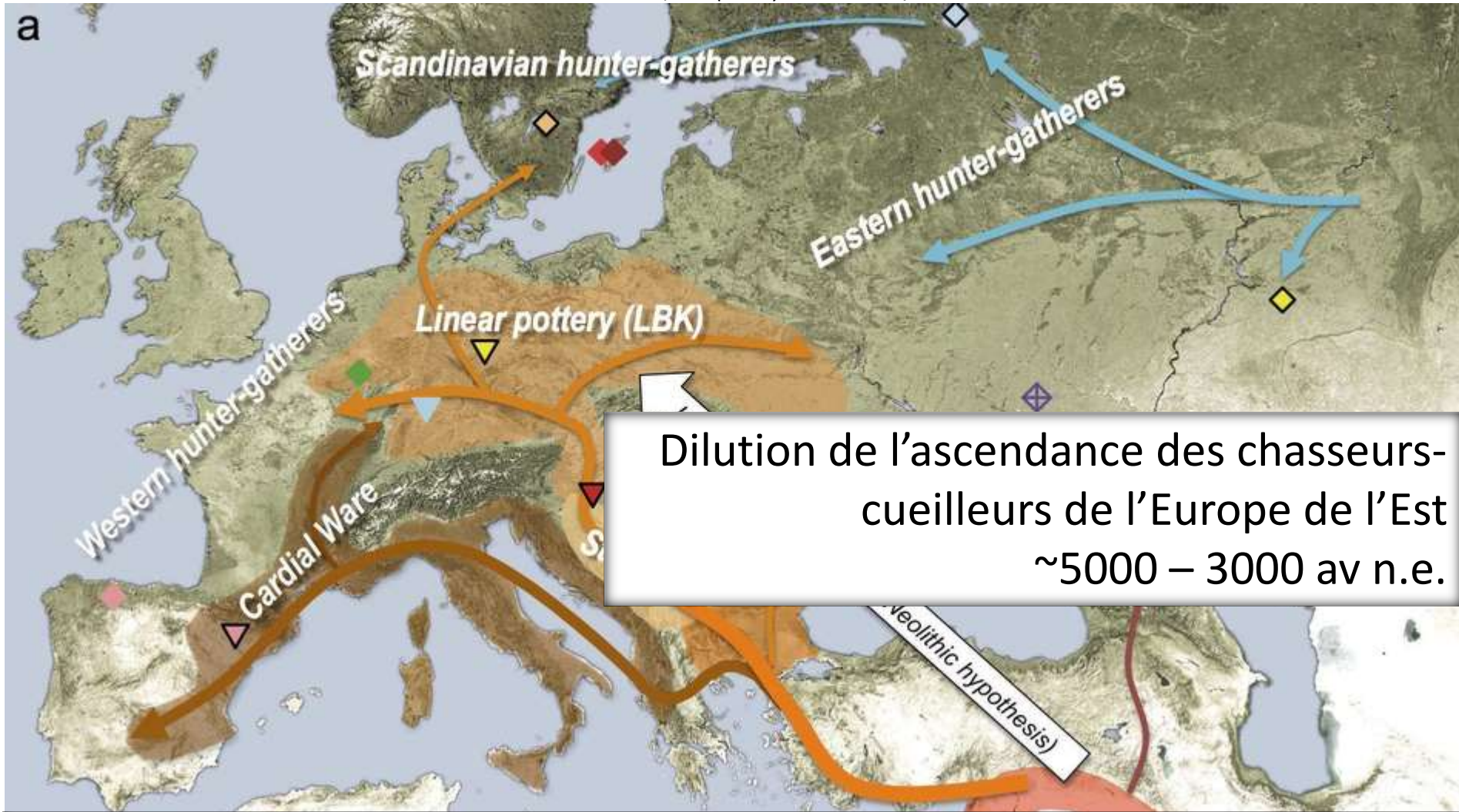
La fleche blanche indique le scenario anatolien de l'arrivée de la langue indo-européenne

# Routes de migration des premiers agriculteurs néolithiques



# Routes de migration des premiers agriculteurs néolithiques

W Haak et al. Nature 000, 1-5 (2015) doi:10.1038/nature14317

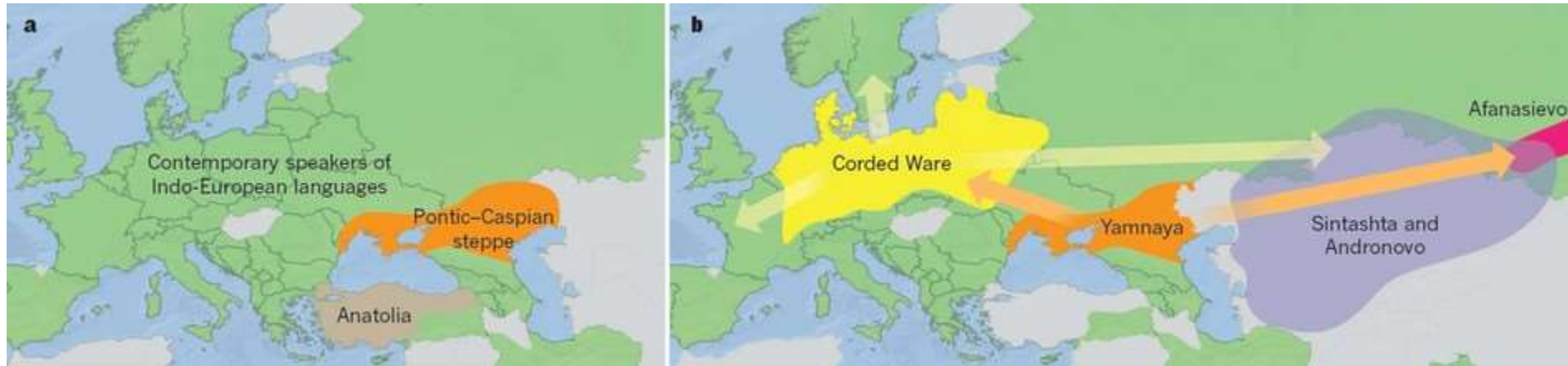


## Néolithique ancien >5500 av n.e.

La fleche blanche indique le scenario anatolien de l'arrivée de la langue indo-européenne



# La diffusion de la langue indo-européenne



Les données paléogénomiques attestant d'une migration massive des populations des steppes vers l'Europe centrale à l'âge du Bronze semblent coïncider avec un scénario linguistique qui ferait remonter l'expansion des langues indoeuropéennes à cette époque ce qui a emmené l'hypothèse que cette langue serait originaire des steppes

LETTER

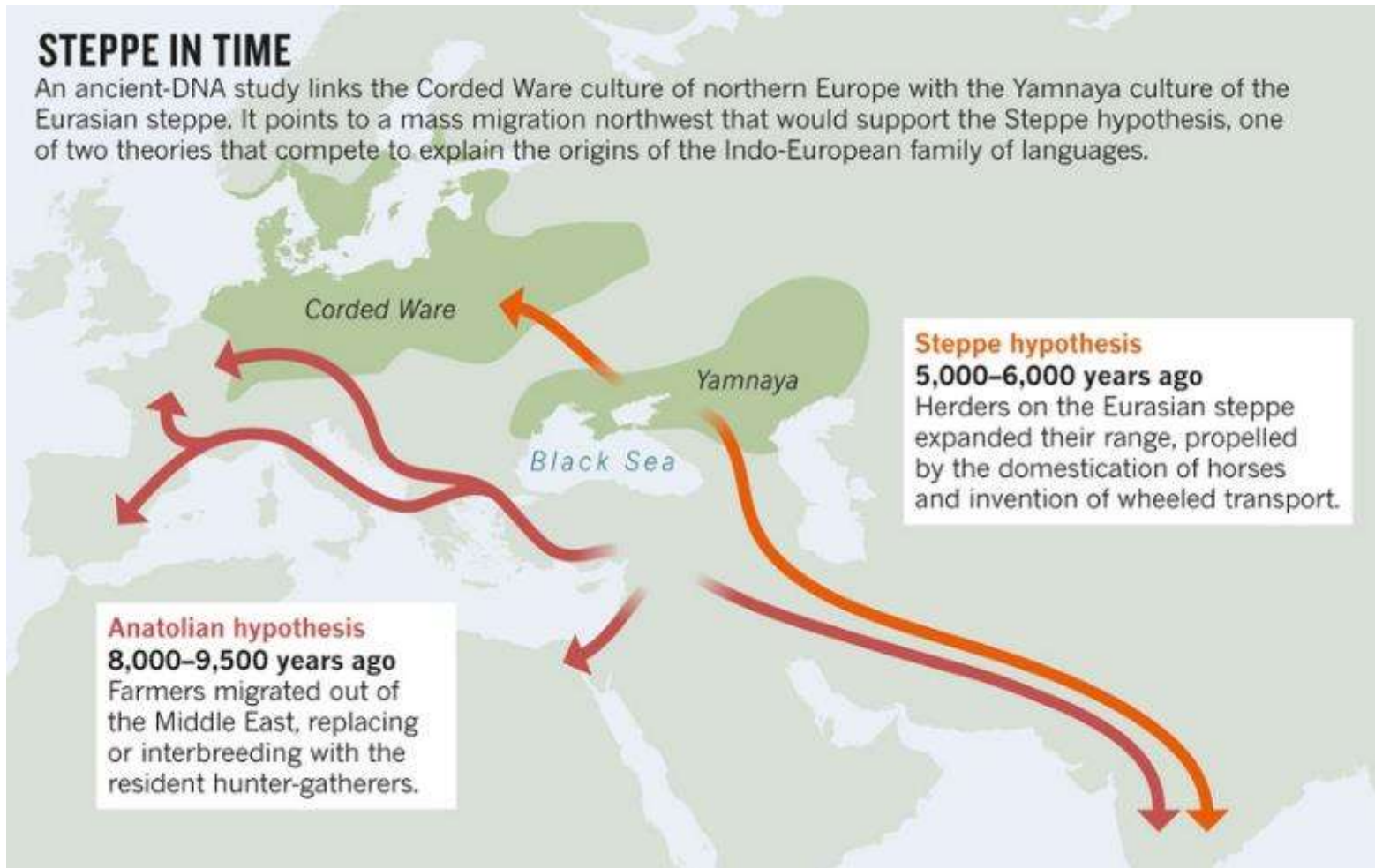
doi:10.1038/nature14517

## Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe

Wolfgang Haak<sup>1</sup>, Geert Laner<sup>1,2,3,4</sup>, Nick Patterson<sup>1</sup>, Nadia Rohland<sup>2,4</sup>, Svante Pääbo<sup>2,4,5</sup>, Bastien Llamas<sup>6</sup>, Guido Brandt<sup>7</sup>, Susanne Nieschlag<sup>1,2</sup>, Jassem Hamaoui<sup>2,3,4</sup>, Kristin Sorensen<sup>2,3,4</sup>, Qasimul Hossain<sup>2,3,4</sup>, Akhmed Mikhrin<sup>8</sup>, Jorjol Hombal<sup>2,3,4</sup>, Christos Economou<sup>2,3</sup>, Michael Francken<sup>2,3</sup>, Susanne Friederich<sup>2,3</sup>, Rafael Garrido Pena<sup>2,3</sup>, Fredrik Hallgrímsson<sup>2,3</sup>, Valeri Kharanovich<sup>2,3</sup>, Aleksandr Khokhlov<sup>2,3</sup>, Michael Runko<sup>2,3</sup>, Pavel Ruzhnikov<sup>2,3</sup>, Ilia Ilić<sup>2,3</sup>, Olga Mocheva<sup>2,3</sup>, Vasiliyev Kobayev<sup>2,3</sup>, Miroslav Krkovic<sup>2,3,4,5,6,7</sup>, Jennifer L. Hillier<sup>2,3</sup>, Robert Koch<sup>2,3</sup>, Manuel A. Reyes-Ordóñez<sup>2,3</sup>, Christina Koch<sup>2,3</sup>, Anne Teasdale<sup>2,3,4,5,6,7</sup>, Joachim Wahl<sup>2,3</sup>, Marietas Mexas<sup>2,3,4</sup>, Johannes Krause<sup>2,3,4</sup>, Dorcas Brown<sup>2,3</sup>, David Anthony<sup>2,3</sup>, Alan Cooper<sup>2,3</sup>, Kim Swisher III<sup>2,3,4,5,6,7</sup> & David Reich<sup>2,3,4</sup>

# La diffusion de la langue indo-européenne

## 2 hypothèses



## Early Divergent Strains of *Yersinia pestis* in Eurasia 5,000 Years Ago

Simon Rasmussen,<sup>1,2</sup> Morten Erik Albert,<sup>1,3,4</sup> Kasper Nielsen,<sup>1</sup> Ludovic Orlando,<sup>5</sup> Martin Sikora,<sup>6</sup> Karl-Göran Sjögren,<sup>6</sup> Anders Götherström,<sup>7</sup> Mikkel Schubert,<sup>8</sup> Alex Van Dam,<sup>9</sup> Christian Molin-Olesen Kappel,<sup>9</sup> Henrik Bjørn Nielsen,<sup>9</sup> Søren Brunak,<sup>3</sup> Pavel Aveltyan,<sup>10</sup> Andrey Epimakhov,<sup>10</sup> Mikhail Viktorovich Khuyagpin,<sup>10</sup> Artak Gouzi,<sup>10</sup> Alvar Kriska,<sup>11</sup> Irene László,<sup>11</sup> Matt Mørup,<sup>12</sup> Vyacheslav Moseev,<sup>13</sup> Andrei Gromov,<sup>13</sup> Dalia Pokutina,<sup>13</sup> Leif Saeg,<sup>13</sup> Liivi Vint,<sup>13</sup> Larion Yezhovskoyan,<sup>13</sup> Thomas Stilleritz-Paulsen,<sup>14</sup> Robert A. Foley,<sup>14</sup> Marta Misaón Lehr,<sup>14</sup> Rasmus Nielsen,<sup>14</sup> Kristian Kristiansen,<sup>15</sup> and Eske Willerslev<sup>1,2,16</sup>

# La Peste en Eurasie à l'Âge du Bronze de 3.000 – 800 av. n.e.



# La Peste en Eurasie 3.000 – 800 av. n.e.

## Early Divergent Strains of *Yersinia pestis* in Eurasia 5,000 Years Ago

Simon Rasmussen,<sup>1,18</sup> Morten Erik Allentoft,<sup>2,18</sup> Kasper Nielsen,<sup>1</sup> Ludovic Orlando,<sup>2</sup> Martin Sikora,<sup>2</sup> Karl-Göran Sjögren,<sup>8</sup> Anders Gorm Pedersen,<sup>1</sup> Mikkel Schubert,<sup>2</sup> Alex Van Dam,<sup>1</sup> Christian Mollin Outzen Kapel,<sup>8</sup> Henrik Bjørn Nielsen,<sup>7</sup> Søren Brunak,<sup>1,8</sup> Pavel Avetisyan,<sup>2</sup> Andrey Epimakhov,<sup>7</sup> Mikhail Viktorovich Khalyapin,<sup>8</sup> Artak Gnuni,<sup>2</sup> Alvar Kriiska,<sup>10</sup> Irena Lasak,<sup>11</sup> Mait Metspalu,<sup>10</sup> Vyacheslav Moiseyev,<sup>18</sup> Andrei Gromov,<sup>18</sup> Dalia Pokutta,<sup>1</sup> Lehti Saag,<sup>12</sup> Lilvi Varul,<sup>10</sup> Levon Yepiskoposyan,<sup>18</sup> Thomas Sicheritz-Pontén,<sup>1</sup> Robert A. Foley,<sup>10</sup> Marta Mirazón Lahr,<sup>16</sup> Rasmus Nielsen,<sup>18</sup> Kristian Kristiansen,<sup>3</sup> and Eske Willerslev<sup>6,17,\*</sup>

*Y. pestis* retrouvée dans 7 des 101 individus analysés dans les études précédentes

- Cette souche de *Y. pestis* n'aurait causé que la peste pneumonique et non pas bubonique
- Cette souche de *Y. pestis* ne portait pas le gène qui protège le pathogène dans l'estomac de la puce permettant la diffusion rapide et efficace de la bactérie via ces insectes (et leurs « véhicules », les rats noirs »)

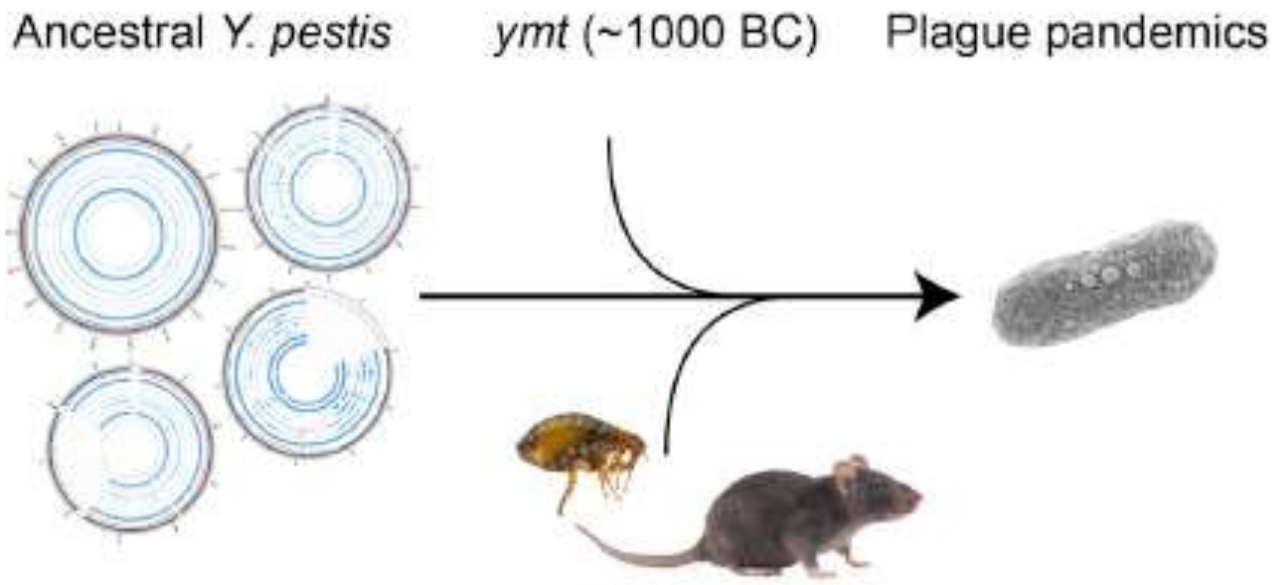




Early Divergent Strains of *Yersinia pestis* in Eurasia 5,000 Years Ago

Wang, Y. et al. 2015. Early Divergent Strains of *Yersinia pestis* in Eurasia 5,000 Years Ago. *Cell* 160: 1024-1034. doi:10.1016/j.cell.2015.03.041

# La Peste en Eurasie à l'Âge du Bronze de 3.000 – 800 av. n.e.



# La peste et les migrations

Deux hypothèses:

- Les populations Yamnayas essayaient-elles d'échapper à la peste en migrant?
- Les migrants ont-ils colonisé des régions où les autochtones ont déjà été décimés par l'épidémie?

# Le peuplement de l'Europe

- European Hunter-Gatherers
- Early European Farmers
- Ancient North Eurasians
- Chasseurs-cueilleurs du Caucase, puis nomades des steppes à l'Âge du Bronze



Il y a moins de 7.000 ans

Il y a 4.500 ans

Après la dernière glaciation

Il y a 45.000 ans

Il y a 7.000 ans



# Les pasteurs des steppes de la culture Yamnaya

Les « Yamnayas » semblent être la source de certains phénotypes européens et asiatiques:

- Persistance de la lactase chez l'adulte
- peau claire
- cheveux et yeux foncés
- grande taille

## ARTICLE

doi:10.1038/nature16152

### Genome-wide patterns of selection in 230 ancient Eurasians

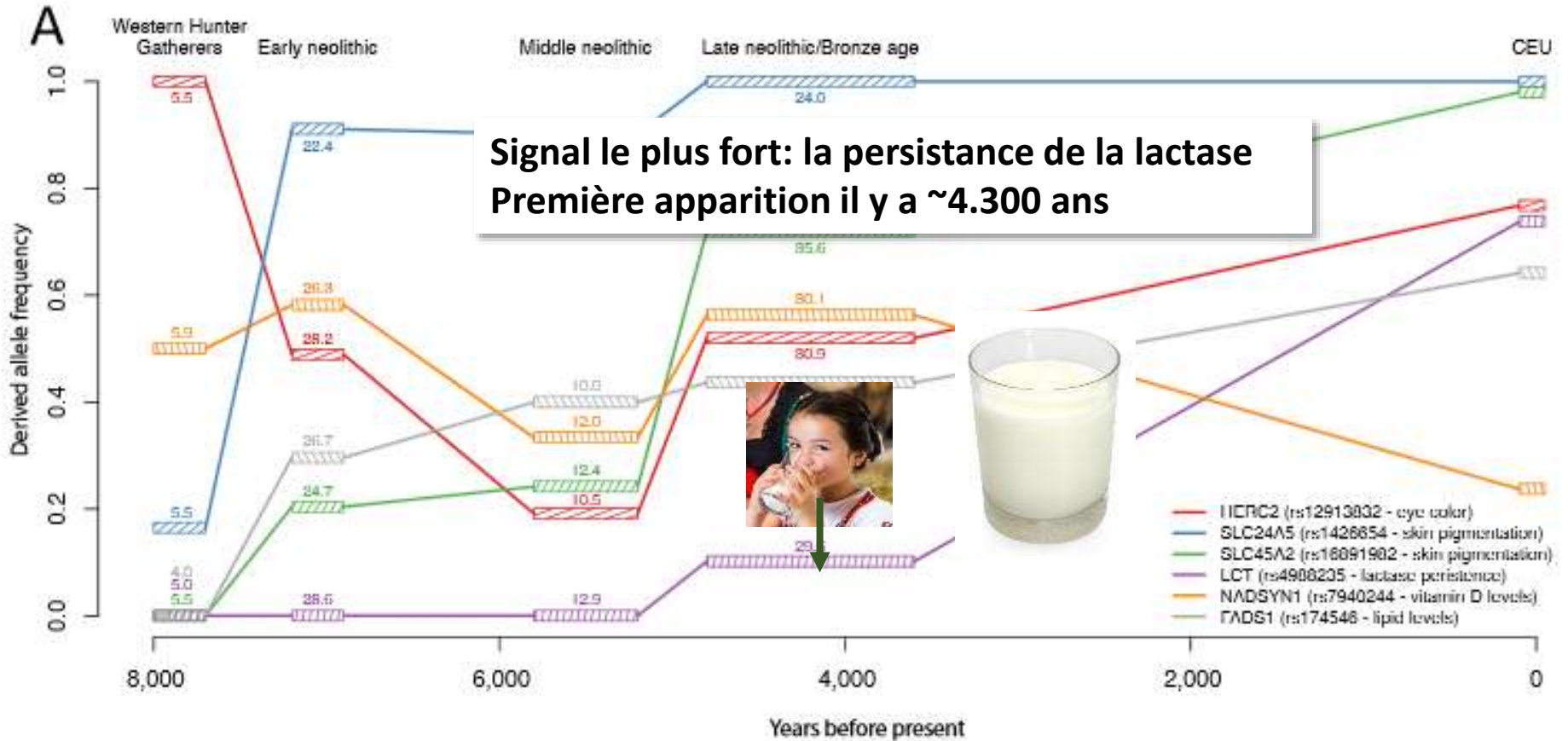
Iain Mathieson<sup>1</sup>, Josif Lazaridis<sup>1,2</sup>, Nadin Rohland<sup>1,2</sup>, Swapan Mallick<sup>1,2,7</sup>, Nick Patterson<sup>2</sup>, Songül Alpaslan Roodenberg<sup>4</sup>, Eadaoin Harney<sup>1,3</sup>, Kristin Stewardson<sup>1,3</sup>, Daniel Fernandes<sup>5</sup>, Mario Novak<sup>5,6</sup>, Kendra Sirak<sup>5,7</sup>, Cristina Gamba<sup>5,8,9</sup>, Eppie R. Jones<sup>6</sup>, Bastien Llamas<sup>9</sup>, Stanislav Dryomov<sup>10,11</sup>, Joseph Pickrell<sup>11</sup>, Juan Luis Arsuaga<sup>12,13</sup>, José María Bermúdez de Castro<sup>14</sup>, Eudald Carbonell<sup>15,16</sup>, Fokke Gerritsen<sup>17</sup>, Aleksandr Khokhlov<sup>18</sup>, Pavel Kuznetsov<sup>18</sup>, Marina Lozano<sup>15,16</sup>, Harald Meller<sup>19</sup>, Oleg Mochalov<sup>18</sup>, Vyacheslav Moiseyev<sup>20</sup>, Manuel A. Rojo Guerra<sup>21</sup>, Jacob Roodenberg<sup>22</sup>, Josep Maria Vergès<sup>15,16</sup>, Johannes Krause<sup>23,24</sup>, Alan Cooper<sup>3</sup>, Kurt W. Alt<sup>19,25,26</sup>, Dorcas Brown<sup>27</sup>, David Anthony<sup>27</sup>, Carles Lalueza-Fox<sup>28</sup>, Wolfgang Haak<sup>9,23\*</sup>, Ron Pinhasi<sup>2\*</sup> & David Reich<sup>1,2,3\*</sup>



# Sélection du phénotype au cours du temps

## Persistance de la lactase

Mathieson et al., 2015, bioRxiv

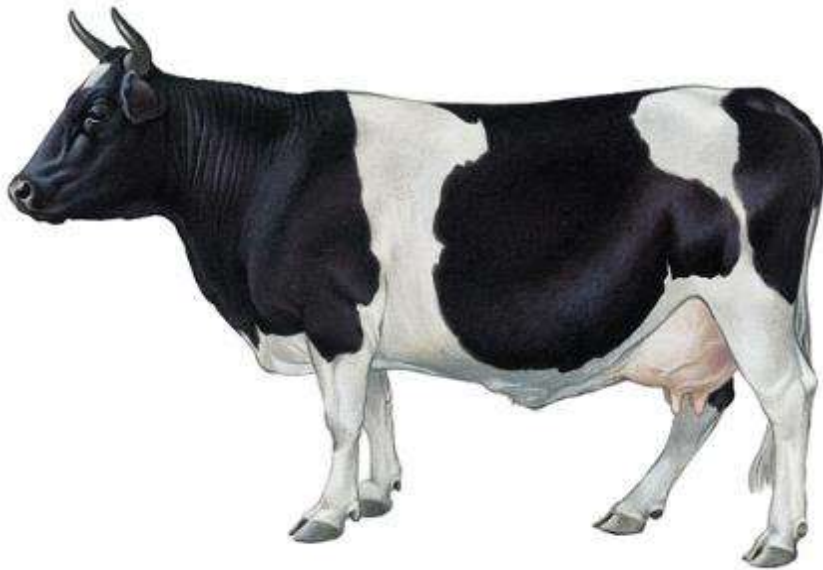


LCT (rs4988235) – persistance de la lactase

# *Sélection du phénotype au cours du temps*

## *Persistance de la lactase*

Le variant du gène permettant de digérer le lait de vache est apparu pour la première fois il y a ~4.300 ans



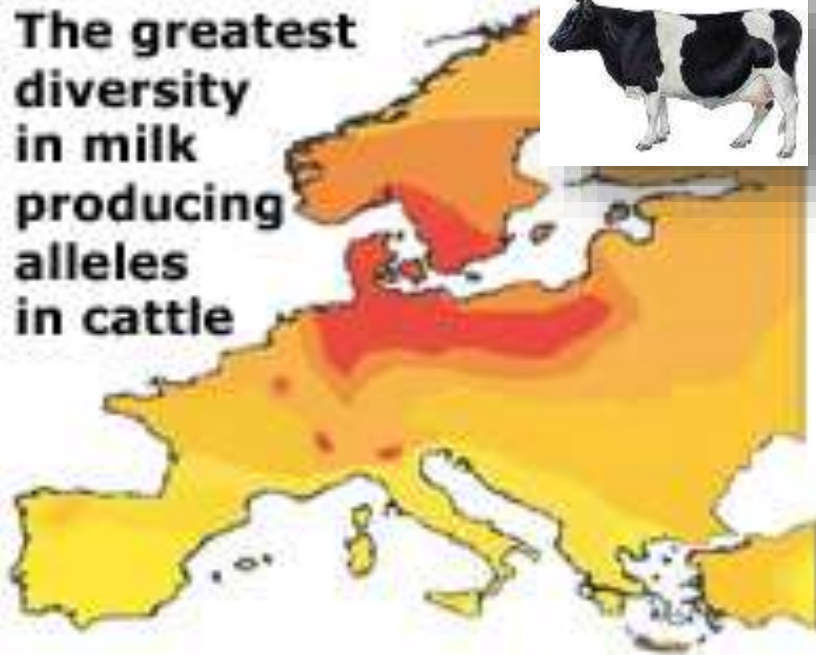
*Mathieson et al., 2015*

# *Sélection du phénotype au cours du temps*

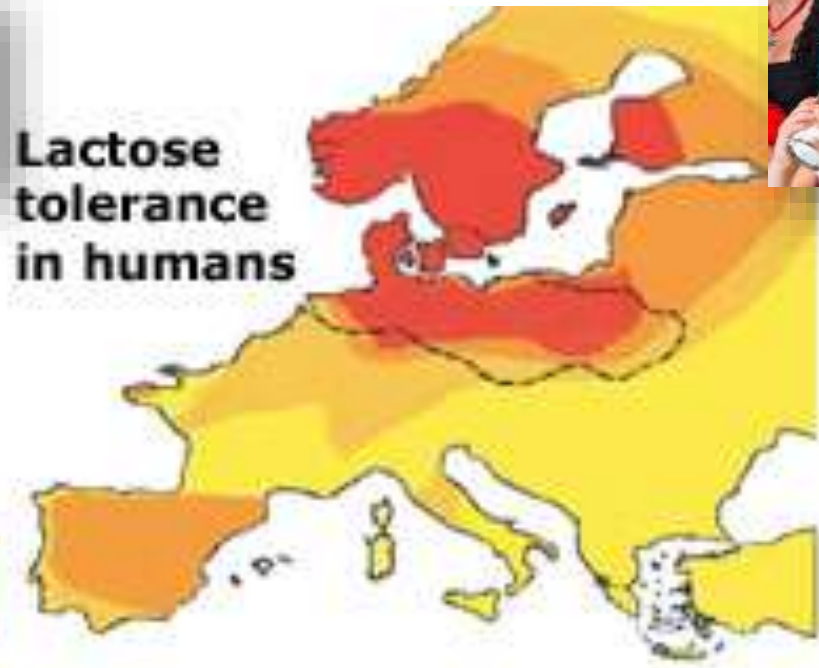
## *Persistance de la lactase*

➔ co-évolution entre animal domestiqué et population humaine conférant un avantage sélectif aux porteurs de cette mutation

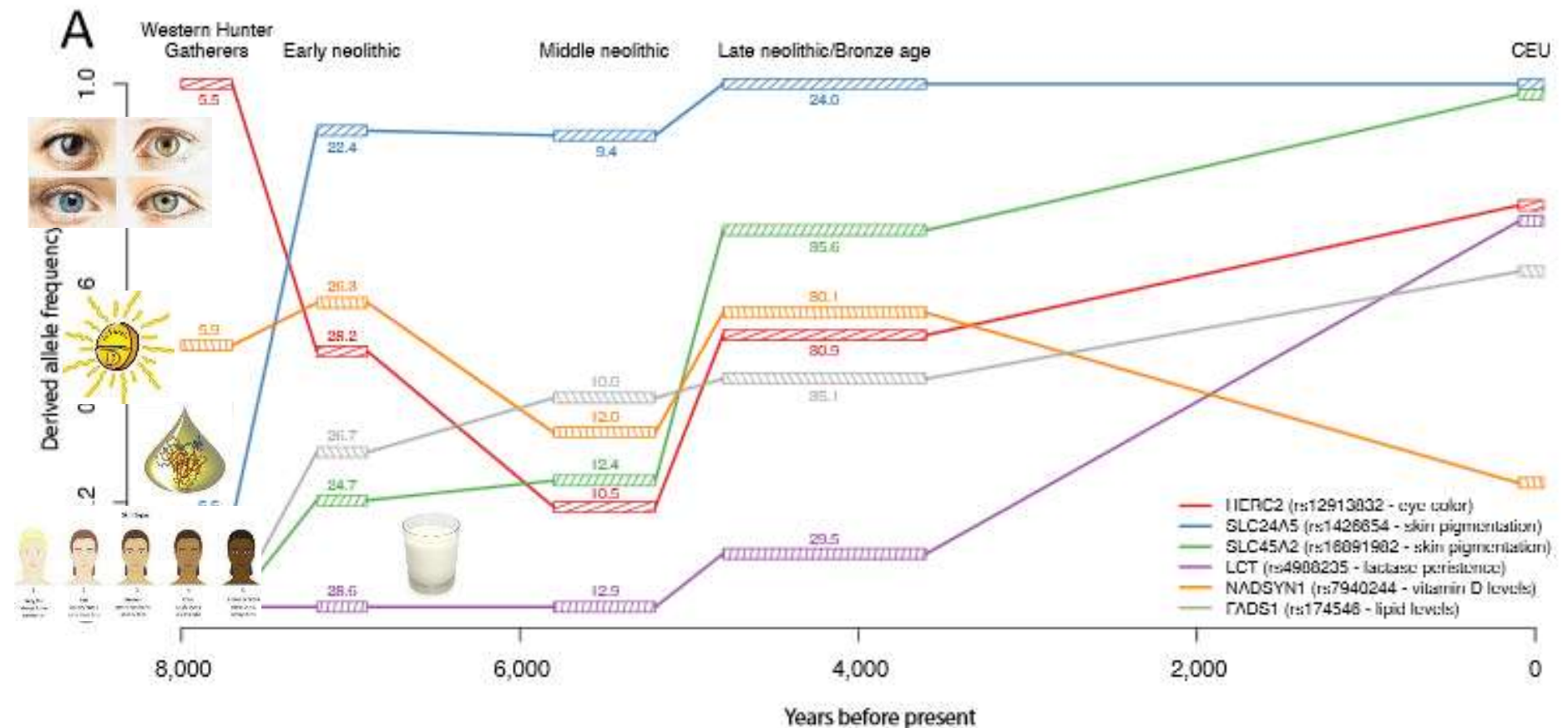
**The greatest diversity in milk producing alleles in cattle**



**Lactose tolerance in humans**



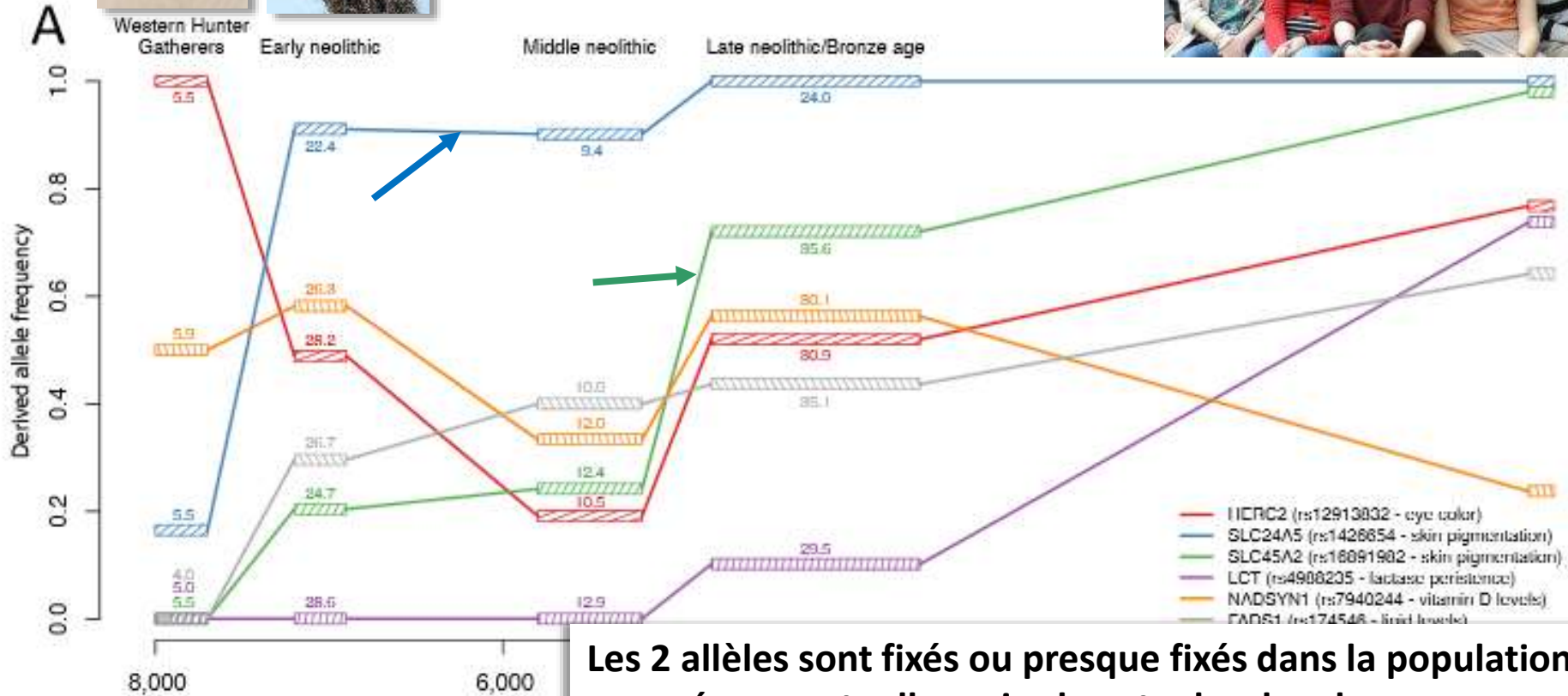
# Sélection du phénotype au cours du temps



Fréquences alléliques dérivées d'allèles montrant un signal de sélection significatif sur l'ensemble du génome au cours du temps

Mathieson et al, 2015





Les 2 allèles sont fixés ou presque fixés dans la population européenne actuelle mais absents chez les chasseurs-cueilleurs européens qui avaient la peau foncée

SLC24A5 (rs1426654) et SLC45A2 (rs16891982)  
couleur de la peau