

Parait que t'es de la famille ?



Cyril Langlois

Primates et rameau humain

Préparation à l'Agrégation SV-STU

Février 2011

Révision : 15/02/2011



Sources bibliographiques

Ouvrages et articles en français

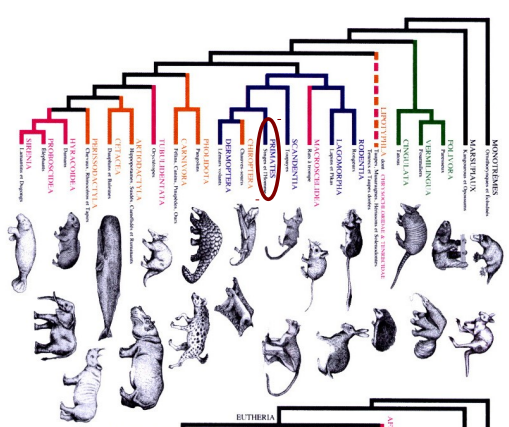
- ✓ CRUBEZY E., BRAGA J. et G. LARROUY, *Anthropologie*, Masson, 2002.
- ✓ COPPENS Y. et P. PICOQ, *Aux origines de l'Humanité*, Fayard, 1998.
- ✓ De BONIS, *La famille de l'Homme*, Belin-Pour la Science, 1999
- ✓ LANGLOIS C., *L'évolution du rameau humain*, Bulletin de l'APBG n°2, 2004
- ✓ PICOQ P., *Une évolution buissonnante*, *Pour la Science* 300, octobre 2000
- ✓ *La recherche* n° 377, Juillet - août 2004
- ✓ *La recherche* dossier spécial n°24, août 2006 : Néandertal, enquête sur une disparition.
- ✓ *Pour la Science*, dossier spécial *Les origines de l'humanité*, janvier 1999
- ✓ *Pour la Science*, dossier spécial *Sur la trace de nos ancêtres*, octobre 2007
- ✓ LECOINTRE G. (dir.), *Guide critique de l'Évolution*, Belin, 2009

Sites Internet

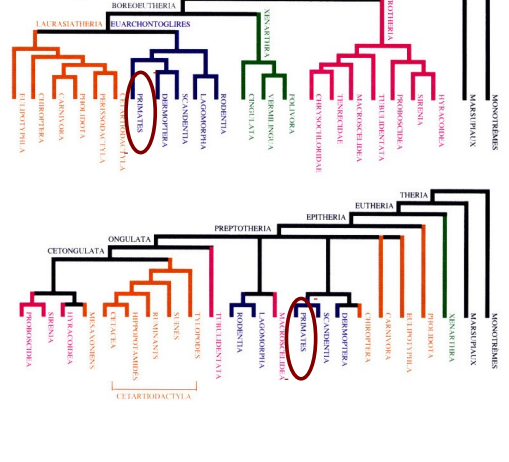
- ✓ modernhumanorigins.com
- ✓ The Talk Origins archives
- ✓ Le site du CNRS consacré aux origines de l'Homme:
 - <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/Origine/index.html>



Placentaires et Primates



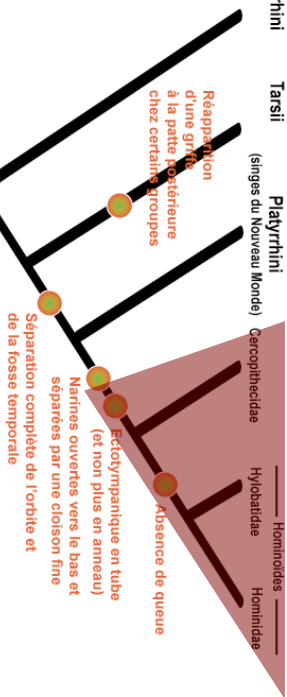
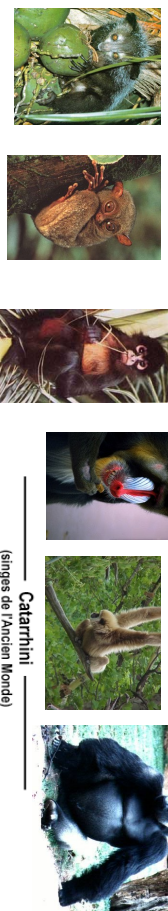
Classez l'Humain



Classifications des Mammifères placentaires
 a. Classification phrénétique à partir des données de séquençage de l'ADN. b. Classification à partir de données moléculaires. c. Classification cladistique tenant compte des données morphologiques des fossiles et des données moléculaires. Les groupes d'origine géographique commune sont regroupés par couleurs. Vert : Amérique du S.; rose : Afrique; bleu : Eurasie exclusivement; orange : Laurasie (Europe + Amérique du N).

Les Primates

Classez l'Humain

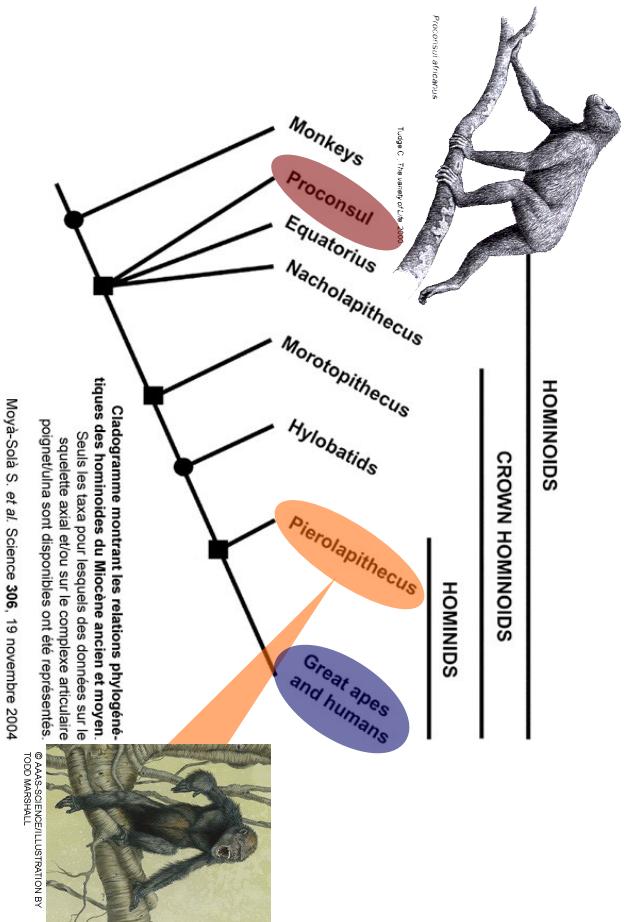


- Adaptation à l'arboricole**
- et à la frugivorie:
 - vision stéréoscopique
 - vision plus efficace que l'odorat
 - mains et pieds préhensiles
 - dermatoglyphes
 - denture généraliste
- Caractères osseux:**
- barre postorbitaire
 - bulle tympanique constituée du seul os pétreux
- Représentation d'une grille à la patte postérieure chez certains groupes**
- Éctotympanique en tube (et non plus en anneau)**
- Narines ouvertes vers le bas et séparées par une cloison fine**
- Séparation complète de l'orbite et de la fosse temporale**
- Absence de queue**

D'après De Bonis, *La famille de l'Homme*, Belin, 2000

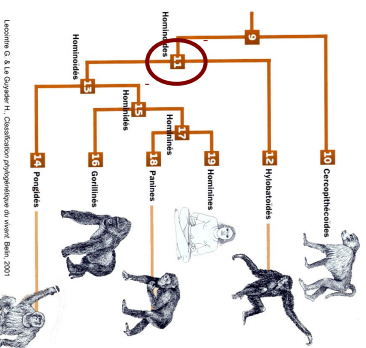
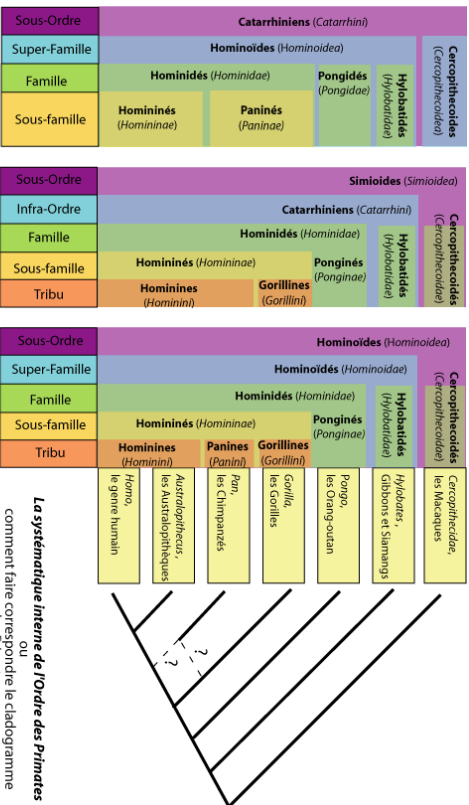
Les Hominoïdes et les « grands singes »

Classez l'Humain



Quand la classification linéenne devient gênante...

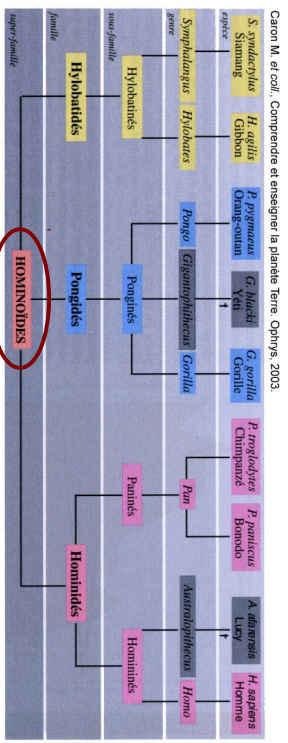
Classez l'Humain



Classez l'Humain

Systématique conforme à la phylogénie : un nœud (un clade), un nom.

Systématique inadaptée à la phylogénie : la trichotomie des Hominoïdes supprime la catégorie « Hominoïdes » et « décale » toutes les catégories systématiques en aval.



Choix retenu

Classez l'Humain

On emploiera ici le terme Hominoïnés pour la branche humaine, comme indiqué par les programmes de l'Éducation Nationale.

Quoi qu'il en soit :

- Vu l'absence quasi-totale de fossiles attribués aux lignées des chimpanzés et des gorilles, nos connaissances sur l'évolution de la seule « branche humaine » valent pour l'ensemble du groupe Homme - Chimpanzé – Gorilles.
- Donc parler d'évolution des Hominoïnés, des Hominoïnés ou des Hominoïdes revient, de fait, à la même chose, compte tenu du matériel disponible.

CVIL LANGLOIS, 2004

Y. COPPENS & P. PICO de LA RIVIERE (2001) Aux origines de l'humanité Anthropobiologie

E. CHIBREZY et coll. (2002) Anthropobiologie

M.J. BENJON (2000) Vertébrata Paleontology

Le tableau de famille actuel

Classez l'Humain

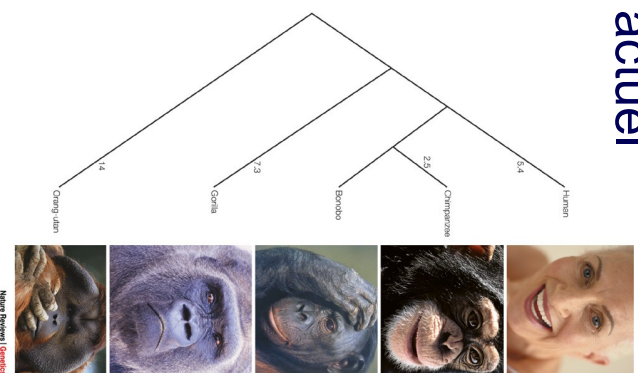
Les chiffres indiquent les durées estimées entre l'actuel et le dernier nœud, en Ma.

Hypothèses :

- divergence entre humain et orangs-outans depuis 14 Ma ;
- viesses des horloges moléculaires identiques dans toutes les lignées.

La séparation chimpanzé-honobo n'est pas bien calibrée par les données de séquences : l'estimation proposée se base sur des données fragmentaires.

Maynard V. Olson & Ajit Varki, *Nature Reviews Genetics* 4, Janvier 2003.

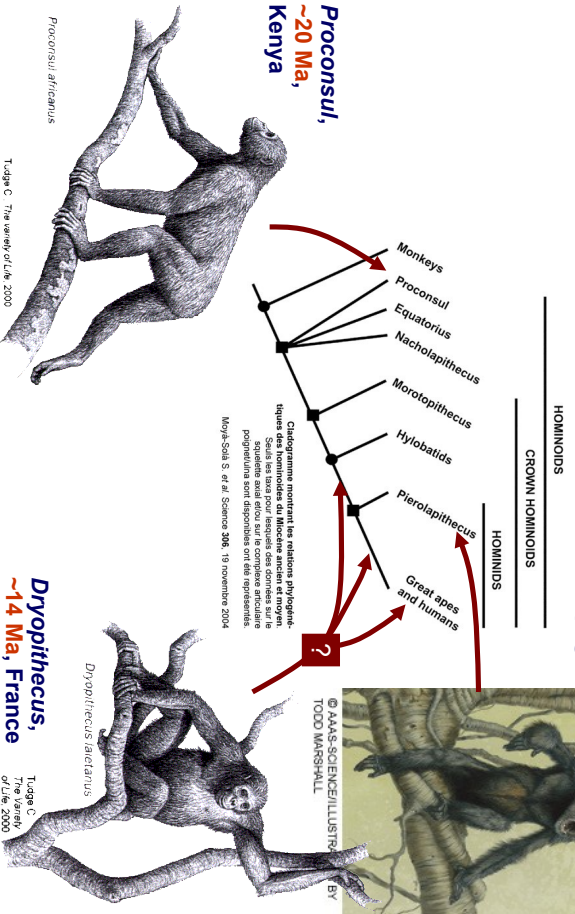


Les Hominoïdes fossiles

Les Hominoïdes

Pierolapithecus, 12,5 Ma, Espagne

Proconsul, ~20 Ma, Kenya



Dryopithecus, ~14 Ma, France

Tudge C, *The Variety of Life*, 2000

Les Hominoïdes fossiles

Les Hominoïdes

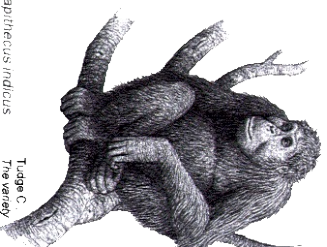


Distribution de localités de grands singes du Miocène (points) relative à la distribution hypothétique de la forêt tropicale (en gris clair) et des lignées de grands singes actuels (en gris foncé) au Miocène récent. Pilbeam D. et Young N. (2004), *Comptes-rendus Palevol* 3, 305-321.

Les Pongidés fossiles et l'Orang-outan

Les Hominoïdes

- **Sivapithecus et Ramapithecus (~13 à 8 Ma),**
- **Lufengpithecus (~13,5 Ma)...**
- **Pongo, l'Orang-outan**



Sivapithecus indicus
Tudge C, *The Variety of Life*, 2000



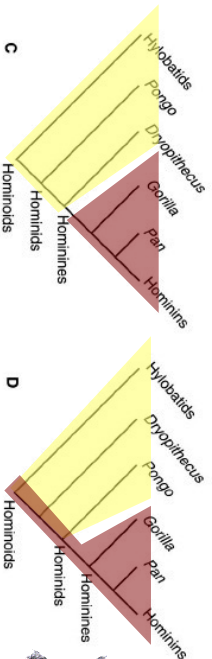
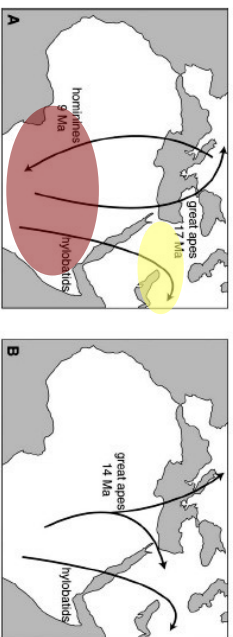
© 2001 MountainWeiss Photography



Comparison des profils des faces de Sivapithecus (au centre), Orang-outan (à gauche) et Chimpanzé (à droite). Four la Science. Dossier hors-série *Les origines de l'humanité*, Janvier 1999.

Phylogénies et scénarii historiques

Les Hominoïdes

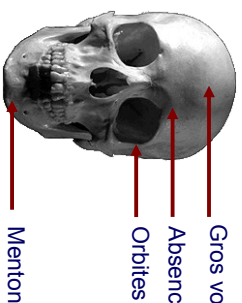


A. Schéma de l'hypothèse d'une origine eurasiatique des hominoïdes selon laquelle il y a eu migration de ce groupe vers l'Europe il y a 17 Ma, puis migration des hominines vers l'Afrique il y a environ 9 Ma.
 B. Schéma de l'hypothèse d'une origine africaine des hominoïdes où seule les ancêtres du groupe gibbons, orang-outans et grands singes eurasiatiques du Miocène ont migré en Eurasie, tandis que quelques hominoïdes restent en Afrique, conduisant éventuellement aux hominines. C. Cladogramme simplifié des relations entre les hominoïdes selon l'hypothèse d'une origine eurasiatique. D. Cladogramme simplifié des relations entre les hominoïdes selon l'hypothèse d'une origine africaine des hominines.

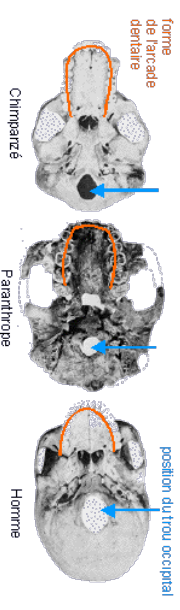
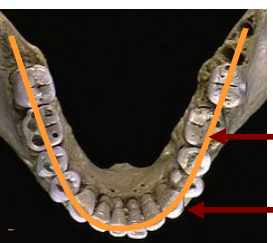
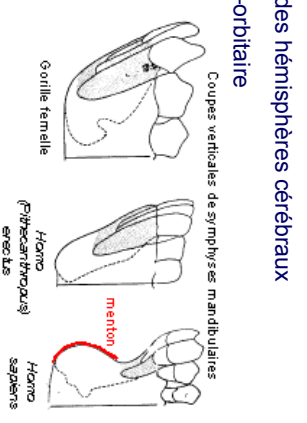
S.M. Cole / C. R. Paveoli 3 (2004) 323-340

Les particularités de l'Homo sapiens

Homo sapiens



Machoire en V Petites canines



Premiers parents

Les particularités de l'Homo sapiens

Homo sapiens

Les Homininés parmi les Hominoïdes

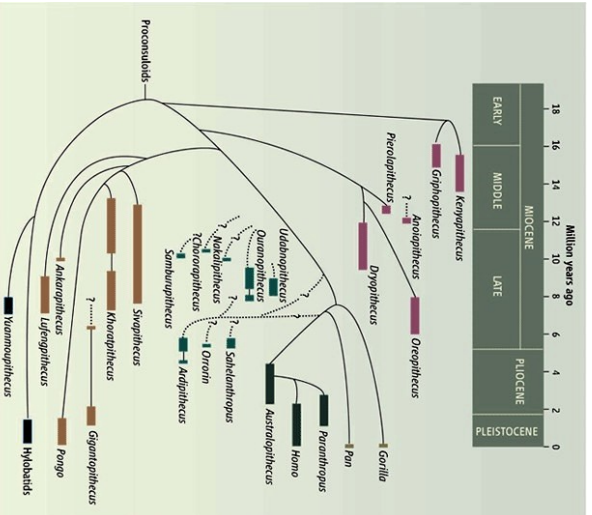
Traits morpho-anatomiques

- Proportions du crâne (boîte crânienne et face) ;
- formes du corps et du thorax ;
- colonne vertébrale en S ;
- colonne vertébrale fixée sous la boîte crânienne ;
- dimensions du pelvis ;
- longueur relative des membres antérieurs
- pouces allongés et doigts relativement courts ;
- pliosité réduite ;
- présence d'un menton ;
- petites canines.



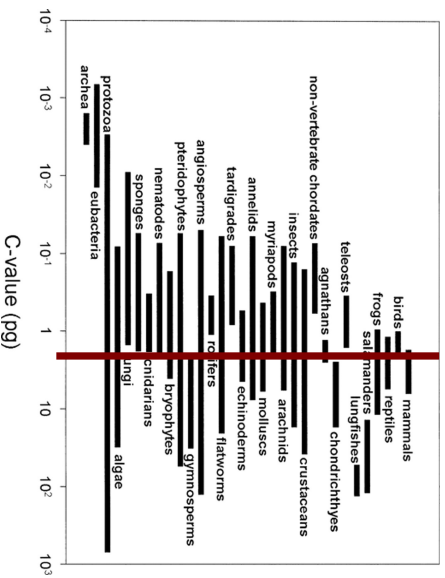
Traits de développement et comportementaux

- Taille relative du cerveau ;
- topologie du cerveau ;
- ontogenèse et durée de vie longues ;
- langage ;
- fabrication d'outils sophistiqués.



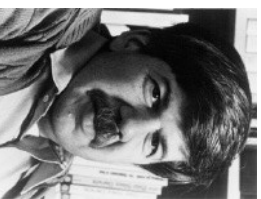
La banalité (génétique) d'Homo sapiens

- Quantité d'ADN d'un noyau haploïde (« valeur C ») dans divers organismes, en picogrammes.
- H. sapiens* : un génôme de ~3 milliards de paires de bases (3 Gpb).
- 1 pg d'ADN => 0,978 Gpb
- $C_H = 30,978 = 3,067$



La banalité (génétique) d'Homo sapiens

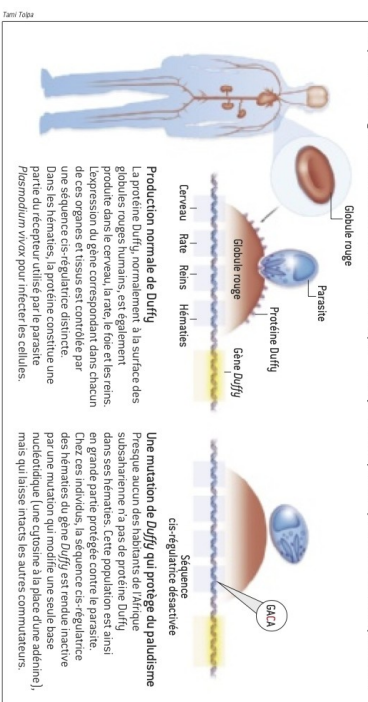
- Entre l'ADN total de l'Homme actuel et du Chimpanzé : < 2% de différences ;
- au sein de l'espèce *H. sapiens* actuelle : 0,05 à 0,1% de différences (~3. 10⁸ nucléotides).



La banalité (génétique) d'Homo sapiens

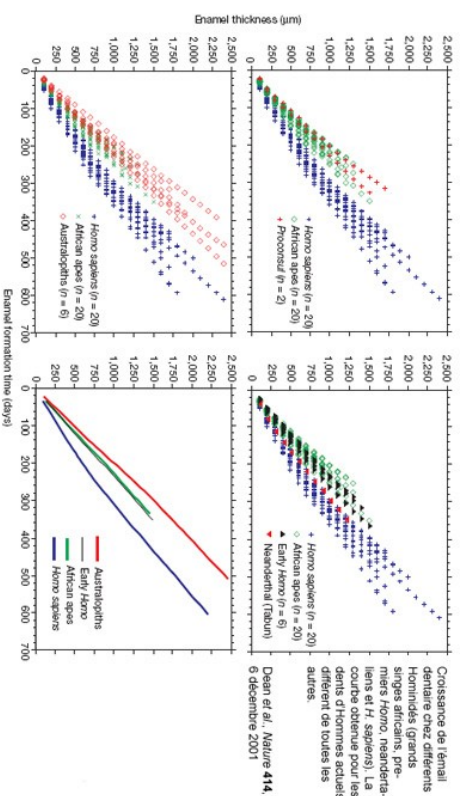
Pour la Science
325, janvier 2009

Le génome humain, tout comme celui des drosophilles et des poissons, présente également des signatures de l'évolution des séquences cis-régulatrices. Une illustration en est fournie par la perte sélective de l'expression du gène *Duffy* dans les hématies des populations d'Afrique subsaharienne, exposées de façon endémique à des parasites vecteurs du paludisme.

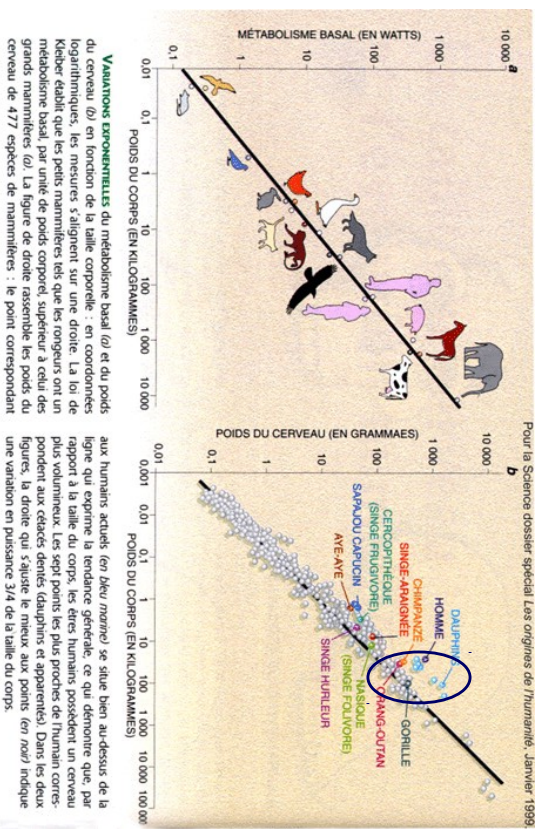


- Proximité du génôme des différents primates ;
- une diversité sans doute issue de phénomènes épigénétiques et de cis-régulation...
- cis-régulation qui intervient dans la diversité humaine actuelle.

Croissance : l'Homo sapiens et les autres



Capacité crânienne et taille du corps



Homo sapiens

Le « propre de l'Homme ? »

Homo sapiens

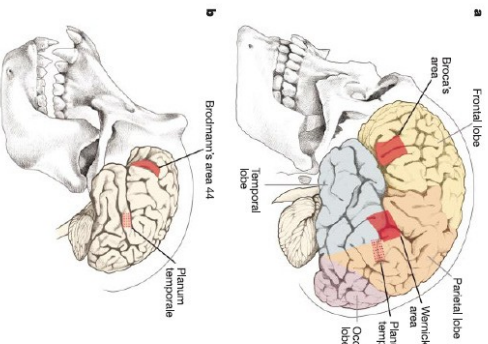
Neuroanatomie comparée de l'Homme et du Chimpanzé.

Vue latérale des hémisphères gauches du cerveau d'un homme moderne et d'un chimpanzé. Bien que la taille d'ensemble des crânes soient grossièrement comparable, la capacité crânienne et la taille du cerveau sont beaucoup plus grandes chez l'Homme.

a - Deux aires du cerveau humains associées à la communication sont représentées : l'**aire de Broca** dans le lobe frontal et l'**aire de Wernicke** qui couvre le lobe temporal postérieur et des parties du lobe pariétal. Dans l'hémisphère gauche, l'aire de Broca est plus large, tout comme le **planum temporale** situé sous la surface dans l'aire de Wernicke.

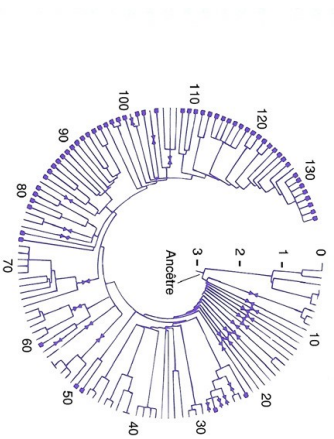
b - Ces asymétries ont été retrouvées dans les régions correspondantes du cerveau des chimpanzés, ce qui suggère que ces aires seraient chez l'Homme des spécialisations de centres de la communication préexistants chez un ancêtre commun à l'humain et aux grands singes.

D'après Carolin S. B., *Nature* 422, 24 avril 2003



L'origine mitochondriale africaine de l'Homo sapiens

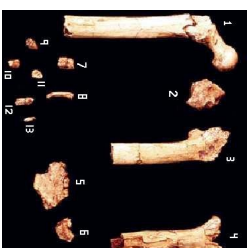
Homo sapiens



M. Ridley, *Evolution biologique*, De Boeck, 1997

Évolution humaine : les nouveaux venus

Premiers parents



Les très vieux...

Orrorin et *Sahelanthropus* (7 - 6 Ma)



...et le (très) petit dernier, *H. floresiensis* (95 à 12 ka)



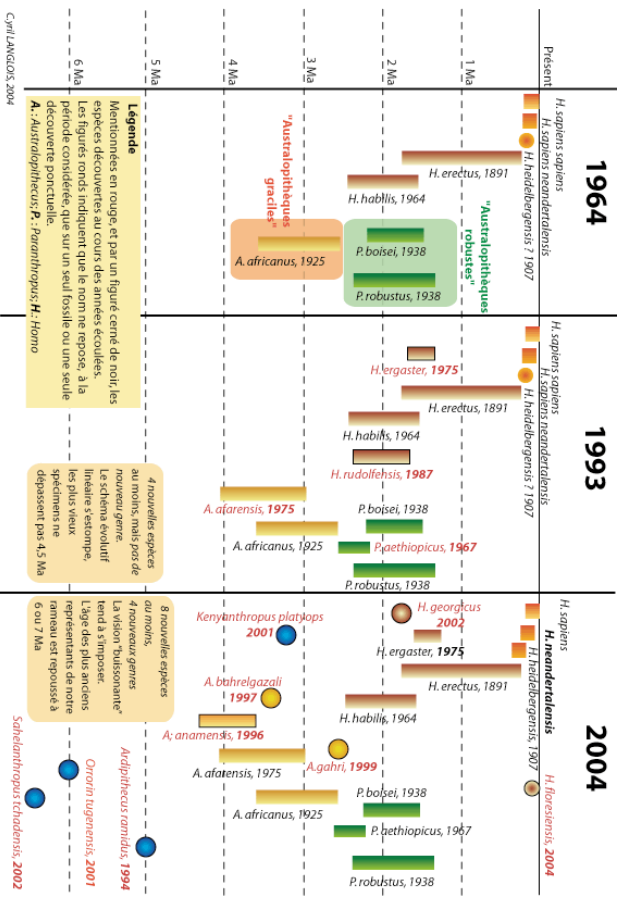
L'inattendu... l'australopitèque tchadien *A. bahrelghazali* (3,5 Ma)



Le caucasien, *H. georgicus* (1,8 Ma)

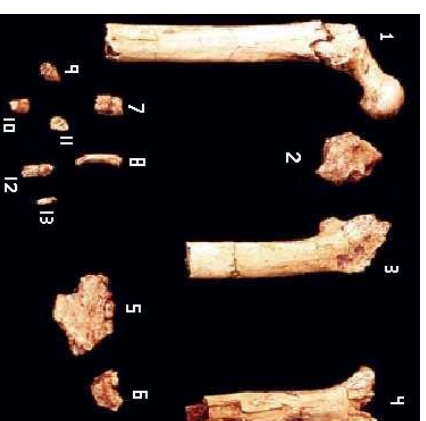


Évolution humaine : aperçu historique



Premiers parents

Orrorin, Orrorin tugenensis

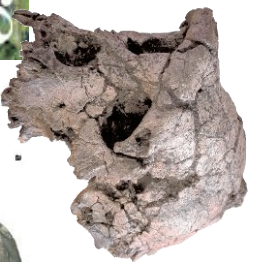


Premiers parents

- Lieu : Monts Tugen, Kenya
- Âge : ~ 6 Ma
- Bipède selon ses découvreurs : p. ex. renforcement de l'os cortical au niveau du col du fémur.
- Phalange allongée et recourbée, indice de capacités arboricoles.

Toumai, Sahelanthropus tchadensis

Premiers parents



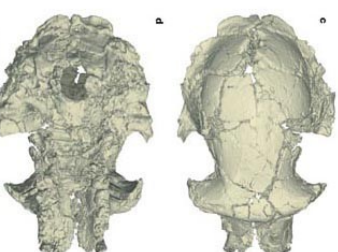
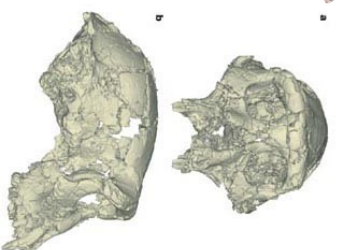
- Lieu : Toros-Menalla, Tchad ;
- Âge : ~ 6 à 7 Ma ;
- Pas de restes post-crâniens.
- Bipède ?
- Absence de facette aiguë sur les canines → caractère d'Homniné

Ardipithecus ramidus et A. kaddaba

Premiers parents



- Lieu : Middle Awash, Éthiopie.
- Âges : *A. ramidus* ~ 4,4 Ma
- *A. kaddaba*, 5,2 à 5,8 Ma ;
- Restes associés et contexte sédimentaire indiquent un milieu arboré et non une savane.
- Bipèdes selon leurs auteurs.
- *A. ramidus* présenterait des similarités avec les Chimpanzés.
- *A. ramidus* est contemporain d'*Australopithecus afarensis* (Lucy) mais occupe un autre environnement.



Zelickofer et al., Nature 434, 7 avril 2005

5 cm

L'ancêtre commun au groupe {Homniné-Paniné} ressemblait-il plutôt à un Chimpanzé ou plutôt à un Homme ?

Ardipithecus ramidus

Premiers parents

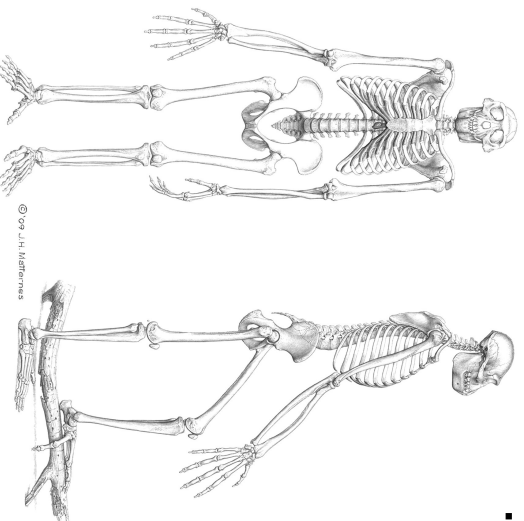


- « Ardi », publié en 2010
- *Ardipithecus ramidus*
- **Un squelette plus complet encore que celui de Lucy** ;
- plus de 100 individus éparés ;
- Reconstitution de son environnement : riches faune et flore associées.

Ardipithecus ramidus

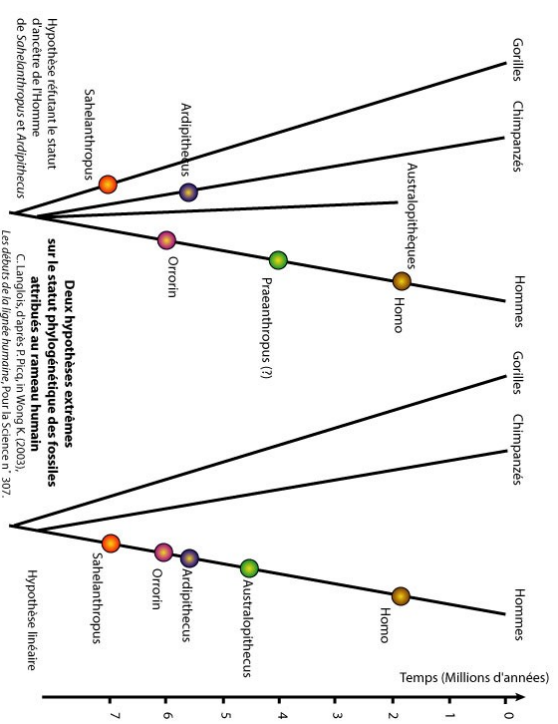
Premiers parents

- Un hominidé facultativement bipède
- Partiellement arboricole : pas d'adaptation au grimper vertical ni à la brachiation ;
- pas de « marche sur les phalanges » ;
- petite canine ; omnivore ;
- face moins prognathe qu'un chimpanzé, comme *Sahelanthropus* ;
- milieu arboré.



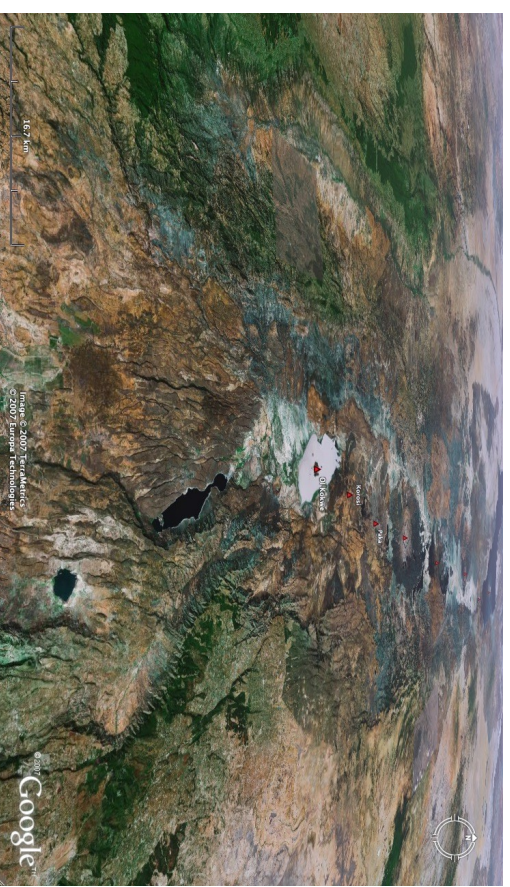
Les premiers Homininés : les hypothèses extrêmes

Premiers parents



Les Homininés fossiles : les lieux

Australopithecus



Australopithèques



Les Homininés fossiles : les lieux

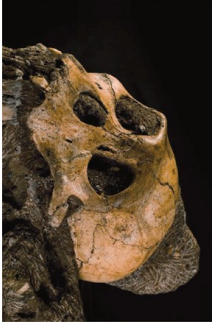
Le lieu de découverte de *Sahelanthropus tchadensis* comme l'environnement arboré reconstruit pour *Ardipithecus* contredisent la théorie de l'East Side Story.

La diversité des Australopithèques

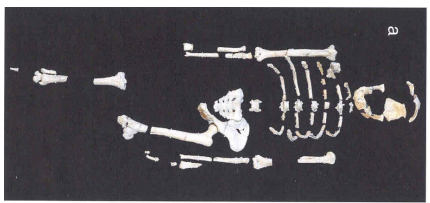
- Australopithecus bahrelgazali*, Tchad ~3,5 Ma
- Australopithecus gahri*, Ethiopie ~2,5 Ma
- Australopithecus anamensis*, Kenya ~4 Ma



Australopithecus africanus, Botswana et Afrique du Sud ~3 à 2 Ma



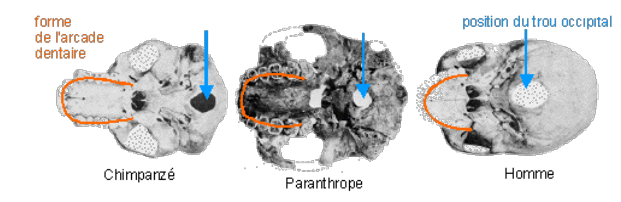
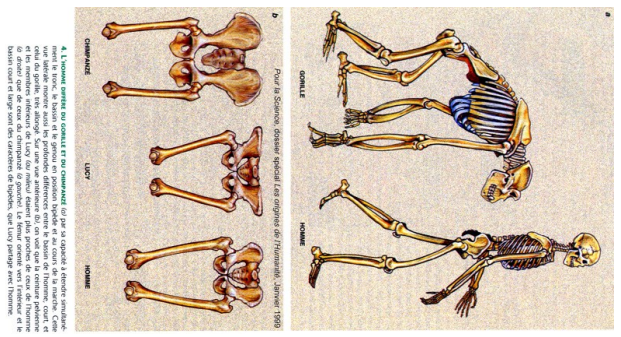
Australopithecus sediba, Afrique du Sud ~1,9 Ma



Australopithecus afarensis, Ethiopie ~3,4 Ma.

← Février 2010

Les particularités des Australopithèques



Les « Australopithèques robustes », ou Paranthropes



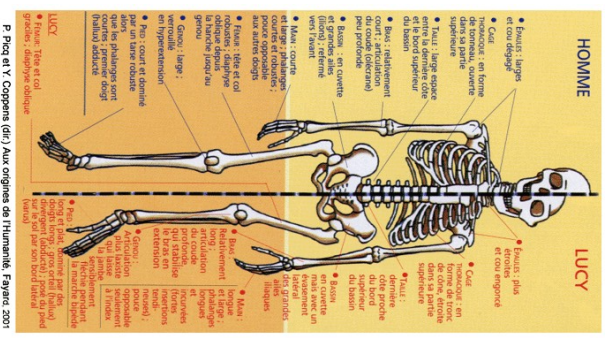
P. aethiopicus (2,6-2,3 Ma)

P. boisei, « l'homme casse-noix » ~2,2 à 1,3 Ma



P. robustus ~2 à 1,5 Ma

Australopithèques



Australopithèques

PARANTHROPUS BOISEI avait un crâne à fortes crétes osseuses, adaptées aux muscles puissants de son système mastoïdior. Sa grande mâchoire, équipée d'énormes molaires, indique qu'il était végétarien.



Les Paranthropes, des spécialistes ?

Leur morphologie suggère que les Paranthropes avaient un régime spécialisé de nourriture coriace (graines, tubercules...).

Il a été proposé que cette spécialisation ait été la cause de leur disparition, suite à des changements climatiques ou une variabilité climatique accrue, tandis que les *Homo habilis* contemporains, plus généralistes, auraient survécu.

Cependant, plusieurs analyses (modélisations, analyses isotopiques (delta ^{13}C) ou élémentaires (Sr/Ca) * réfutent cette spécialisation alimentaire des paranthropes et donc l'explication « climatique » de leur disparition.

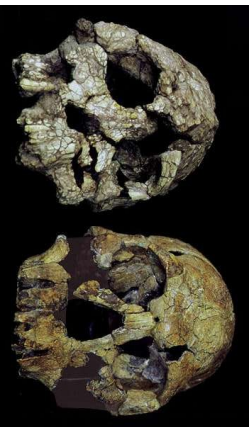
Il est possible que les premiers paranthropes aient effectivement été des « spécialistes », puis que cette morphologie ait été conservée chez leurs descendants plus généralistes (héritage évolutif).



* Les rapports Sr/Ca et Ba/Ca du phosphate des os et des dents diminuent avec le niveau trophique (élimination métabolique préférentielle du Sr par rapport au Ca).

Kenyanthropus, l'inclassable

Inclassables et polémiques



Kenyanthropus platyops, ~3,5 Ma



H. rudolfensis ?
H. habilis ?
K. rudolfensis ?
~1,9 Ma



Appartenance au genre *Homo*

Critères d'attribution d'un fossile au genre *Homo* plutôt qu'aux Australopithèques ou au Paninés :

- genre *Homo* = **groupe monophylétique** ;
- importante taille (absolue et relative) du cerveau ;
- ontogénèse longue / grands singes, australopithèques ou paranthropes ;
- canines et molaires relativement petites / grands singes et australopithèques ou paranthropes ;
- locomotion essentiellement bipède, de type humaine ;
- manufacture d'outils.
 - => Dexterité des mains : pouce opposable long,...
 - => Comportements complexes : transmission des connaissances, langage ?

Les premiers *Homo* ?

Appartenance au genre *Homo* contestée !

(B. Wood & M. Collard, Science, 1999)

Premiers *Homo*



H. rudolfensis (?)
Kenya
~2,8 à 2,5 Ma



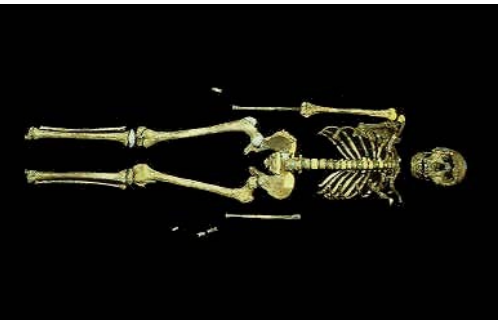
H. habilis.
Kenya – Ethiopie –
Afrique du Sud,
~2,3 à 1,6 Ma



HOMO HABILIS («l'homme habillé») tient son nom des outils de pierre découverts dans les gorges d'Olduvai, en Tanzanie, qu'il aurait fabriqués. Cet hominidé façonnait des éclats tranchants en tapant sur un galet avec un autre.



Homo erectus / ergaster : les premiers aventuriers



HOMO ERGASTER avait le crâne haut et arrondi. D'après la régression de ses dents masticaire (premolar et molars), il man-geait de la viande. « L'Adolescent du Turkana », de 1,6 million d'années, est de cette espèce.



HOMO ERRECTUS a peut-être aussi coexisté avec les hominidés anatomiquement modernes. Il vivait à Java.



H. erectus

Homo erectus et ses proches parents hors d'Afrique



H. erectus ou **H. georgicus** Dmanisi, Georgie, ~1,8 Ma. Faible volume crânien (650 cm³) pour un **H. erectus**

H. georgicus et d'autres fossiles éthiopiens de 1 Ma formeraient, selon certains auteurs, un continuum morphologiques entre les **H. ergaster** africains et les **H. erectus** asiatiques.

L'ensemble **erectus/georgicus/ergaster** constituerait alors une seule espèce, modérément polymorphe.

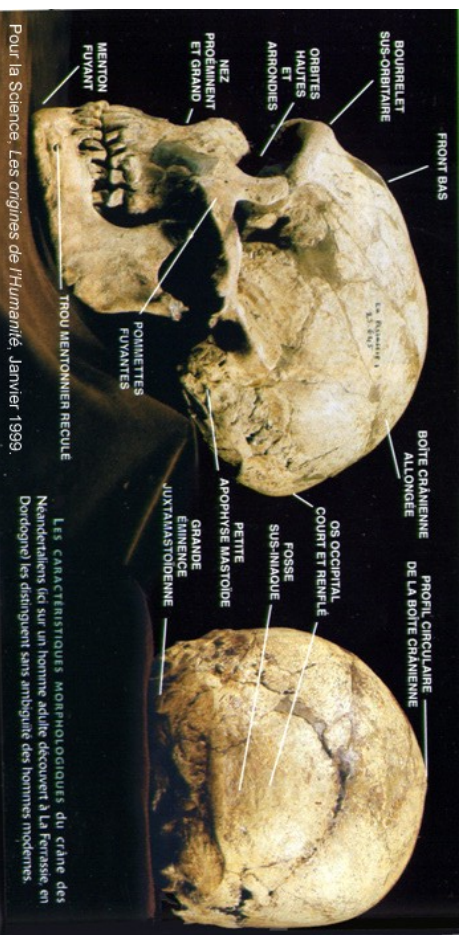


HOMO ERRECTUS a peut-être aussi coexisté avec les hominidés anatomiquement modernes. Il vivait à Java.

Premières traces attestées d'utilisation du feu : 400 ka.

H. erectus

L'Homme de néandertal : l'européen

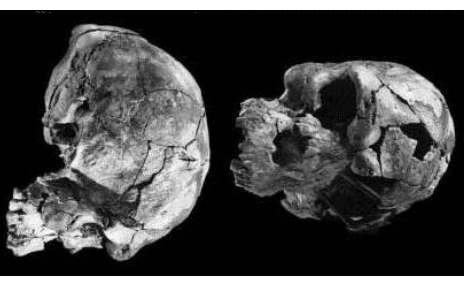


En Europe, de 300 000 à 30 000 ans

Néandertaliens

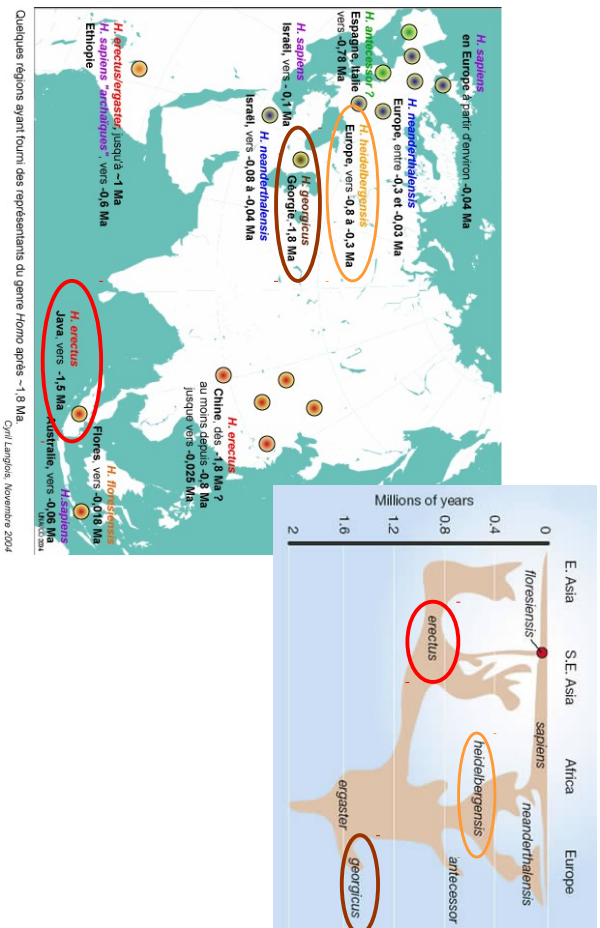
L'Homo sapiens

- Le plus ancien fossile attribué à **H. Sapiens** aurait ~196 000 ans (McDougal et al., *Nature* 433, 17 février 2005. Datations radiométriques sur tufs volcaniques) ;
- Il provient d'Éthiopie ;
- d'autres fossiles plus anciens (800 - 300 000 ans), comme **H. heidelbergensis** et des **H. sapiens** « archaïques », feraient la transition entre les **Homo ergaster** et les morphologies humaines modernes.

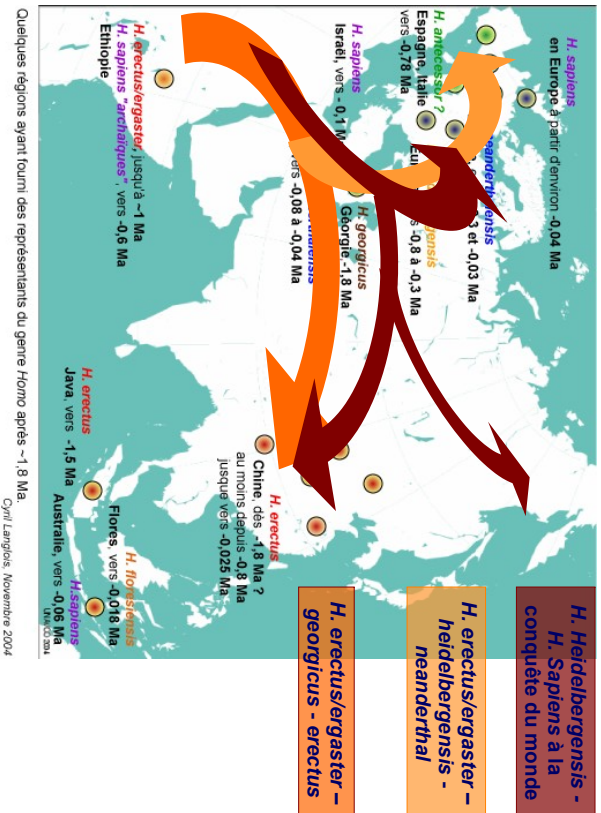


Homo sapiens

Évolution du genre *Homo* : repères



Évolution du genre *Homo* : scénario des sorties d'Afrique



L'évolution de la capacité crânienne

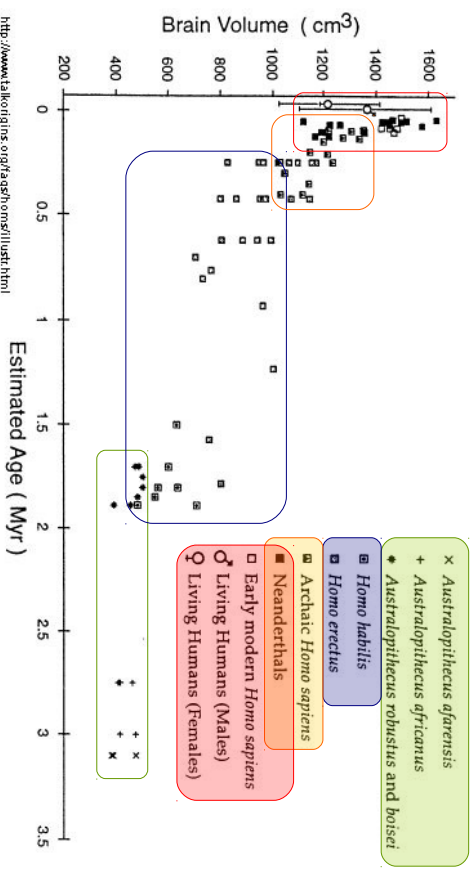
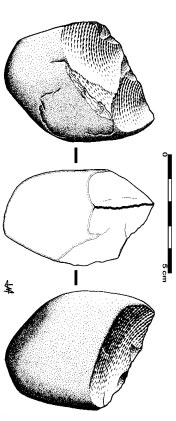


FIG. 4. Brain size (in cm³) plotted against time (Myr) for specimens attributed to Hominiidae.

Les industries lithiques

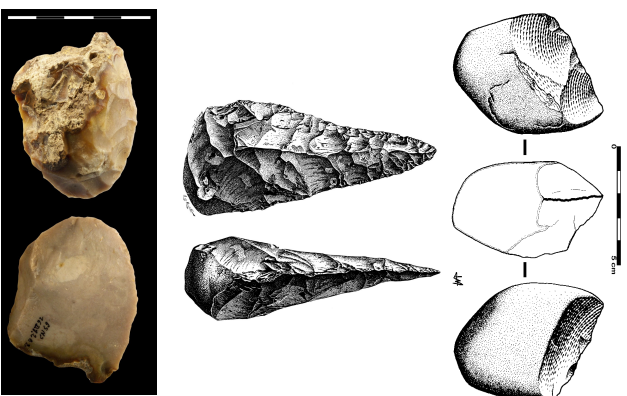
- **Oldowayen** (Olduvai, Tanzanie), de -1,3 Ma à -0,7 Ma :
 - le **chopper** (chopping-tool)
- **Acheuléen** (St-Acheul, France), de -1,7 Ma à -0,3 Ma :
 - le **biface**
- **Moustérien** (Le Moustier, France), de -0,3 Ma à -30 ka :
 - Biface, grattoir... outils issus de la retouche d'éclats extraits d'un nucléus
- Le **paléolithique supérieur**, de -35 ka à -5 ka : Chatelperronien, Aurignacien, Gravettien, Solutréen, Magdalénien...
 - diversification des matériaux : pierre, bois, os...



Les industries lithiques

- **Oldowayen** (Olduvai, Tanzanie), de -1,3 Ma à -0,7 Ma ;
 - le **chopper** (chopping-tool)
- **Acheuléen** (St-Acheul, France), de -1,7 Ma à -0,3 Ma ;
 - le **biface**
- **Moustérien** (Le Moustier, France), de -0,3 Ma à -30 ka ;
 - Biface, grattoir... outils issus de la retouche d'éclats extraits d'un nucléus
- Le **paléolithique supérieur**, de -35 ka à -5 ka : Chatelperronien, Aurignacien, Gravettien, Solutréen, Magdalénien...
 - diversification des matériaux : pierre, bois, os...

Le genre *Homo*



Le genre *Homo*

L'art pariétal

- **Chauvet** : occupée entre -32 et -29 ka, culture aurignacienne ; puis entre -27 et -24,5 ka, culture gravettienne ;
- **Cosquer** : occupée vers -27 ka puis vers -19 ka ; culture gravettienne ;
- **Lascaux** : vers -17 ka, culture solutréenne.

Lascaux



Chauvet

Cosquer



Néandertal

Les néandertaliens : de mieux en mieux connus



KEY: FIGURES 1 & 2 - COLOR CODED ACCORDING TO SOURCE SPECIMEN

- LA FERRASSE 1
- KEBARA 2
- SACCOPASTONE 1
- SPV 1
- SHANDAR 5
- LA CHAPPELLE
- FELDHÖFFEN 1
- RECONSTRUCTED AND MODERN HUMAN

Avril 2005 : Première reconstruction composite d'un squelette complet de Néandertalien.
G. J. Sawyer & B. Maley (2005), *Anatomical Record* Vol.283B, 1
Pages: 23-31

Néandertal

Néandertal et *H. sapiens*

Comparaison des squelettes d'un néandertalien et de *H. sapiens*.

G. J. Sawyer & B. Maley (2005), *Anatomical Record* Vol.283B, 1



Le statut des néandertaliens

Analyses morpho-anatomiques et méthodes de mesures ultramodernes

Neanderthal taxonomy reconsidered: Implications of 3D primate models of intra- and interspecific differences
Katerina Harvati^{1*}, Stephan B. Fritz², and Kieran P. McInally³

*Open access, freely available online

PLoS biology

Modern Humans Did Not Mix with Neanderthals during Their Range Expansion into Europe
Amelie Coura^{1,2}, Laurent Excoffier^{1*}

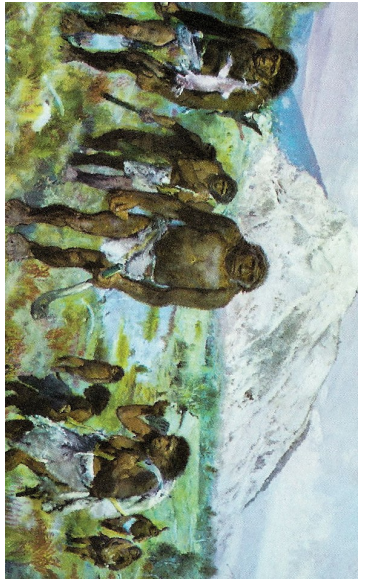
Modélisation numérique de dynamique des populations
No Evidence of Neanderthal mtDNA Contribution to Early Modern Humans
David Serre¹, André Langman^{2,3*}, Maria Chedzi⁴, Maria Teschler-Nicola⁵, Maja Puumali⁶, Philippe Hammer⁷, Michael Hofreiter⁸, Geom Postema⁹, Svanne Palbo¹⁰

PLoS genetics

Evidence for a genetic discontinuity between Neanderthals and 24,000-year-old anatomically modern Europeans

David Cannelli¹, Carlos Lalueza-Fox², Cristiano Vernesi³, Martina Lairi⁴, Antonella Casoli⁵, Francesco Mallegri⁶, Brunetto Chiarelli⁷, Isabelle Dupanloup⁸, Jaume Bertranpetri⁹, Guido Barbujani⁹, and Giorgio Bertorelletti⁹

La « réhabilitation » des néandertaliens



De la sous-espèce et du rustre *H. sapiens neanderthalensis*...

...à l'espèce et à « l'évolué » *H. neanderthalensis*



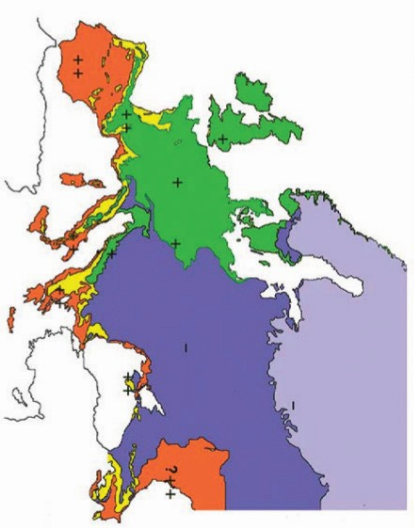
HOMO NEANDERTHALENSIS a coexisté en Europe et au Proche-Orient avec les hominidés anatomiquement modernes.

Manual dexterity in Neanderthals

These primitive people may have been as handy with their tools as modern humans are.



Biface moustérien

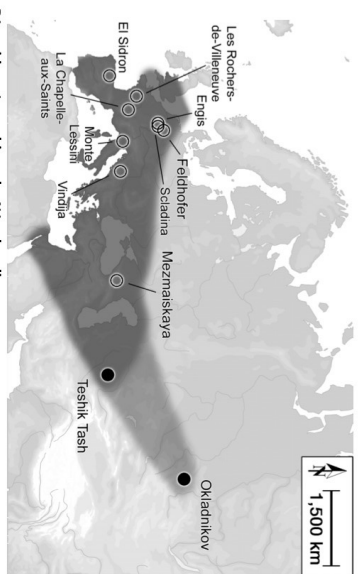


Distribution des Néandertaliens en relation avec le climat.
Orange : climat méditerranéen - Jaune : sub-méditerranéen - Vert : tempéré océanique - Bleu foncé : tempéré continental - Bleu pâle : boréal.
++ : occupation permanente ; + : occupation durant les périodes de climat doux ; - : jamais occupé.

Néandertaliens et climats

- La distribution géographique des néandertaliens et leurs proportions ne soutiennent plus l'idée ancienne selon laquelle les néandertaliens étaient particulièrement adaptés aux climats froids ; les néandertaliens sont méditerranéens et européens, pas boréaux.

2007-2010 : l'actualité néandertalienne...

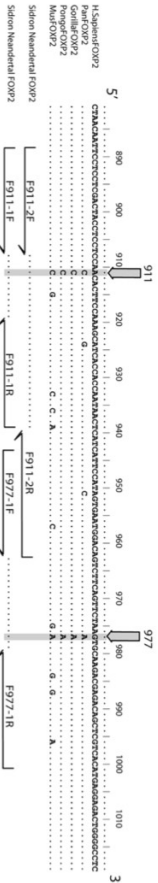


Répartition géographique des Néandertaliens.
La répartition précédemment reconnue sur la base de la morphologie des fossiles est indiquée en gris foncé ; la répartition estimée grâce à l'ADNmt est représentée en gris clair. Les sites où des séquences d'ADNmt néandertaliennes avaient été détectées auparavant sont signalés par des cercles ouverts, et les deux nouveaux sites présentés dans cette étude par des disques noirs.

Krause J., Orlando L. et al., Nature 449, 18 octobre 2007

- Extension géographique :**
 - Des marqueurs génétiques mitochondriaux néandertaliens ont été retrouvés dans des os exhumés en Ouzbékistan et dans l'Altai ;
 - L'aire de répartition des néandertaliens doit donc être étendue de 2000 km vers l'Est !
- Langage ?**
 - La séquence néandertalienne du gène FOXP2 comprend les deux mêmes mutations, par rapport aux autres primates, que *H. sapiens* => héritage commun ;
 - Chez *H. sapiens*, l'altération de ce gène est liée à des troubles de l'articulation.

2007-2010 : l'actualité néandertalienne...



The two nonsynonymous nucleotide substitutions on the human lineage are indicated by arrows. Identical positions in the alignment are given as dots. The three primer pairs used to retrieve the two substitutions from the El Sidon Neanderthals are indicated by arrows. J. Krause et al., Current Biology, 17, 2007

Langage ?

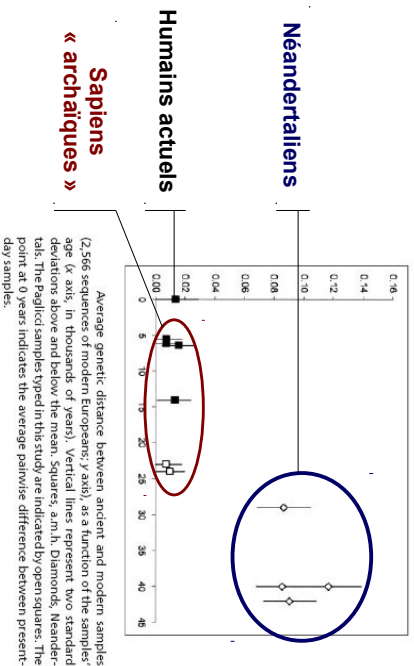
- La séquence néandertalienne du gène FOXP2 comprend les deux mêmes mutations, par rapport aux autres primates, que H. sapiens => héritage commun.
- Chez H. sapiens, l'altération de ce gène est liée à des troubles de l'articulation.

Les néandertaliens : spécificité génétique

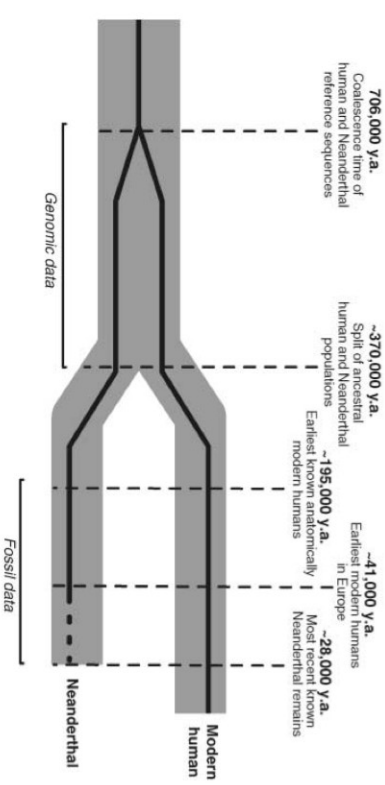
Evidence for a genetic discontinuity between Neanderthals and 24,000-year-old anatomically modern Europeans

David Caramelli¹, Carlos Lalueza-Fox¹, Cristiano Vernesi¹, Martina Lari¹, Antonella Casoli¹, Francesco Mallegni¹, Brunetto Chiarelli¹, Isabelle Dupanloup¹, Jaime Bertranpetri¹, Guido Barbujani¹, and Giorgio Bertorello^{1,2*}

Pas ou peu d'apport génétique des néandertaliens à la lignée maternelle d'H. sapiens.
Métissage peut-être possible, mais taux $\leq 0,09\%$ (P. Murali, la Recherche, août 2009).



Néandertaliens-sapiens : la divergence



Divergence estimates for human and Neanderthal genomic sequences and ancestral human and Neanderthal populations, shown relative to dates of critical events in modern human and Neanderthal evolution (2, 22, 25). The branch lengths are schematic and not to scale. Y.a., years ago. Noonan J, P et al., Science 314, 17 nov 2006

Néandertaliens et cline géographique

- Les néandertaliens de 40 000 à 30000 ans formeraient un cline morphologique et culturel du Moyen-Orient à l'Europe occidentale ;
- Hypothèse : une spéciation par distance (en anneau des néandertaliens de l'Est vers l'Ouest ?)

M.-H. Moncel, J.-L. Voinet / C. R. Palevol 5 (2006) 183-192

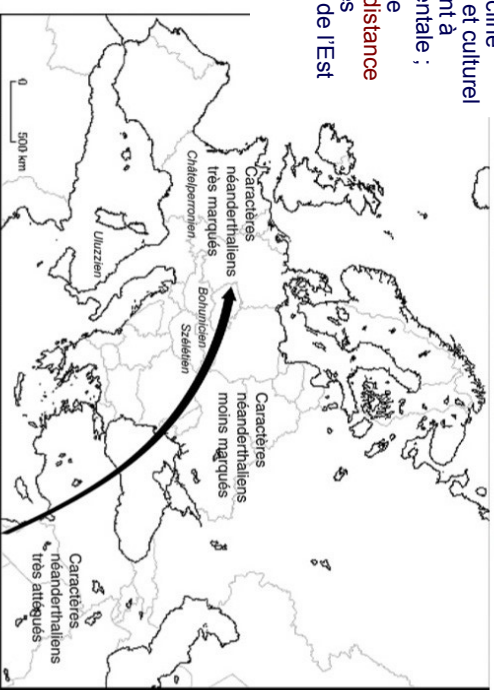


Schéma du gradient des caractères néandertaliens en Europe et localisation géographique de quelques "industries de transition".

Corollaire :

une hybridation avec H. sapiens possible à l'Est mais pas à l'Ouest ?

2010 : nouvelle révision des relations néandertal-sapiens ?

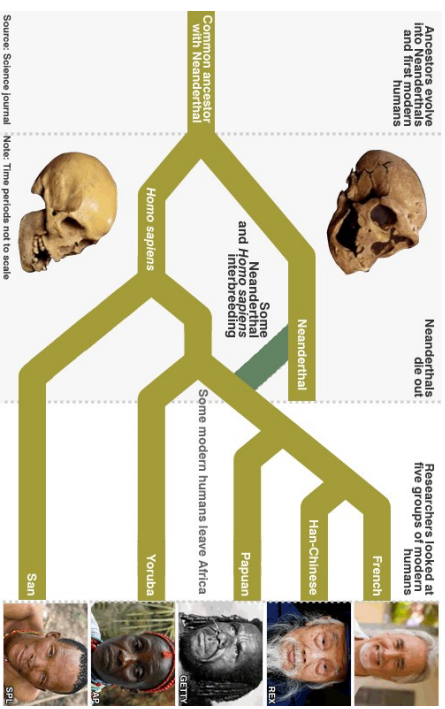
A Draft Sequence of the Neandertal Genome

Richard E. Green,^{1,††} Johannes Krause,^{1,§} Adrian W. Briggs,^{1,§} Tomislav Maricic,^{1,§} Udo Stenzel,^{1,§} Martin Kuhner,^{1,§} Nick Patterson,^{1,§} Feng Li,^{1,†} Weizhen Zhao,^{1,†} Markus Hübner,^{1,†} Mary E. Hansen,^{1,†} Eric C. Bruner,^{1,†} Adam Sagarin,^{1,†} Michael J. de Filippo,^{1,†} John D. Coffey,^{1,†} Richard W. Schaefer,^{1,†} Benjamin A. Brubaker,^{1,†} Jeffrey M. Good,^{1,‡,§} Ryo Schito,² Jeffrey A. Kircher,³ Anne Ebersole,² Barbara Hilber,² Barbara Hoffner,² Madlen Siegemund,² Anja Weichmann,² Carol Wirtham,² Eric S. Lander,² Carsten Rüss,² Nathaniel Nord,² Jason Alford,² Michael Epifanio,² Christine Verma,^{2,§} Payao Rudan,¹⁰ Dejana Brajkovic,¹¹ Zeljko Kucan,¹⁰ Marc Gössle,¹⁰ Vladimir B. Doronichev,¹² Lidbu V. Golovanova,¹² Carlos Lalueza-Fox,¹³ Marco de la Rasilla,¹⁴ Javier Fortea,¹⁴ Antonio Rosas,¹⁴ Rafi W. Schmitz,^{14,§} Philip L. Johnson,¹⁴ Ewan Eickler,¹⁴ Daniel Falicki,¹⁴ Ewan Birney,¹⁴ James C. Mullikin,¹⁴ Montgomery Slatkin,¹⁴ Kasim Miletic,¹⁴ Janet Kelso,¹⁴ Michael Lachmann,¹⁴ David Reich,^{14,§} Svante Pääbo^{1,†}

« We present a draft sequence of the Neandertal genome composed of more than 4 billion nucleotides from **three individuals**. Comparisons of the Neandertal genome to the genomes of **five present-day humans** from different parts of the world identify a number of genomic regions that may have been affected by positive selection in ancestral modern humans, including genes involved in metabolism and in cognitive and skeletal development. We show that Neandertals shared more genetic variants with present-day humans in Eurasia than with present-day humans in sub-Saharan Africa, suggesting that gene flow from Neandertals into the ancestors of non-Africans occurred before the divergence of Eurasian groups from each other. »

Science 328, 7 mai 2010.

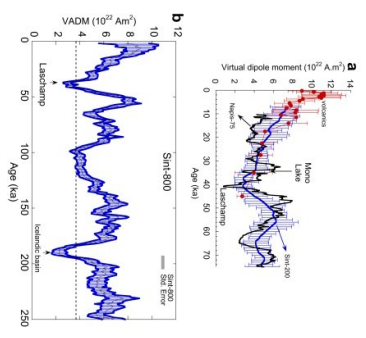
2010 : nouvelle révision des relations néandertal-sapiens ?



Science 328, 7 mai 2010.

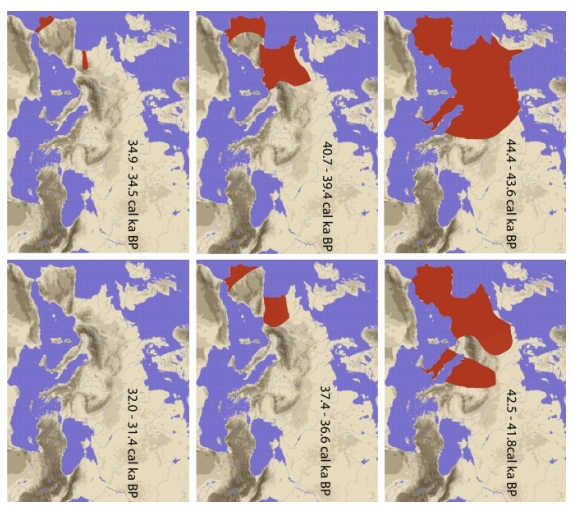
La disparition des Néandertaliens

Densité de sites néandertaliens au cours du temps (âge ¹⁴C calibrés).



Un lien avec le minimum magnétique Laschamp ? Une coïncidence ?

Valet & Valladas, Quaternary Science Reviews, 2010.



Homo floresiensis, l'inattendu



- Le « hobbit » indonésien
- boîte crânienne : 380 cm³ ;
- Premier fossile : ~18000 ans ;
- Entre 95 000 et 12 000 ans ;
- Rapproché de *H. erectus*.



Illustration : Peter Schöden

Représentativité des fossiles

Estimation du nombre d'individus représentés par les fossiles (généralement fragmentaires) des principales espèces.

- Anciens Hominiés :
 - S. tchadensis : 1
 - O. tugenensis : 1
 - Ar. kaddaba : 11
 - Ar. ramidus : > 100 (1 très complet)
- Paranthropes :
 - P. aethiopicus : 3 ?
 - P. boisei : ≥ 10 ?
 - P. robustus : ≥ 15 ?
- Homo :
 - H. habilis : ≤ 60 ?
 - H. erectus (s.s.) : ~20
 - H. ergaster : ≤ 60
 - H. georgicus : 5
 - H. antecessor : ~10 ?
 - H. heidelbergensis : 30 à 60
 - H. neanderthalensis : > 200
 - H. floresiensis : ~7 (1 seul squelette partiel + fragments)
- Australopithèques & Kenyanthropes :
 - A. anamensis : ~10
 - A. afarensis : > 100 (dont Lucy)
 - A. africanus : > 100
 - A. bahrelghazali : 1
 - A. gahri : 1
 - K. platyops : 2

Relations entre espèces ?

Questions ouvertes

- Malgré le petit nombre de fossiles, certains proposent ou testent des scénarii évolutifs et des relations phylogénétiques entre les espèces décrites.
- Parenté directe entre *A. anamensis* et *A. afarensis* ?
- Spéciation par cladogenèse ponctuée ou anagénèse ?

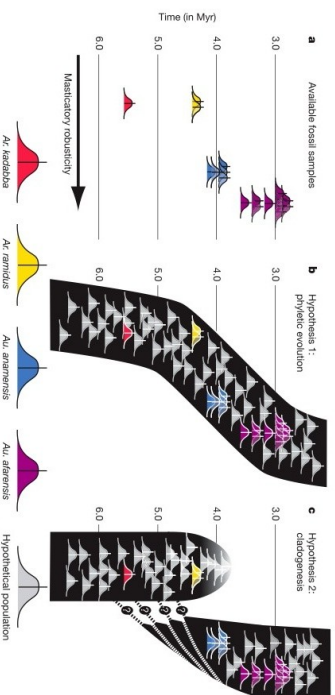


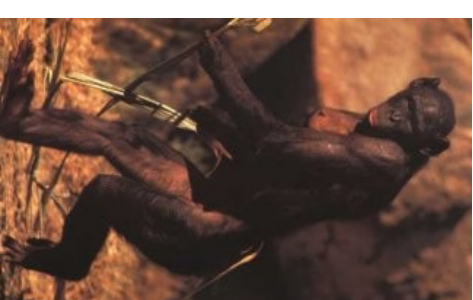
Figure 4 | Phylogenetic hypotheses. Known fossil hominid samples are depicted in colour by site (for example, Middle Awash) for *Au. kadabba*, Aramis and Gona for *Au. ramidus*, Tanzania and Ethiopia for *Au. anamensis* and *Au. afarensis*, and Kenya for *Au. bahrelghazali*. Currently available samples may be over-represented for *Au. bahrelghazali*. Whether hypotheses can be established with available sample densities.

White et al. 2008, Nature 460

© 2009 Nature Publishing Group

Signification de la bipédie

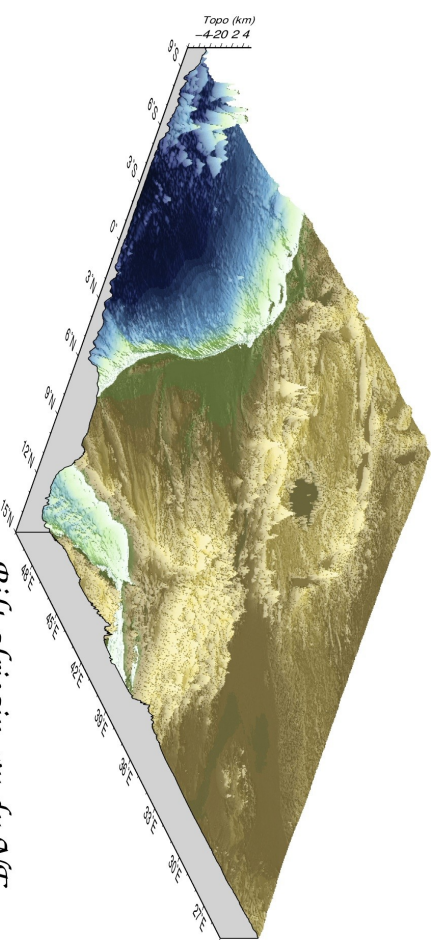
- La bipédie apparente des plus anciens Hominiés n'implique pas une **bipédie permanente**.
- Cette locomotion faisait partie du registre locomoteur de ces animaux ; c'est encore le cas chez les Hominiés.
- Vu le contexte environnemental, ces Hominiés devaient employer alternativement arboricole et bipédie au sol.
- L'évolution du rameau humain comprend donc une restriction du registre locomoteur et une spécialisation vers la bipédie.



Un bonobo actuel (*Pan paniscus*) pratiquant la marche bipède

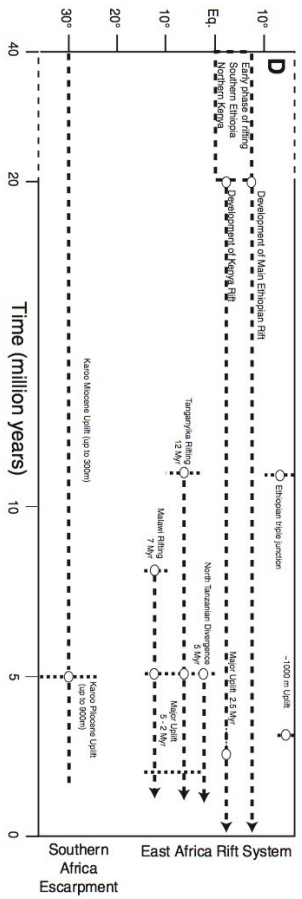
Bipédie et climat

- La théorie de l'East Side Story proposait :
 - Une relation entre les ouvertures du rift est-africain Est puis Ouest et l'aridification de l'Est de l'Afrique.
 - La différenciation des grands singes et des Hominiés par adaptation des Hominiés aux milieux ouverts de l'Est.



Rift africain, vu du NE

Rift et changements climatiques



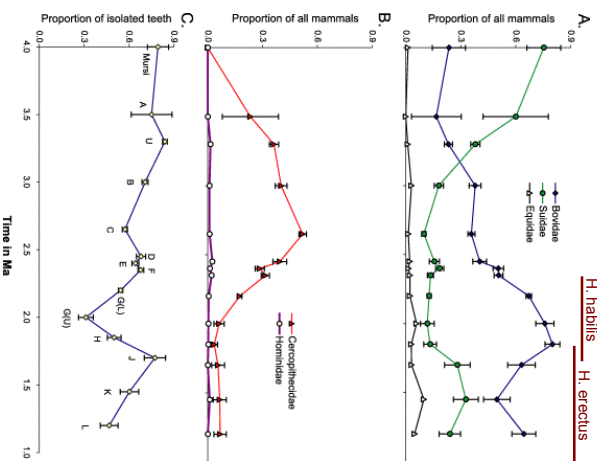
Changements climatiques

- Expansion des prairies à graminées au Miocène récent, entre 8 et 6 Ma (corrélée avec une baisse de pCO_2 ?).
- Nouvelle expansion vers 5 à 3 Ma (refroidissement des eaux de surface de l’océan Indien et début des cycles glaciaires-interglaciaires ?).
- Des modélisations numériques indiquent que l’élévation de la topographie de l’Afrique de l’Est (traps oligocènes d’Ethiopie + épaulements du rift) peut aussi avoir contribué à l’aridification de la région.

Homininés et climat

- L’East Side Story paraît démentie par les fossiles d’Homininés anciens ;
- Mais l’évolution des Homininés pourrait être liée à l’aridification et surtout à des épisodes transitoires de variabilité climatique et de changement faunique.

Révisions récentes



Questions sur le genre Homo

- L’origine du genre *Homo*. Africaine, vraiment ?
 - « L’adolescent du Turkana » (*Homo ergaster*) tranche avec tous les fossiles d’Homo et d’Australopithecines africains plus anciens.
 - L’Afrique est la région la plus étudiée. Absence de preuve ne signifie pas preuve d’absence.
 - Les *Homo erectus* (s.l.) apparaissent très tôt hors d’Afrique (> 1,8 Ma). Ex : *H. georgicus*.
- La relation « outils = Homo » est-elle valide ?
 - Certains outils pourraient être attribués à des Australopithecines ou à des Paranthropes contemporains d’*Homo habilis*.

Évolution du genre Homo

- Fallait-il un « bagage minimal » (cognitif, technique, culturel) pour migrer sur de longues distances ?
 - Le petit cerveau d’*H. georgicus* jette le doute.
 - Les *H. erectus/ergaster* maîtrisaient le feu.
- Dates d’arrivée d’*H. sapiens* dans les différentes régions du monde ?
- Apparition du langage ?
 - La position de l’os hyoïde des néandertaliens, semblable à la nôtre, leur permettrait théoriquement le langage.
- Apparition de la pensée symbolique ?
 - Néandertal inhumé ses morts, mais les peintures rupestres seraient l’apanage de *H. sapiens*.

Bobo et A. Berensmeyer, PPP 207, 2004

(A) Abondance relative des principales familles de mammifères de taille moyenne dans la séquence de l’Ormo en proportion de tous les mammifères de chaque intervalle, montrant des changements significatifs. Les Suidés sont les plus abondants au début de la séquence et les Bovidés ensuite, alors que l’abondance maximale des Cercoptithecids apparaît entre les plus des Bovidés et des Suidés. L’abondance moyenne des équidés dans l’Ormo est inférieure à celle d’autres sites Plio-pléistocène africains contemporains. Les Hominidés sont rares mais leur abondance maximale se situe entre 2,5 et 2,3 Ma.

(C) Abondance relative des dents isolées en proportion de tous les spécimens par intervalle) dans les collections venant de la vallée de l’Ormo. Les dents isolées sont les éléments les plus abondants dans les sédiments fluviaux de la séquence de l’Ormo. Les abondances minimales de ces dents se placent dans les environnements lacustres entre 2,1 et 1,9 Ma et 1,2 Ma. Les barres d’erreurs indiquent un intervalle de confiance à 95%.

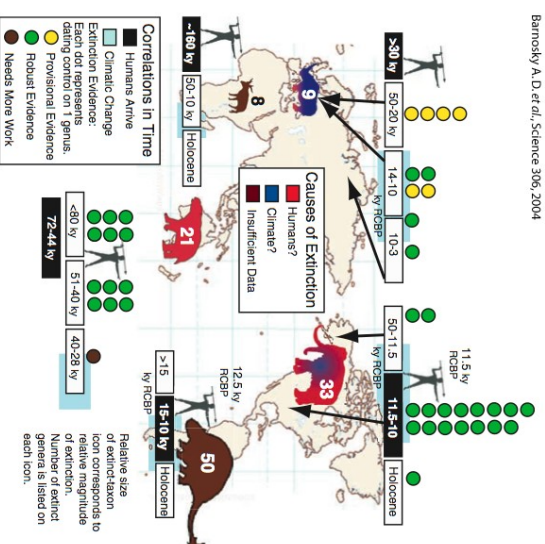
L'Homo sapiens et les autres

H. Sapiens a coexisté plusieurs milliers d'années avec au moins deux autres Homininés :

- **Néandertal** : il occupe encore le sud de la péninsule ibérique alors que Homo sapiens se trouve au nord pendant 10000 ans (40 000 à 30 000 ans). Les deux populations se succèdent au Moyen-Orient en relation avec les fluctuations climatiques glaciaire-interglaciaire.

- **Homo floresiensis** : cet Homininé aurait occupé l'île de Flores de 95-74 000 ans jusqu'à au moins 12 000 ans.

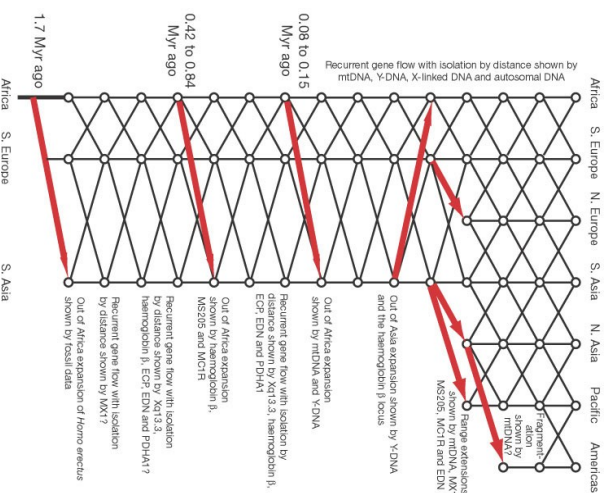
H. sapiens est-il responsable de leur disparition ainsi que de celles de nombreux mammifères pléistocènes ? La question est posée et sérieusement étudiée.



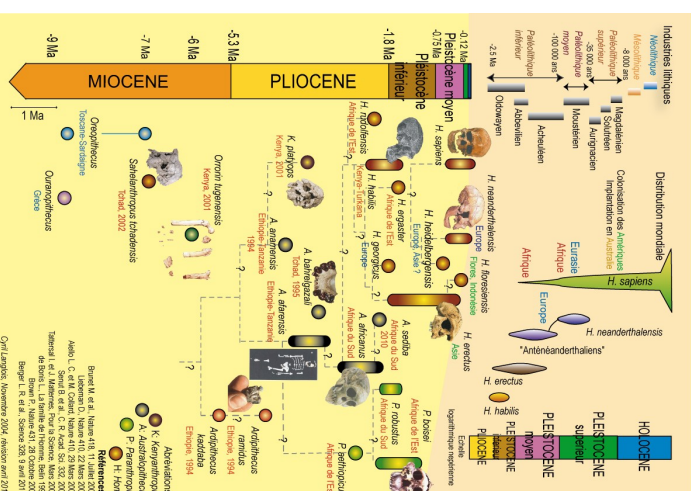
H. sapiens et les autres Mammifères

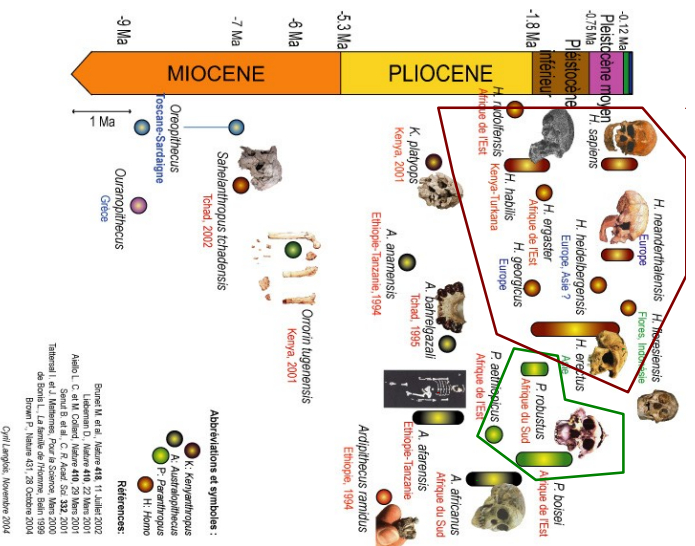
Evolution et démographie par la génétique

- Modèle de l'évolution humaine récente (descendance génétique en ligne verticale, flux géniques en diagonale) et épisodes migratoires hors d'Afrique et d'Asie (flèches rouges).
- Modèle basé sur l'analyse de nombreux gènes.
- Importance de l'Afrique comme région d'origine de *H. sapiens* et comme source de migrations durant tout le Quaternaire



Évolution humaine : synthèse provisoire



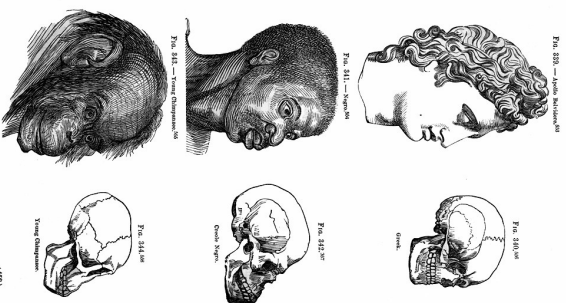
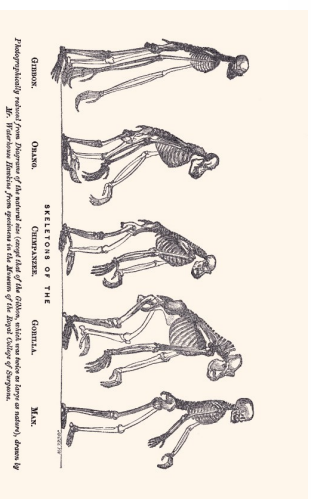


Évolution humaine : un bilan provisoire

Bilan actuel



Evolution mal comprise et racisme



Conclusions

Une évolution d'Homo sapiens ?

Conclusions

- Les « clichés » sur « l'Homo sapiens futur » :
 - Cerveau toujours plus gros ;
 - Disparition du petit orteil...
- Sont-ils plausibles ?

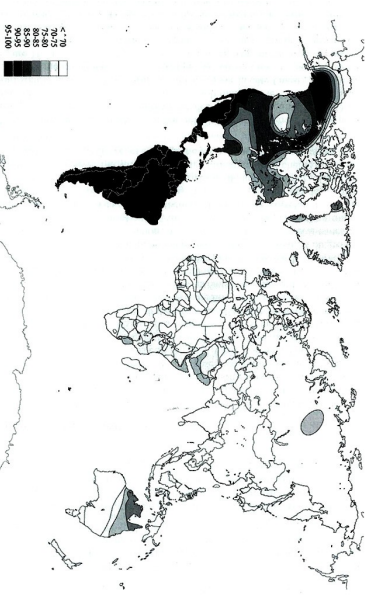


- **Evidemment NON.**
- C'est une vision lamarcienne (usage/non-usage d'un caractère...)
- L'espèce humaine actuelle montre :
 - De très grandes populations ;
 - plus aucune barrière physique aux flux génétiques (mais d'éventuelles barrières culturelles / ethniques / religieuses...)
- => **espèce quasi-panmixtique** !
- => structure génétique stable.
- => **stase phénotypique**
- **L'Homo sapiens n'a pas changé phénotypiquement depuis « Cro-Magnon ».**

Mais évolutions génétique et physiologique rapides dans les derniers millénaires : adaptation à des régimes alimentaires nouveaux (agriculture, aliments lactés...), maladies... (dossier Pour la Science, avril 2009)

De la diversité quand même !

Conclusions

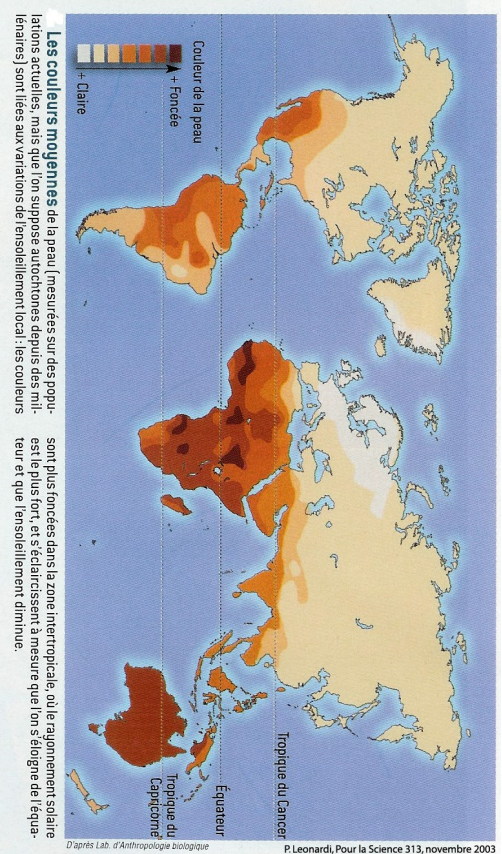


Prévalence du groupe sanguin O dans les populations actuelles.

- Interprète comme une sélection active du groupe O lié aux maladies parasitaires (ankylostomes et ascaris) :
 - parasites porteurs d'antigènes « A-like » et « B-like » ==> anticorps anti-A et anti-B chez les O ;
 - fort taux d'anticorps dans les sécrétions vaginales ==> contre-sélection des spermatozoïdes porteurs d'antigènes A ou B.

De la diversité quand même !

Conclusions



- **Compromis entre protection contre les UV et synthèse photo-induite de vitamine D.**

Conclusions

De la diversité quand même !

Persistence de la lactase à l'âge adulte (pourcentage dans la population). Convergence évolutive ?

- En Afrique : lait = source alimentaire supplémentaire ;
- en Europe : lait = source de calcium compensant la carence en vitamine D.

