

De Toumaï à Sapiens LA RUÉE VERS L'HOMME



Quoi de neuf chez nos ancêtres ?

Voilà une discipline au nom barbare, la paléanthropologie, qui en seulement quelques années s'est sérieusement dépoussiérée. De fait, c'est l'autre Big Bang... Au chapitre des origines, de l'Homme cette fois (pas de l'Univers!), le nouveau s'est fait de plus en plus vieux : *Ardipithecus kadabba*, *Orrorin*, Toumaï sont grosso modo deux fois plus anciens que Lucy, la célèbre Australopithèque exhumée trente ans auparavant ! De notre plus vieil ancêtre connu à ce jour, Toumaï (7 millions d'années), au petit homme de l'île de Flores (18 000 ans) en passant par le plus vieil Européen, *Homo georgicus* (1,8 million d'années) ou *antecessor* l'Espagnol (1,2 million d'années), l'actualité des fossiles est riche, complexe et pleine de rebondissements. Sur les branches de notre arbre généalogique, les pièces du puzzle s'assemblent petit à petit. D'abord pour dessiner la grande famille des hominidés. Pour nous aider aussi à comprendre ces histoires de « carrefours » qui, à chaque fois, nous ont fait diverger d'espèces de la lignée humaine désormais disparues. Avec un espoir peut-être illusoire : remonter un jour jusqu'au point d'embranchement où nous nous sommes séparés de nos cousins chimpanzés et bonobos. Plus réaliste : les fossiles doivent nous apprendre comment, partis d'Afrique, nous avons finalement peuplé toute la planète. Bref, voilà une exposition qui nous plonge dans d'authentiques questions existentielles. Et nous laisse, merci Mesdames et Messieurs les paléontologues, avec encore de multiples zones d'ombre pour laisser libre cours à notre imagination !

SCIENCE ACTUALITÉS

Une exposition de la rédaction de Science Actualités

Rédaction : Pedro Lima. Secrétariat de rédaction/maquette : Chantal Le Restif. Recherches iconographiques : Catherine Le Gallou, Denis Pasquier. Assistanat de production : Catherine Gaudry.

Conseiller scientifique : Yves Coppens.

Rédaction en chef : Alain Labouze et Isabelle Bousquet Maniguet.

Une coproduction Cité des sciences et de l'industrie / Muséum national d'histoire naturelle, en partenariat avec l'Institut de paléontologie humaine et des muséums en régions.



© 2003 PHOTO P. PLAILLY / EURELIOS - RECONSTITUTION ATELIER DAYNÉS PARIS



© 2007 PHOTO S. ENTRESSANGLE / EURELIOS - RECONSTITUTION ATELIER DAYNÉS PARIS

En hommage au
photojournaliste
Philippe Plailly,
disparu
accidentellement
le 18 juillet 2008.

1 FOSSILES : À LA RECHERCHE DU PLUS VIEIL ANCÊTRE

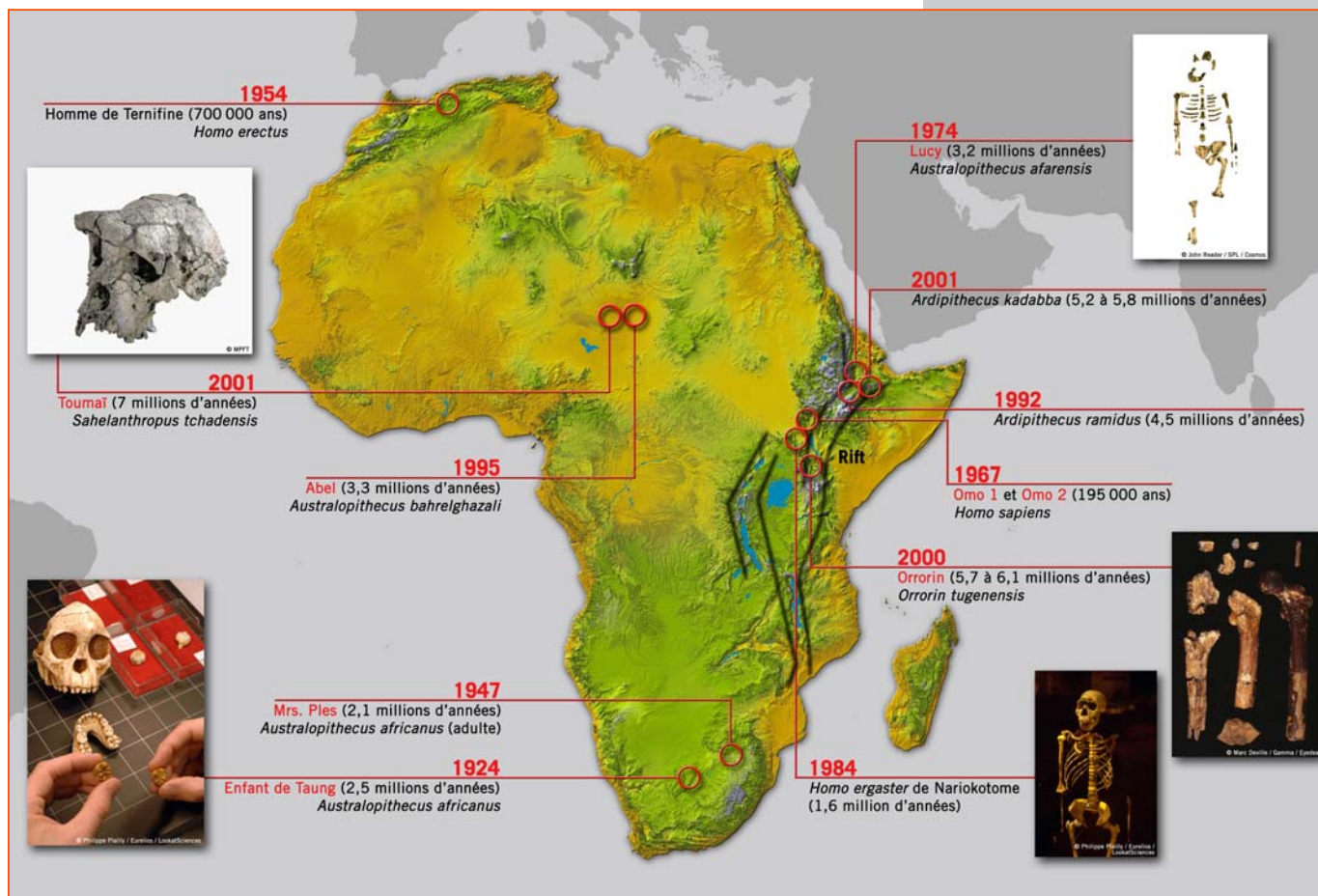
2 OUTILS ET DERNIÈRES TECHNIQUES DE LA PALÉOANTHROPOLOGIE

3 ORIGINES DE L'HOMME : NOUVEAUX SCÉNARIOS ET DÉBATS EN COURS

4 DEMAIN, QUELS ENJEUX POUR LA PALÉOANTHROPOLOGIE ?

1 FOSSILES : À LA RECHERCHE DU PLUS VIEIL ANCÊTRE

Quand la lignée humaine se sépare de celle des grands singes



© DIDIER MULLER / SCIENCE ACTUALITÉS (CSI) 2009

Aux origines était l'Afrique

Jusqu'à présent, c'est le continent africain qui a livré le plus grand nombre d'hominidés¹ fossiles, et les plus anciens d'entre eux. C'est également en Afrique que sont apparus les premiers représentants du genre *Homo*, ainsi que les premiers *Homo sapiens*, espèce à laquelle nous appartenons. Ce continent est donc vraisemblablement le berceau de l'espèce humaine,

comme l'avait déjà pressenti Charles Darwin en 1871, dans son ouvrage « La filiation de l'Homme ». À cette époque, les principaux fossiles connus sont européens, et les préhistoriens sont persuadés que l'homme est apparu en Europe.

1. Hominidés désigne ici tous nos ancêtres depuis la séparation de la lignée humaine d'avec celle des grands singes africains (gorilles, chimpanzés, bonobos) il y a 7 à 10 millions d'années. Pour certains scientifiques, les grands singes font partie de ce groupe et les membres de la lignée humaine sont alors appelés hominidés.

On sait aujourd'hui que l'homme et les grands singes ont un ancêtre commun. Les orangs-outans ont été les premiers à diverger vers 15 millions d'années, puis les gorilles et les chimpanzés. Hormis quelques scientifiques, la plupart pensaient, jusque dans les années 90, que la lignée des grands singes africains s'était séparée de celle de l'homme vers 5 millions d'années. Or, au début des années 2000, la découverte en Afrique de nouveaux fossiles des plus anciens représentants de la lignée humaine fait reculer de manière irréfutable l'âge du dernier ancêtre commun : la séparation pourrait avoir eu lieu il y a 7 à 10 millions d'années.

En effet, le plus vieux fossile d'hominidé connu à ce jour, *Sahelanthropus tchadensis* (Toumaï), accuserait déjà 7 millions d'années¹. Il serait suivi par *Orrorin tugenensis*, 6 millions d'années, puis par *Ardipithecus*

kadabba, 5,2 à 5,8 millions d'années. Toutefois, certaines caractéristiques, notamment au niveau de la dentition, font planer un doute sur le statut d'hominidé de l'*Ardipithecus*. Pour les plus vieux fossiles, le débat entre paléontologues est vif sur le statut plus ou moins humain de chaque prétendant. Est-ce si étonnant ? Pas vraiment. Plus on s'approche chronologiquement de la séparation entre hommes et singes, plus les fossiles présentent des caractères mélangés, propres aux deux lignées.

1. « Cosmogenic nuclide dating of *Sahelanthropus tchadensis* and *Australopithecus bahrelghazali* : Mio-Pliocene hominids from Chad », PNAS, 10, 1073, février 2008.

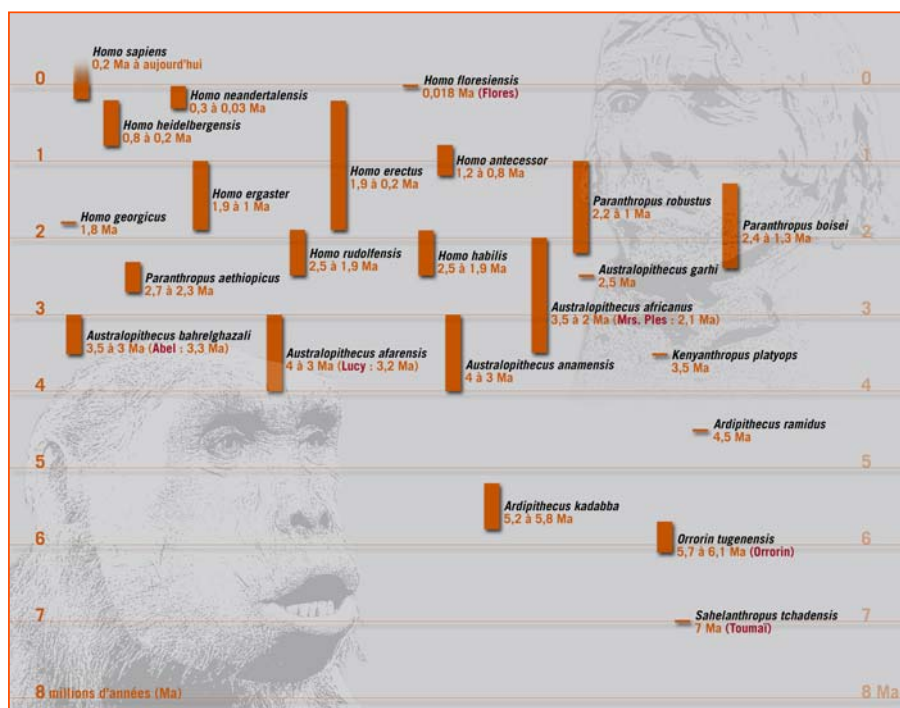
Toumaï, le plus ancien fossile d'hominidé

Découvert en juillet 2001 dans le désert du Djourab au Tchad par la mission paléoanthropologique franco-tchadienne (MPFT) dirigée par Michel Brunet, ce crâne est celui de *Sahelanthropus tchadensis*, surnommé « Toumaï », qui signifie en goran, la langue parlée dans la région, « espoir de vie », un nom donné aux enfants nés avant la saison sèche. La position du trou par lequel la moelle épinière pénètre dans la boîte crânienne – en dessous et non vers l'arrière comme chez les singes – fait dire à ses découvreurs que Toumaï était bipède.



© MPFT

1 FOSSILES : À LA RECHERCHE DU PLUS VIEIL ANCÊTRE



© DIDIER MULLER / SCIENCE ACTUALITÉS (CSI) 2009

Nos ancêtres...

de *Sahelanthropus tchadensis* à *Homo sapiens*

Si les chercheurs ne sont pas tous d'accord sur les liens de parenté qui unissent les hominidés – c'est-à-dire nos ancêtres depuis la séparation de la lignée humaine d'avec celle des grands singes –, la datation des fossiles exhumés sur le terrain permet de mieux connaître la chronologie de leur apparition et disparition, qui se déroule sur sept millions d'années, de *Sahelanthropus tchadensis* à *Homo sapiens*.

Lucy et ses frères : le règne des Australopithèques

Si les fossiles de plus de 5 millions d'années sont rares, le registre fossile des hominidés africains s'enrichit considérablement entre 4 et 1 million d'années. Ce sont ainsi **neuf espèces d'hominidés fossiles** qui apparaissent et disparaissent, de la Tanzanie au Tchad, en passant par le Kenya et l'Afrique du Sud, cohabitant parfois. Parmi elles, trois espèces de *Paranthropus* (*aethiopicus*, *boisei* et *robustus*), caractérisées par la robustesse de leur appareil masticatoire et de leur crâne, une espèce de *Kenyanthropus* (*platyops*) et cinq espèces d'*Australopithecus* (*anamensis*, *afarensis*, *africanus*, *bahrelghazali* et *garhi*), genre plutôt gracile, dont la célèbre **Lucy** qui, avec ses 3,2 millions d'années, a longtemps été le plus ancien fossile d'hominidé. Découverte à 10 kilomètres du site de Lucy et appartenant à la même espèce (*Australopithecus afarensis*), **Selam**, une enfant de trois ans, détient le record du plus jeune hominidé exhumé à ce jour¹. Elle a été à tort surnommée dans les médias « bébé de Lucy » alors qu'elle évoluait 100 000 ans avant elle ! Tous ces hominidés sont dotés d'une bipédie, plus ou moins affirmée, certains étant encore très arboricoles, et ils possèdent des cerveaux dont les volumes varient presque du simple au double (de 380 cm³ pour *Australopithecus afarensis* à 600 cm³ pour *Paranthropus boisei*).

1. « A juvenile early hominin skeleton from Dikika Ethiopia », *Nature*, 443, 7109, p.296-301, 21 septembre 2006.



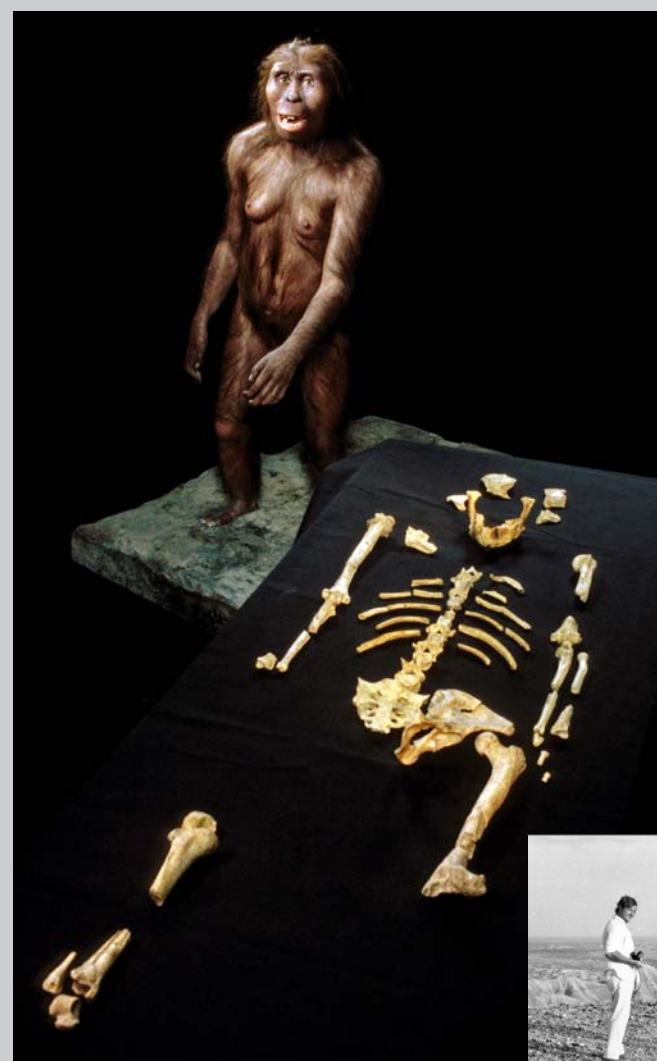
À peine 2 000 individus fossiles !

Le paléanthropologue dispose de peu d'indices pour comprendre l'origine et l'évolution de nos ancêtres. Au-delà des outils taillés, des restes de foyers ou des stries retrouvées sur les ossements d'animaux consommés par les hominidés, c'est surtout le fossile qui constitue la matière première indispensable aux chercheurs. Or, **la probabilité pour qu'un hominidé parvienne jusqu'à nous sous forme de fossile est infime**. Premier obstacle : la fossilisation¹ elle-même. Pour que ce processus puisse se dérouler, l'individu à sa mort doit être rapidement enseveli sous une couche de sédiments, avec le risque sinon d'être dévoré ou décomposé. Seules les parties dures, os et dents, vont se minéraliser car les tissus mous se désintègrent la plupart du temps trop vite. De plus, certains phénomènes peuvent interrompre la fossilisation. Ainsi, les sols forestiers, trop acides, ne permettent pas une conservation suffisante des os pour qu'ils se minéralisent. Enfin, pour nous parvenir, **le fossile doit se trouver découvert par l'érosion ou par le jeu hasardeux des « basculements tectoniques »**... Encore faut-il qu'un chercheur passe à proximité du site d'affleurement ! Résultat : les espèces d'hominidés connues grâce aux fossiles ne représentent qu'une infime partie de celles qui ont vécu, un « enregistrement fossile » estimé à 2 000 individus découverts environ... Bien peu, au regard des millions d'années que représente l'histoire évolutive des hominidés.

1. La fossilisation consiste en un très lent remplacement, sur des centaines voire des milliers d'années, des tissus vivants par des substances minérales.

La très médiatique Lucy

Détrônée du titre de grand-mère de l'Humanité, Lucy occupe toujours une place de choix dans notre arbre généalogique. À partir des 52 fragments



osseux exhumés dans les collines éthiopiennes de Hadar le 24 novembre 1974 (ci-dessous, Yves Coppens et Donald Johanson, deux des découvreurs de Lucy), le sculpteur Elisabeth Daynès, avec l'aide de scientifiques, a redonné de la chair à cette femelle âgée d'une vingtaine d'années.

© 2005 PHOTO P. PLAILLY / EURELIOS - RECONSTITUTION ATELIER DAYNÈS PARIS

© MAURICE TAIEB

1 FOSSILES : À LA RECHERCHE DU PLUS VIEIL ANCÊTRE

L'avènement des premiers *Homo*



© JAN WOITAS / EPA / CORBIS

Neandertal : si près, si loin...

Premier hominidé fossile découvert en Europe, *Homo neandertalensis*¹ est apparu il y a au moins 300 000 ans et a mystérieusement disparu il y a 30 000 ans, après avoir longtemps cohabité avec les hommes modernes. On pensait que l'homme de Neandertal était confiné dans les territoires de l'Europe, du Proche-Orient et des plaines ouzbèkes d'Asie Centrale mais, grâce à l'analyse récente d'une partie de son matériel génétique à l'Institut Max-Planck (Allemagne), on sait désormais que sa répartition s'étend jusqu'aux montagnes de l'Altai (Sibérie). Sur la photo, trois scientifiques spécialisés dans l'analyse de l'ADN néandertalien – Michael Egholm, Svante Pääbo et Ralf W. Schmitz – tenant un os de Neandertal.

1. Il a d'abord été découvert en 1828 en Belgique, puis en 1856 dans la vallée allemande qui lui a donné son nom.

La naissance de *sapiens*

Les premiers fossiles appartenant de façon certaine à notre espèce, *Homo sapiens*¹, datent d'environ 195 000 ans et proviennent d'Éthiopie (voir partie 3). Les *Homo sapiens* se caractérisent par un squelette plus léger que celui des autres *Homo*, une taille moyenne d'1,70 m, un menton marqué et un crâne rond dont le bourrelet sus-orbitaire a tendance à disparaître. La face et les dents continuent, elles, à diminuer de taille, tandis que le volume crânien dépasse parfois 1 600 cm³. **Au-delà des différences anatomiques, *Homo sapiens* se distingue surtout par ses pratiques culturelles et symboliques.** Il enterre ses morts² et réalise des parures corporelles. À partir de 40 000 ans, il fabrique des pointes de pierre et d'os ligaturées à l'extrémité de lances en bois très dur, obtenant ainsi des armes redoutables. *Homo sapiens* se sert, pour confectionner ses vêtements, d'aiguilles et de boutons. Enfin, il invente l'art, dont l'expression la plus aboutie a pour cadre l'obscurité magique des cavernes. Là, en peignant des bisons, des chevaux et des rhinocéros au réalisme saisissant, *Homo sapiens* s'extrait en grande partie des contingences de l'adaptation et de la survie, pour entrer de plain-pied dans la culture et la civilisation.



1. Certains scientifiques considèrent les Néandertaliens comme une sous-espèce de la nôtre et non comme une autre espèce. Ils la dénomment *Homo sapiens neandertalensis* par opposition à *Homo sapiens sapiens* qui, selon eux, devrait nous définir.
2. *Homo Sapiens* partage cette spécificité avec l'homme de Neandertal.

Il y a environ 2,5 millions d'années, dans les savanes d'Afrique de l'Est et du Sud peuplées par les Australopithèques et les Paranthropes, des hominidés d'un genre nouveau font leur apparition¹. Ce sont les premiers représentants du genre humain. Leurs noms : *Homo habilis* et *Homo rudolfensis*, dont la capacité crânienne, de 550 à 750 cm³, et la mâchoire plus réduite, les distinguent des autres hominidés. Ils sont également inventeurs de la première technique de taille de pierre, dite « oldowayenne », du nom du site d'Olduvai où elle a été décrite. Et surtout, ils sont **les premiers hommes à quitter le berceau africain, pour se disperser à travers l'Europe et l'Asie.** On les retrouve ainsi sous

des formes différentes en Géorgie, sur le site de Dmanissi. Encore plus proches de nous d'un point de vue évolutif, les *Homo ergaster*, suivis de près par les *Homo erectus*, dont la présence est avérée autour de 1,9 million d'années. Ils se ressemblent tellement qu'ils sont parfois regroupés au sein de la même espèce, *Homo erectus*². Ces hominidés sont les premiers à acquérir une bipédie permanente comparable à la nôtre, abandonnant définitivement le monde des arbres.

1. L'homme serait né d'un changement climatique selon une hypothèse émise par Yves Coppens en 1975, l'(H)omo Event, démontrant la corrélation entre l'émergence du genre *Homo* et l'assèchement survenu il y a 2,5 millions d'années.

2. Néanmoins, des différences existant entre les fossiles africains et asiatiques, l'appellation *Homo ergaster* est souvent utilisée – comme ici dans cette exposition – pour désigner les fossiles africains, et *Homo erectus*, les fossiles asiatiques.

Flores, le petit dernier de la famille

En octobre 2004, la revue *Nature* publie la découverte, dans l'île indonésienne de Flores, d'un hominidé fossile daté de 18 000 ans à peine, appartenant à une nouvelle espèce : *Homo floresiensis*. Petite taille, cerveau réduit (ici, un moulage du crâne dans les mains de Tony Djubantono, qui fait partie de l'équipe qui a découvert l'homme de Flores), ses mensurations modestes n'empêchent pas le nouveau venu de justifier de capacités cognitives évoluées, comme en attestent les outils découverts à proximité des fossiles, et les traces de feu maîtrisé. Depuis, son statut d'espèce à part entière est régulièrement remis en cause. Récemment, une étude australienne propose que l'Homme de Flores soit en réalité un *Homo sapiens* atteint d'une carence en iode, expliquant ainsi sa petite taille¹.

1. « Are the small human-like fossils found on Flores human endemic cretins? », *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 275, 1640, 7 juin 2008.



© LAURENT ORLUC / LOOKATSCIENCES

De la prospection géologique à la fouille méthodique



© BRIGITTE SENUT / MNHN

Le terrain, un laboratoire à ciel ouvert

Les paléontologues effectuent régulièrement des missions sur le terrain pour traquer de nouveaux fossiles – ici en Ouganda et au Kenya dans le cadre de la mission de paléontologie en Afrique sub-saharienne (MAE/CNRS/MNHN) dirigée par Brigitte Senut. Le tamisage à sec, puis à l'eau, fait partie des premières étapes de la recherche. Lorsqu'un fossile est repéré mais difficile à dégager, un moulage est effectué sur place.

Recherche nouveau fossile inlassablement !

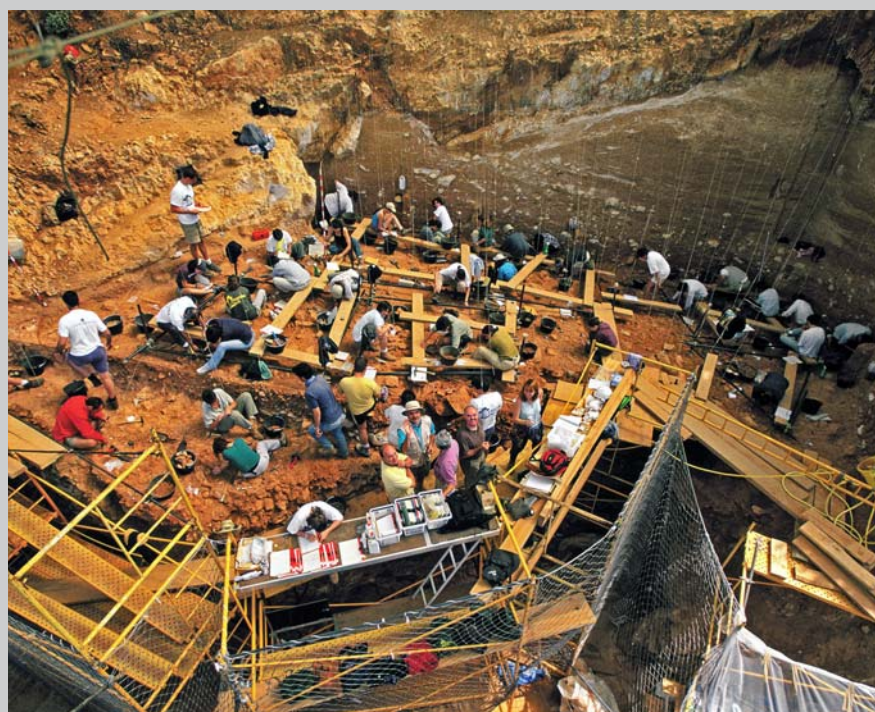
De retour au laboratoire, les chercheurs soumettent le fossile exhumé à une batterie d'analyses. Ce travail s'effectue souvent sur des moulages en silicone, les originaux étant trop fragiles, ou précieux, pour être manipulés. La première étape est l'observation et la description qui en découle ; et puis, plus fastidieuse, la réalisation de centaines de mesures anatomiques, comme la longueur des os, les dimensions de la mandibule ou l'épaisseur de l'émail dentaire. Grâce à l'imagerie médicale, qui permet d'obtenir des images en trois dimensions des fossiles, et au calcul informatique, cette phase de mesure se fait avec une précision toujours plus grande. Les nombreuses données anatomiques ainsi obtenues permettent de comparer précisément le vestige avec les fossiles déjà connus. Il est également comparé avec les données morphologiques de l'homme moderne et des grands singes actuels. **Un travail de comparaison qui permet de situer précisément le fossile étudié sur l'arbre généalogique des hominidés**, en établissant son degré de parenté avec les différentes espèces existantes. Si ses caractéristiques morphologiques le différencient suffisamment de toutes les espèces déjà connues, les auteurs lui attribuent un nouveau nom. Une proposition qui devra encore être acceptée par la communauté scientifique...

Pour choisir les sites de fouille, les paléoanthropologues ne laissent rien au hasard. Ils sont aidés des géologues, qui identifient au préalable les terrains favorables à la conservation des fossiles : bordures d'anciens lacs ou embouchures de fleuves. Des prises de vue aériennes, et plus récemment des images satellitaires, guident également ces prospections. Afin d'augmenter leurs chances de succès, les chercheurs d'os ont tendance à privilégier les terrains qui ont déjà livré des fossiles, mais s'aventurent aussi dans des secteurs non encore prospectés. Les milieux forestiers équatoriaux, qui constituent des terrains couverts, n'attirent guère les équipes de fouille, de même que les zones politiquement instables, voire dangereuses, en raison de troubles et de conflits. **Outre les restes d'hominidés fossiles, les chercheurs recueillent les fossiles d'animaux et de végétaux pour comprendre**

l'évolution des autres êtres vivants et l'environnement associé aux hominidés. Les sédiments permettent, quant à eux, de dater les différentes couches géologiques. Si le site tient toutes ses promesses, et que de nouveaux fossiles font leur apparition, la fouille se poursuit. Ainsi, le gisement kényan de Koobi Fora, qui a livré en 1972 le premier *Homo rudolfensis*, est toujours exploité de nos jours. Et le grand site éthiopien de la vallée de l'Omo, qui a fourni le premier *Paranthropus aethiopicus* en 1967, l'est à nouveau.

Chantier de fouilles

Lorsque la prospection conduit à la découverte d'un premier fossile affleurant (ici, le site d'Atapuerca en Espagne), la fouille peut commencer. Les chercheurs dégagent alors patiemment les restes de leur gangue minérale, la plupart du temps quelques os ou dents épars, au grattoir et au pinceau ; sans oublier les outils de pierre, et les restes de foyer, qui constituent des éléments d'information précieux. Un véritable travail de fourmi qui peut prendre des mois, voire des années. Découvert en 1997 sur le site sud-africain de Sterkfontein, un Australopitèque fossile est toujours en cours de dégagement !



© JAVIER TRUEBA / LOOKATSCIENCES



© VINCENT MONCORGE / LOOKATSCIENCES

Attention, ADN fossile !

Dans ce laboratoire français¹, une équipe de chercheurs est parvenue à déchiffrer une partie de l'ADN d'un Néandertalien datant de 100 000 ans – l'ADN le plus ancien étudié à ce jour – après l'avoir extrait d'une molaire trouvée dans la grotte de Scladina en Belgique, et amplifié au laboratoire². Le principal risque, lorsqu'on manipule de l'ADN ancien, est de le contaminer avec son propre ADN. Il faut donc prendre des précautions particulières, qui transforment le laboratoire en bloc opératoire et les chercheurs en chirurgiens !

1. Laboratoire de paléogénétique et évolution moléculaire (CNRS, Inra) installé à l'École normale supérieure de Lyon et dirigé par Catherine Hänni. 2. « Revisiting Neandertal diversity with a 100,000 year old mtDNA sequence », *Current Biology* 16, 11, p.400-402, 6 juin 2006.

La datation des fossiles

La paléanthropologie est une science historique... La datation d'un fossile permet de le situer dans le temps mais aussi de déterminer la durée de vie d'une espèce. Il existe des méthodes de datations relatives, comme la **stratigraphie** ou le **paléomagnétisme**, qui déterminent la chronologie des couches géologiques que fouillent les chercheurs. Et des méthodes de datations absolues, qui fournissent des dates parfois très précises. Parmi elles, certaines s'appliquent directement au fossile, tandis que d'autres datent les sédiments et les minéraux qui lui sont associés. La méthode la plus répandue, appelée **radiochronologie**, est basée sur le comptage d'atomes radioactifs dans le matériau, proportion qui varie au cours du temps. Historiquement, le **carbone 14** a été le premier élément étudié, mais il ne permet pas de dater des vestiges au-delà de 50 000 ans. D'autres méthodes basées, par exemple, sur le **comptage d'atomes de potassium et d'argon** permettent de remonter beaucoup plus loin dans le temps. Le plus souvent, les chercheurs croisent plusieurs techniques, les unes validant ou infirmant les résultats fournis par d'autres. Un luxe de précautions indispensable car, sans datations fiables, toutes les théories patiemment échafaudées par les paléanthropologues s'effondrent : elles ne racontent plus l'Histoire mais une histoire !

L'ADN au service de la compréhension de nos origines

L'ADN permet d'obtenir des informations sur l'origine et l'évolution des hominidés de deux façons. La première consiste à comparer les génomes d'espèces actuelles, en particulier l'homme et les autres primates, pour estimer la date de leur séparation au cours de l'évolution. Cette méthode est basée sur le principe de l'horloge moléculaire : plus le nombre de différences génétiques entre espèces est important, plus leur date de séparation est éloignée. Avec ce principe, **la lignée humaine et celle des chimpanzés se seraient séparées il y a environ 7 millions d'années**.

Mais cela implique que les mutations à la base de l'évolution apparaissent de façon régulière. Or, les fossiles indiquent au contraire que des phases d'accélération évolutive se produisent, en particulier sous l'effet d'événements climatiques. Autre approche : déchiffrer l'ADN d'un fossile et comparer sa séquence à celle d'autres espèces. Depuis plus de dix ans, **la comparaison des séquences d'ADN de Neandertal et d'*Homo sapiens* penche en faveur de deux espèces distinctes**¹. Mais ces études portent presque uniquement sur l'ADN mitochondrial, présent en grande quantité dans les cellules, mais ne contenant pas l'information génétique propre à chaque individu². Depuis peu, l'accès à l'ADN nucléaire fossile devrait améliorer l'apport de la génétique à la paléanthropologie (voir partie 4).

1. « Neandertal DNA sequences and the origin of modern human », *Cell*, 90, 1997.

2. « A complete Neandertal mitochondrial genome sequence determined by high-throughput sequencing », *Cell*, 134, 416-426, 8 août 2008.

La confirmation de l'âge de Toumaï

Jusqu'à récemment, l'âge de Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*) n'était estimé que par des méthodes indirectes, c'est-à-dire par l'étude de mammifères fossiles découverts dans le même gisement. Mais une équipe française vient de dater la couche sédimentaire où reposait Toumaï¹. La méthode, déjà employée pour dater des sédiments marins, est basée sur la mesure d'un élément radioactif appelé béryllium 10. Résultat : Toumaï est âgé de 6,9 à 7,2 millions d'années, confirmant ainsi son très grand âge.

1. « Cosmogenic nuclide dating of *Sahelanthropus tchadensis* and *Australopithecus bahrelghazali*: Mio-Pliocene hominids from Chad », *PNAS*, 27 février 2008.



Dispositif ayant servi à dater Toumaï...

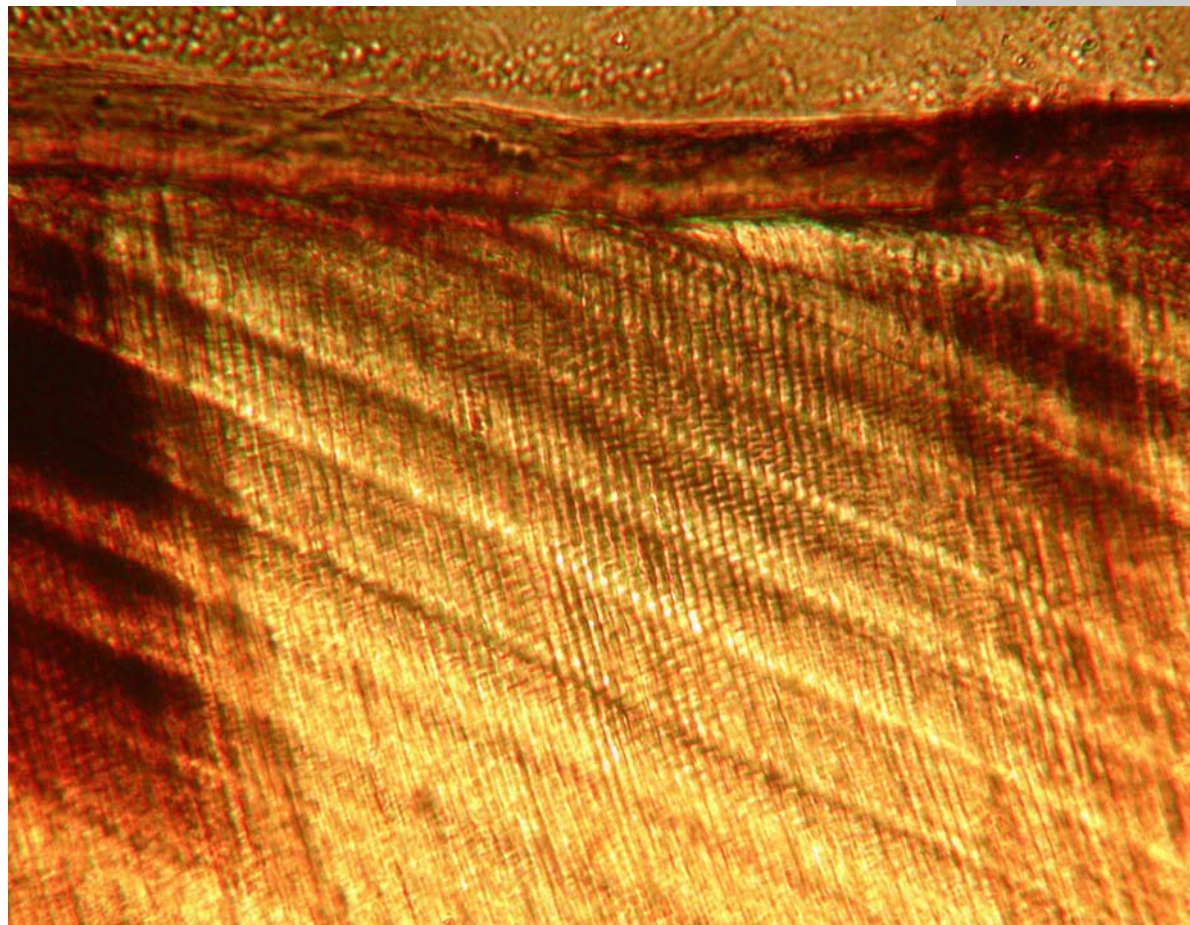
© LNC 2008



Désert du Djourab, Tchad

© MPFT 2005

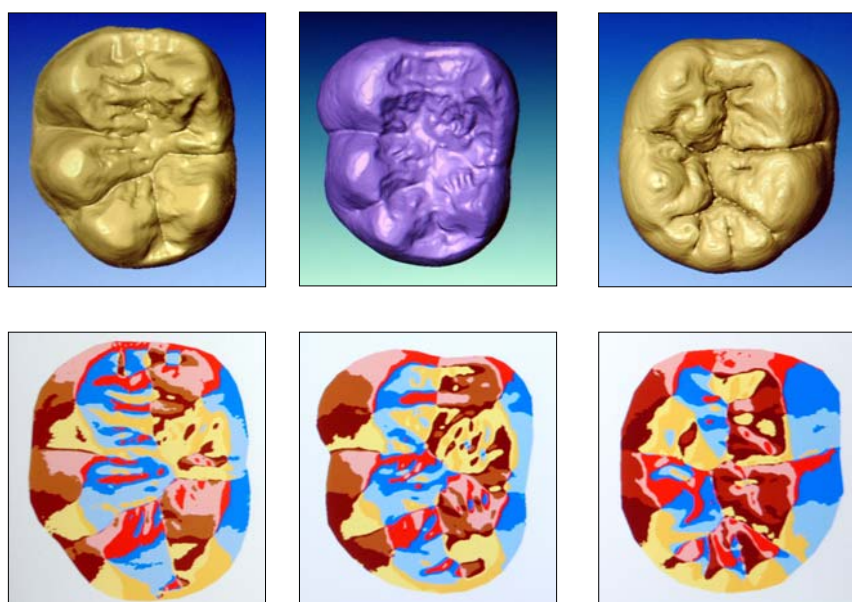
Les dents, une source d'informations intarissable



© FERNANDO RAMIREZ-ROZZI / CNRS

Signature dentaire

Le mode de développement dentaire est propre à chaque espèce. Ci-dessus, les lignes de croissance dans l'émail d'une dent d'un *Homo neandertalensis*, observées au microscope confocal.



© PHILIPPE PLAILLY / EURELIOS / LOOKATSCIENCES

En haut et de gauche à droite, des moulages de dents provenant d'individus des genres *Gorilla*, *Pan* – chimpanzé – et *Homo*. En bas, les mêmes dents scannées à l'Institut Max-Planck grâce à un appareil qui permet une résolution de 0,8 micron, soit 700 fois plus finement qu'avec un scanner médical.

Les dents constituent les découvertes fossiles de loin les plus fréquentes, car elles sont formées d'un émail dur qui résiste mieux au temps que les ossements. Leur taille, leur forme, ainsi que leur vitesse de croissance sont caractéristiques des différentes espèces, ce qui permet d'attribuer un fossile à une espèce à partir d'une simple dent. **Les Néandertaliens sont ainsi caractérisés par une croissance dentaire rapide, alors que celle des hommes modernes est plus lente.** Grâce à la « tracéologie », c'est-à-dire à l'étude des microstriations présentes à la surface des dents, les chercheurs peuvent aussi établir le régime alimentaire de l'hominidé. Enfin, grâce au laser, en analysant les différents isotopes d'un élément radioactif – le

strontium – dans une dent de Néandertalien qui vivait en Grèce il y a 40 000 ans, des paléoanthropologues ont récemment reconstitué en partie ses déplacements¹ ! En effet, les différentes formes de strontium sont caractéristiques des roches dans lesquelles ruisselait l'eau bue par le Néandertalien. Or les chercheurs connaissaient les compositions en strontium des sites environnant le lieu de la découverte du fossile. En analysant la dent, ils ont pu voir que l'homme de Neandertal avait bu à telle ou telle source et donc s'était déplacé vers tel ou tel site.

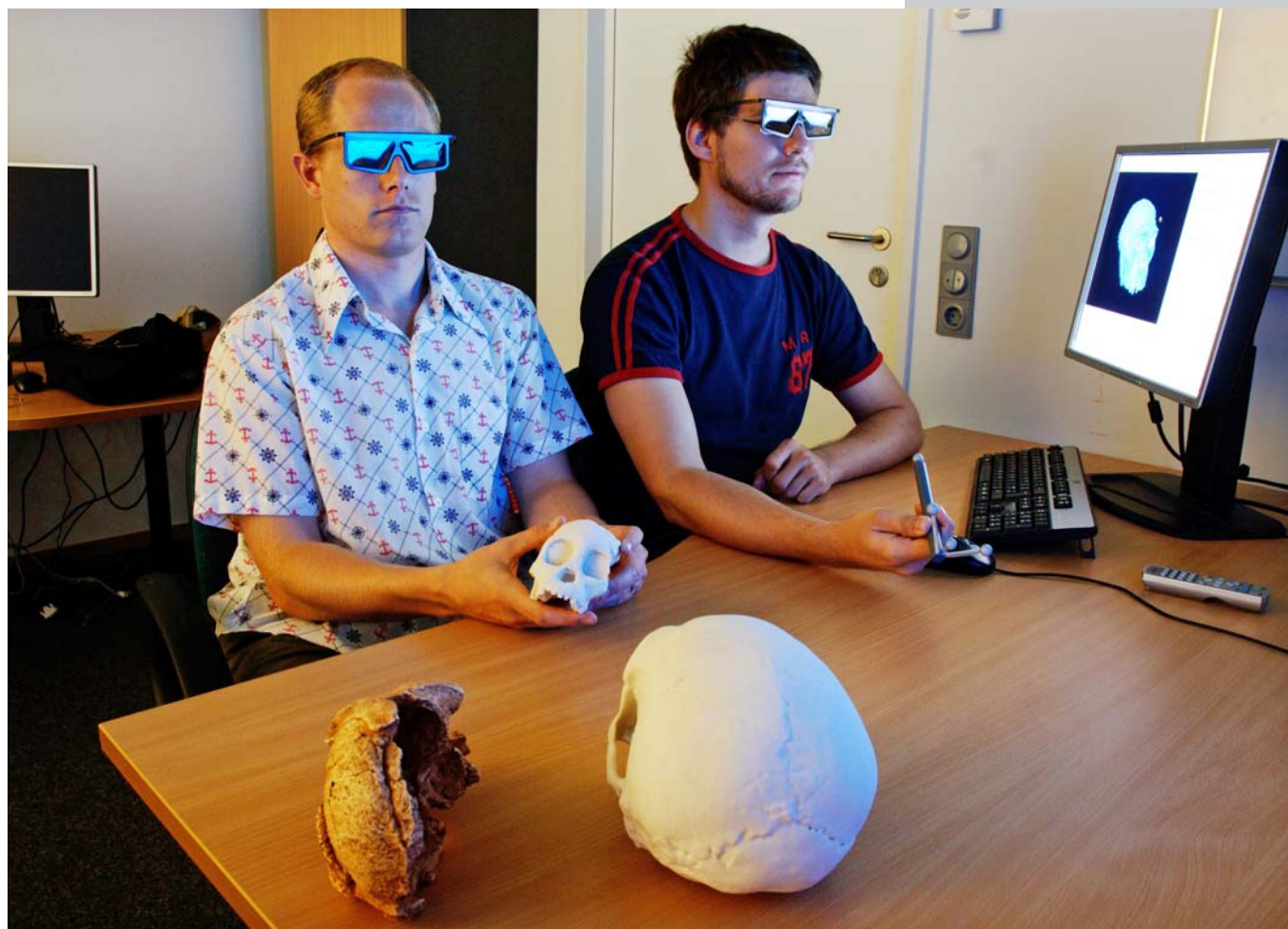
1. « Strontium isotope evidence of Neanderthal mobility at the site of Lakonis, Greece, using laser-ablation », *Journal of Archaeological Science*, 11 février 2008.

Ci-dessous, une dent découverte le 27 juin 2007 sur le site espagnol d'Atapuerca et attribuée à un *Homo antecessor* qui vivait il y a 1,2 million d'années.



© JORDI MESTRE / IPHES

Les fossiles à l'heure de la révolution virtuelle



Grâce à l'amélioration des techniques d'imagerie et à la puissance de calcul des ordinateurs, les paléanthropologues accèdent à des informations nouvelles. **L'imagerie anatomique** (scanner, tomodensitométrie, échographie) **génère des images numériques des fossiles en deux ou trois dimensions, qui permettent de visualiser des structures invisibles à l'œil nu**, comme l'oreille interne ou les sinus. Autre avantage : l'image virtuelle peut être analysée et mesurée par l'outil informatique, ce qui permet d'obtenir des données morphologiques d'une grande précision.

L'Enfant virtuel de Taung

Plus de quatre-vingts ans après sa découverte en Afrique du Sud, le crâne de l'Enfant de Taung, premier spécimen de l'espèce *Australopithecus africanus*, fait encore l'objet de nombreuses recherches. À l'Institut Max-Planck de Leipzig (Allemagne), imagerie de pointe et calculs informatiques offrent ici une image du fossile en 3D. Au premier plan sur la table, le moulage du crâne de l'enfant tel qu'il a été découvert.



De plus, **certains logiciels permettent de reconstituer un crâne ou un squelette complet à partir de fragments épars** et ce, sans altérer les fossiles comme cela peut se produire lorsqu'on réalise un moulage en silicone qui oblige à manipuler l'original. Enfin, grâce à l'outil informatique, il est également possible, dans une certaine mesure, de compenser les déformations

subies sous terre par le fossile et donc de lui redonner sa forme initiale. Pourtant, malgré toute leur puissance, ces techniques ne sauraient remplacer l'expérience acquise par les chercheurs d'abord sur le terrain, puis en laboratoire, grâce à la simple observation, préalable indispensable à l'interprétation correcte des fossiles.

L'homme de Yunxian reconstitué

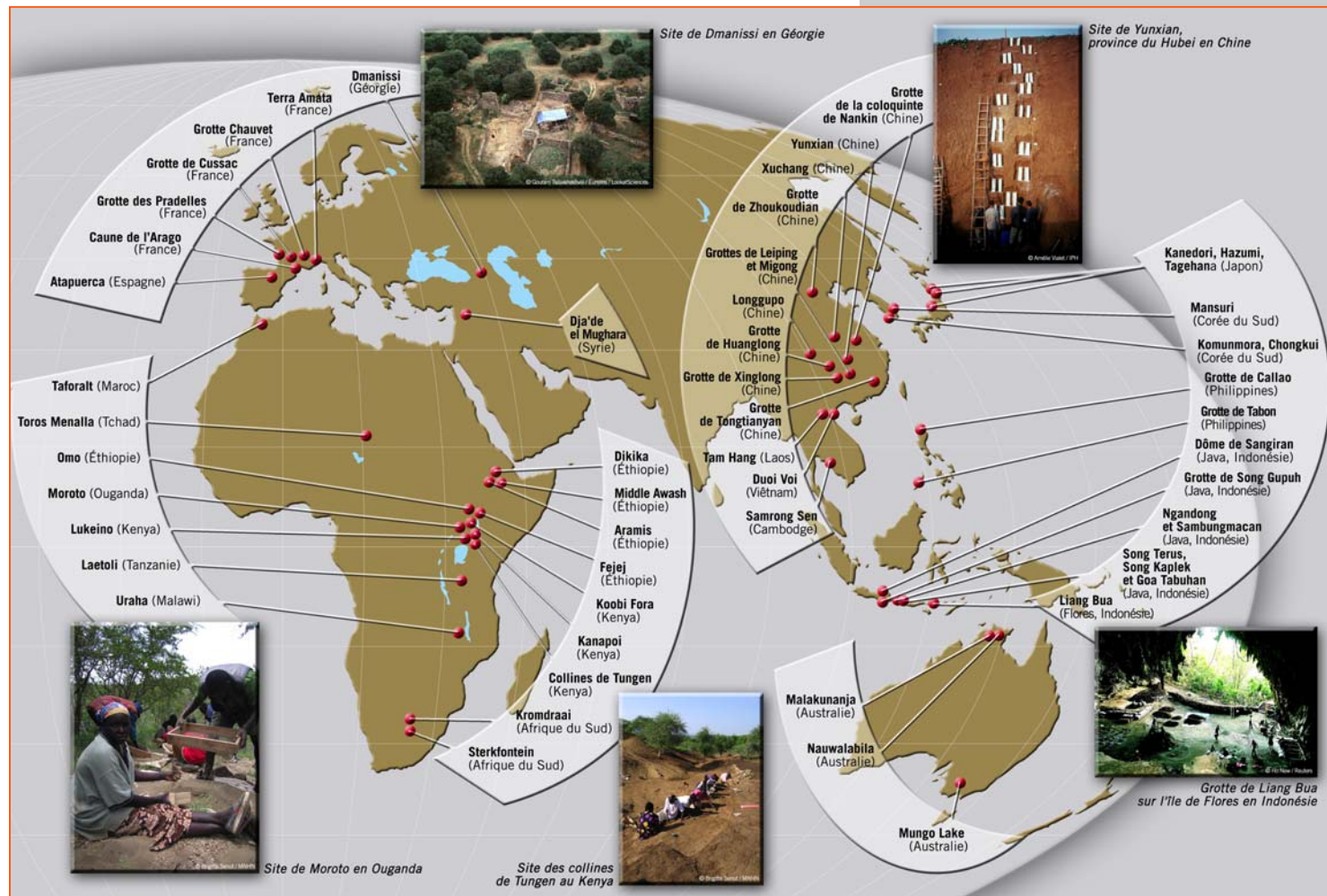
Écrasé lors de sa fossilisation, le crâne de Yunxian découvert en Chine et daté de 936 000 ans¹ (à gauche), a été reconstitué virtuellement (au centre, prototype de la reconstitution) en utilisant les données d'un deuxième crâne (à droite) mis au jour sur le même site². Après que les fossiles eurent été scannés et les images numérisées, des logiciels informatiques ont permis de compenser l'aplatissement du crâne, de restaurer les disjonctions osseuses et de compléter certaines parties manquantes. Il a également été possible de calculer plus précisément le volume endocrânien, estimé à environ 1 050 cm³.

1. La datation de ce fossile a été effectuée grâce au paléomagnétisme. Cette méthode consiste à étudier l'orientation de particules magnétiques enfermées dans les sédiments, sachant qu'au fil des temps géologiques l'orientation du pôle magnétique terrestre s'est inversée de nombreuses fois et que l'âge de ces inversions est connu.
2. « Le site de l'homme de Yunxian », CNRS éditions, 2008.



3 ORIGINES DE L'HOMME : NOUVEAUX SCÉNARIOS ET DÉBATS EN COURS

Du chaînon manquant au buissonnement d'espèces



© DIDIER MULLER / SCIENCE ACTUALITÉS (CSI) 2009

Douze années ont passé depuis la publication de « L'origine des espèces » lorsque Charles Darwin expose sa vision des origines de l'homme dans un ouvrage intitulé « La filiation de l'Homme »¹. Pour le naturaliste anglais, l'émergence de l'homme correspond à l'apparition de caractéristiques nouvelles à partir d'un ancêtre singe : bipédie, fabrication d'outils, augmentation de la taille du cerveau et acquisition de l'intelligence.

La quête du fameux chaînon manquant, mi-homme, mi-singe, censé confirmer la théorie, peut commencer. Les paléontologues vont traquer ce fossile

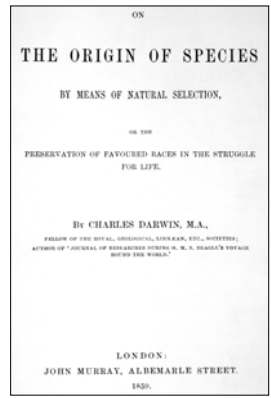
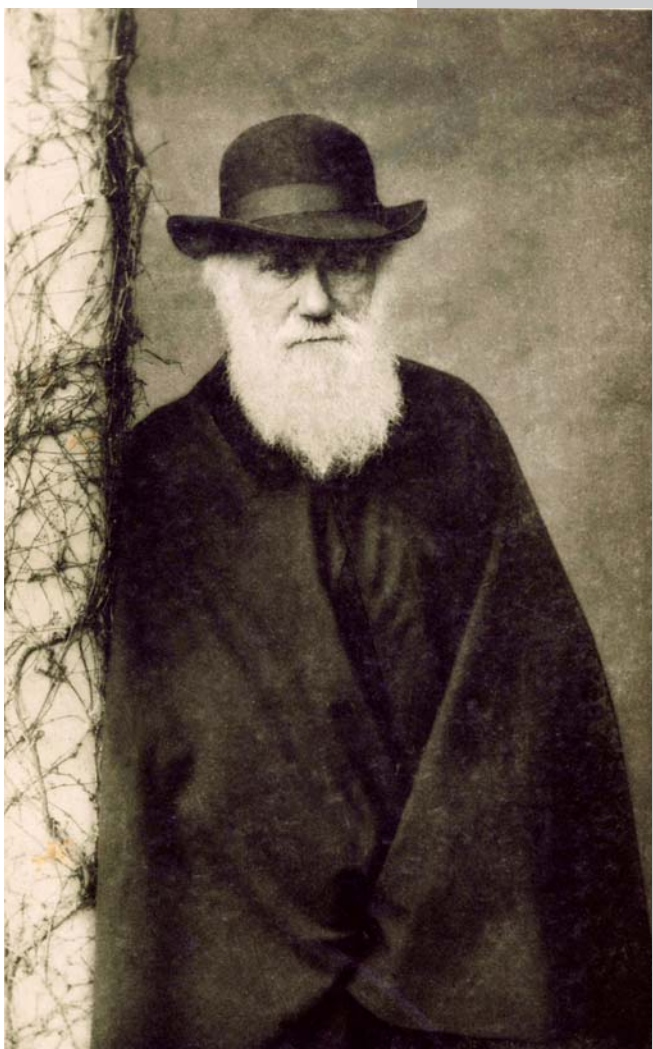
Principaux sites de fouilles dans le monde

Pour des raisons historiques et géologiques, l'Afrique est un continent très prospecté par les paléanthropologues. Fruits de collaborations internationales, les fouilles sont programmées et s'inscrivent dans le temps, certains sites pouvant être exploités durant plusieurs décennies. Mais depuis quelques années, les

fouilles se multiplient en Asie, notamment à l'occasion de grands travaux d'aménagement du territoire (canal, barrages, etc.). En Chine, par exemple, les chercheurs ont mené de nombreuses campagnes de prospection dans l'ouest de la province du Hubei et dans la région des Trois-Gorges.

Darwin et l'évolution des espèces

Par crainte de réactions trop hostiles, Charles Darwin se garde bien – dans son ouvrage intitulé « L'origine des espèces » et publié en 1859 – d'étendre à l'homme sa théorie de l'évolution, basée sur l'apparition de formes nouvelles sélectionnées par leur plus grande aptitude dans un environnement donné. À l'époque, l'idée même de transformation graduelle des formes animales est encore contestée, et l'homme occupe une place à part, d'essence divine, dans le monde vivant.



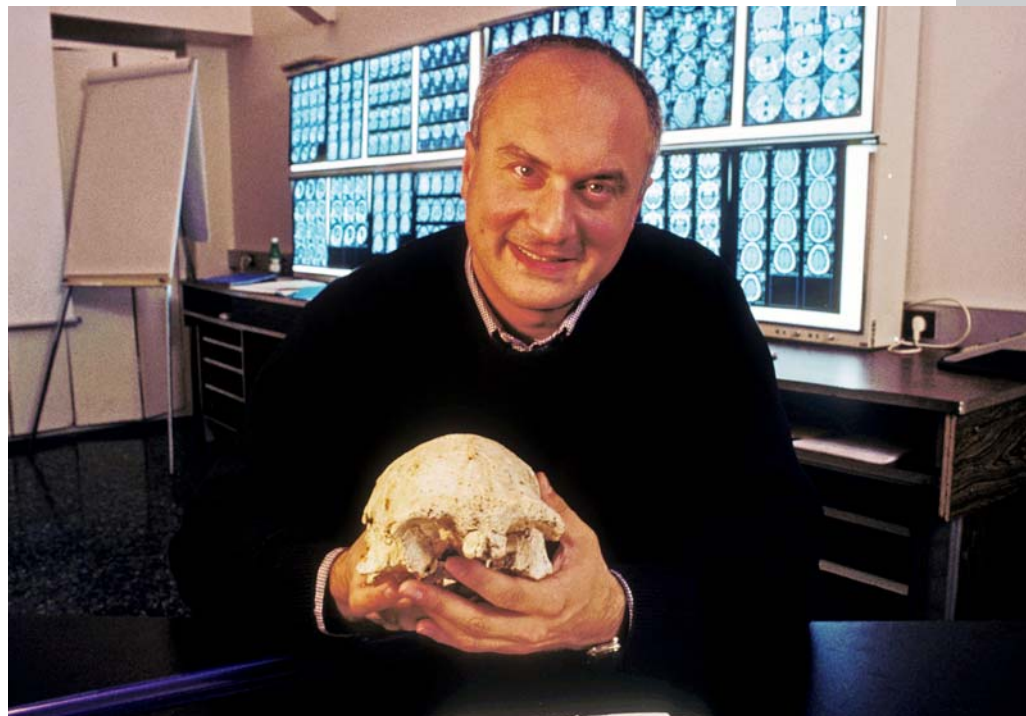
successivement en Europe, en Asie, puis en Afrique. Mais en vain. Avec la multiplication des espèces fossiles découvertes depuis un demi-siècle, la notion de chaînon manquant perd son sens. Elle sous-entend en effet un schéma linéaire de l'évolution humaine. À ce scénario se substitue aujourd'hui une vision plus complexe et contrastée de nos origines : plusieurs espèces humaines et pré-humaines auraient évolué dans le temps et l'espace, parfois en cohabitant. Et une seule d'entre elles a survécu, la nôtre : *Homo sapiens*. Une espèce que le paléontologue américain Stephen Jay Gould définissait comme « un petit rejet à peine émergé sur un arbre généalogique gigantesque et ancien ».

Quant aux grands singes, il est peut-être bon de rappeler qu'ils ont eux aussi poursuivi leur évolution depuis leur séparation d'avec la lignée humaine.

1. Le titre original est « The Descent of Man, and Selection in relation to Sex ».

3 ORIGINES DE L'HOMME : NOUVEAUX SCÉNARIOS ET DÉBATS EN COURS

Les grands ancêtres prennent de l'âge



© PHILIPPE PLAILLY / EURELIOS / LOOKATSCIENCES

Les plus vieux Européens

David Lordkipanidze, directeur du Muséum national de Géorgie à Tbilissi, avec l'un des deux crânes d'*Homo georgicus* mis au jour à Dmanissi en 1999, daté d'environ 1,8 million d'années, et scanné à l'hôpital des Quinze-Vingts à Paris. En moins de dix ans, le site géorgien a livré 4 crânes, 3 mandibules, 15 dents et 35 os des membres et de la colonne vertébrale. Ces fossiles ont repoussé dans le temps la première migration de nos ancêtres hors du berceau africain.

Une sortie d'Afrique plus ancienne que prévue

Jusqu'à récemment, pour la plupart des paléoanthropologues, la première sortie d'Afrique par une espèce humaine – *Homo erectus* ou *ergaster* – ne faisait guère de doute et était située autour d'un million d'années. Mais plusieurs découvertes viennent de reculer considérablement la date de cet événement. Ainsi, dans la grotte de la « Sima del Elefante », sur le site espagnol d'Atapuerca, les chercheurs ont exhumé une mandibule ayant appartenu à une femme, de l'espèce *Homo antecessor*, qui vivait il y a 1,2 million d'années¹. En outre, depuis plusieurs années, des restes d'hominidés datés d'1,8 million d'années ont été découverts à Dmanissi, en Géorgie. Conséquence : **la première vague de migration hors du continent africain a dû se dérouler il y a au moins deux millions d'années**. Autre enseignement : avec leur cerveau relativement petit et leurs membres inférieurs longilignes, bien adaptés à la marche, les hommes de Dmanissi, baptisés *Homo georgicus*, seraient plus proches anatomiquement des *Homo habilis* que des *Homo erectus* ou *ergaster*². Ces derniers n'auraient donc été ni les premiers, ni les seuls à s'aventurer hors du berceau de l'Humanité.

1. « The first hominin of Europe », Nature, 452, 7186, 27 mars 2008.

2. « Postcranial evidence from early Homo from Dmanisi, Georgia », Nature 449, 7160, 20 septembre 2007.



En 2008, la datation du crâne de Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*), entre 6,9 et 7,2 millions d'années (voir partie 2), fait grand bruit. Toumaï se situe en effet autour d'un moment clé de l'évolution humaine : celui de la divergence entre la lignée des hominidés, conduisant à la nôtre, et celle des chimpanzés. Conséquence de l'annonce : cette divergence se serait produite entre 7 et 10 millions d'années. Depuis quelques années, **la découverte au Kenya et en Éthiopie de fossiles (essentiellement des dents) de grands singes dans des niveaux datés de 6, 10 et 12,5 millions d'années permet d'affirmer que la séparation entre grands singes et hommes a bien eu lieu en Afrique**¹. Si les fossiles ne cessent de reculer la date de notre « naissance », la génétique, elle, se charge de compliquer le tableau. En comparant le génome des hommes et des grands singes actuels, des biologistes ont en effet conclu² que nous ne serions pas issus, comme on le pensait, d'une unique séparation avec nos cousins chimpanzés. Bien au contraire, notre lignée serait le fruit de multiples et complexes mélanges entre « pré-humains » et « proto-chimpanzés » ! Mais cette conclusion est peu prise en considération dans le monde naturaliste des paléoanthropologues.

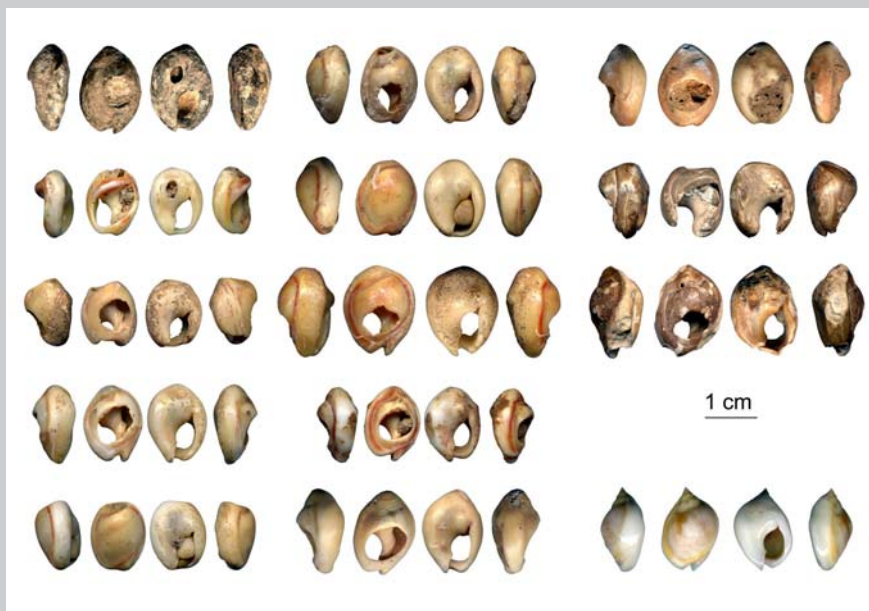
1. « Hominoid teeth with chimpanzee and gorilla-like features from the Miocene of Kenya: implications for the chronology of the ape-human divergence and biogeography of Miocene hominoids », Anthropological Sciences, publié en ligne le 13 juillet 2004 ; « A new species of great ape from the late Miocene epoch in Ethiopia », Nature 448, 921-924, 23 août 2007 ; « A new Late Miocene great ape from Kenya and its implications for the origins of African great apes and humans », PNAS 104, 49, 19220-19225, 4 décembre 2007.

2. « Genetic evidences for complex speciation of humans and chimpanzees », Nature, 18 mai 2006.

Les mondes perdus d'*Homo symbolicus*

Depuis quand les hommes ont-ils acquis une pensée symbolique ? Pour répondre à cette question, les chercheurs doivent faire appel à des indices indirects, comme les sépultures ou l'usage de parures corporelles. Par exemple, ces ornements datés de 82 000 ans figurent parmi les plus anciens au monde. Retrouvés dans la « grotte des Pigeons » à Taforalt au Maroc oriental¹, ces petits coquillages marins ont été perforés, puis colorés en rouge. Des traces d'usure suggèrent qu'ils étaient durablement employés comme parure, suspendus en colliers ou en bracelets, ou bien cousus sur des vêtements.

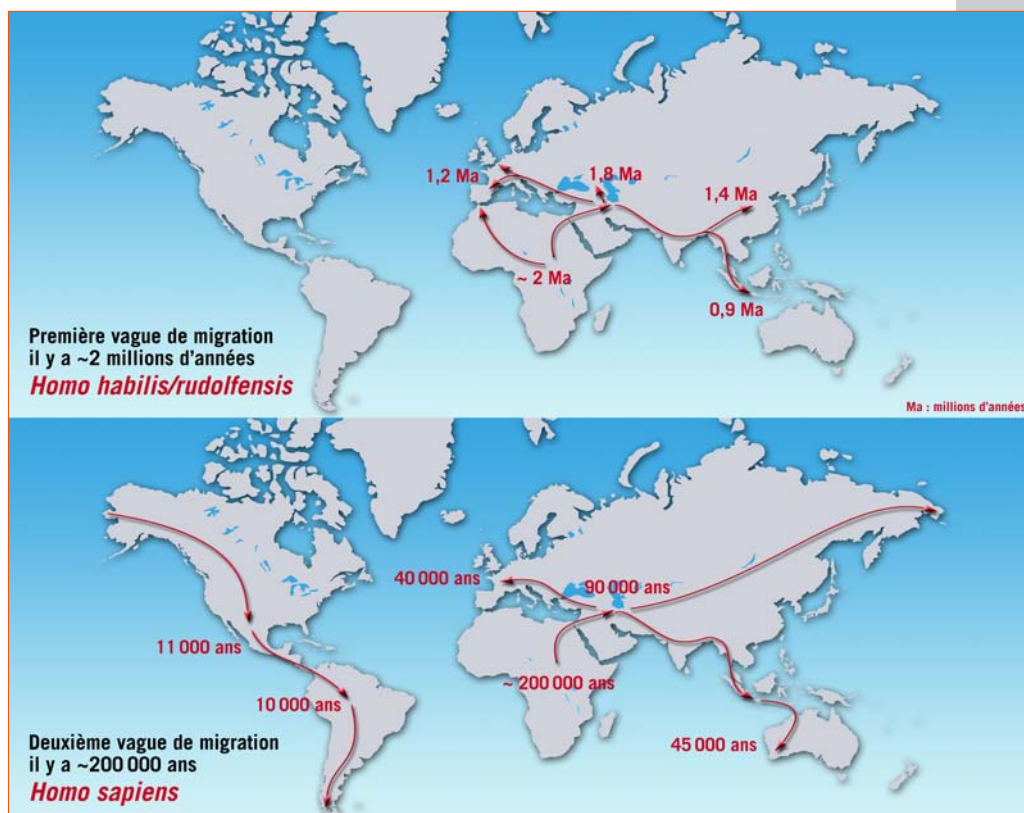
1. « 82,000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior », PNAS, 104, 24, 4 Juin 2007.



© MARIAN VANHAAREN ET FRANCESCO D'ERRICO / CNRS

3 ORIGINES DE L'HOMME : NOUVEAUX SCÉNARIOS ET DÉBATS EN COURS

D'où viens-tu, *Homo sapiens* ?



Deux principales vagues de migration

Premiers hommes à quitter le berceau africain il y a environ deux millions d'années, les *Homo habilis* (à moins que ce ne soit les *Homo rudolfensis* que l'on retrouve à la même période) étendent leur territoire sur une vaste portion du continent eurasiatique avant de donner naissance aux *Homo erectus*. Il y a 200 000 ans, les premiers *Homo sapiens* reprennent le même chemin migratoire, s'étendant plus encore jusqu'à occuper l'ensemble des continents. Autre hypothèse : les *Homo sapiens* apparaissent localement à partir des *Homo erectus*¹.

1. « Discovery of an archaic *Homo sapiens* skullcap in Northeast Mongolia », C.R. Palevol 7, p51-60, mars 2008.

L'East Side Story, et après ?

Proposée au début des années 1980 par le paléontologue Yves Coppens, l'*East Side Story* a longtemps fait autorité pour expliquer l'émergence de la lignée humaine. Selon cette théorie, la formation, il y a environ 10 millions d'années, d'une immense barrière naturelle en Afrique, le Rift – qui a conduit à des différences climatiques et environnementales de part et d'autre – aurait abouti à des populations différentes. À l'ouest, région restée humide et couverte de forêt tropicale, se développent les ancêtres des grands singes ; à l'est, où apparaît une savane sèche et faiblement arborée, les ancêtres de l'homme s'adaptent en acquérant la bipédie, qui permet de mieux voir les prédateurs et le gibier. Mais avec la découverte d'hominidés au Tchad, à l'ouest du Rift, en particulier le fossile de *Sahelanthropus tchadensis* (Toumaï), cette théorie est remise en cause¹. Le scénario émergeant actuellement se déroule dans des environnements mi-savanes, mi-forêts et met en jeu de multiples populations primates qui, toutes, pratiquent la bipédie de façon occasionnelle. De fait, la séparation entre hominidés et grands singes n'est ni aussi brutale, ni aussi définitive que ce que l'on pensait².

1. Pour certains chercheurs, si le lieu géographique de notre apparition est effectivement remis en cause, l'*East Side Story* permet toujours d'expliquer la date de divergence (entre 8 et 10 millions d'années) d'avec les grands singes, de même que le rôle de l'environnement dans cet événement. « The 'East Side Story' twenty years later », Transactions of the Royal Society of South Africa, 61, 2, p 103-109, octobre 2006. 2. Il aura fallu attendre l'an 2000 et la découverte d'Orrorin pour mieux comprendre les premiers stades de la bipédie humaine.

Les 6,5 milliards d'*Homo sapiens* actuels descendent-ils tous d'une population de fondateurs, apparue en Afrique de l'Est et colonisant le reste du monde il y a environ 200 000 ans ? Ou bien les premiers *Homo* sortis d'Afrique il y a plus de 2 millions d'années ont-ils eux aussi contribué à l'émergence de notre espèce et au peuplement des cinq continents ? Pour les tenants de la première hypothèse, dite monocentriste ou de l'Arche de Noé, outre le registre fossile – qui témoigne d'une présence très ancienne d'*Homo sapiens* en Afrique –, l'analyse de certains marqueurs génétiques chez des individus appartenant à 51 populations humaines actuelles réparties à travers le monde montre que, plus les populations sont éloignées géographiquement de l'Afrique, plus la diversité génétique diminue¹. Ce qui implique que l'Afrique soit l'origine commune à toutes

ces populations. Pour les partisans de la seconde hypothèse, appelée pluricentriste, les fossiles de *sapiens* et d'*erectus* exhumés en Asie et en Europe montrent une grande continuité. Ainsi, une étude basée sur l'analyse de plus de 5 000 dents issues de sites asiatiques, européens et africains, montre que les *Homo sapiens* présentaient des caractères anatomiques mélangés, certains les rapprochant clairement des *erectus*². La question de nos origines est donc encore loin d'être tranchée.

1. « The effect of ancient population bottlenecks on human phenotypic variation », Nature 448, 346-348, 19 juillet 2007.

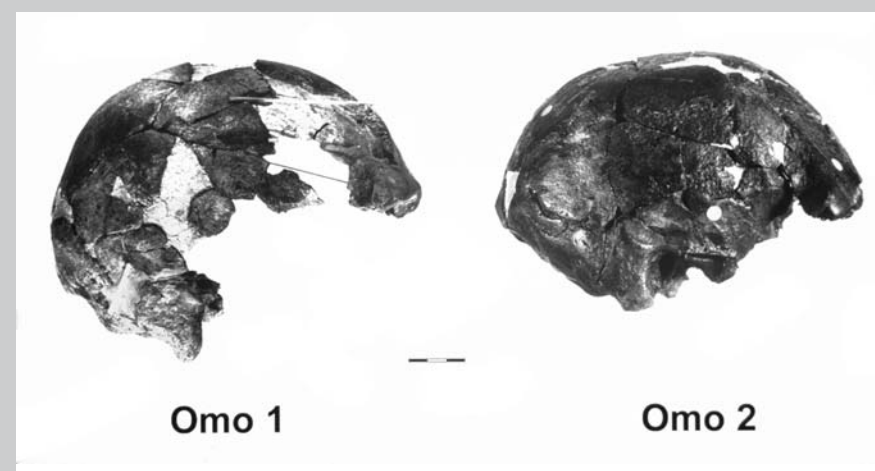
2. « Dental evidence on the hominin dispersals during the Pleistocene », PNAS 104, 33, 14 août 2007.

L'Éthiopie, terre des plus anciens *sapiens*

Trente-huit ans après leur découverte en Éthiopie, ces deux calottes crâniennes – baptisées Omo1 et 2 du nom de la rivière qui coule à proximité du site de fouilles – ont été récemment datées¹. Verdict : 195 000 ans. Les plus anciens *Homo sapiens* connus à ce jour. Ils battent le record des trois crânes de Herto datés de 160 000 ans et exhumés eux aussi en Éthiopie². Précoces et africains, ces fossiles renforcent l'hypothèse d'une origine commune et africaine de tous les hommes actuels.

1. « Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia », Nature 433, 733-736, 17 février 2005.

2. « Pleistocene *Homo sapiens* from Middle Awash, Ethiopia », Nature 423, 742-747, 12 juin 2003.



© MICHAEL DAY

3 ORIGINES DE L'HOMME : NOUVEAUX SCÉNARIOS ET DÉBATS EN COURS

La bipédie, une question d'énergie

Un petit pas pour l'hominidé, un grand pas pour l'humanité !

Mises au jour en 1977 sur le site tanzanien de Laetoli, ces empreintes ont été laissées dans la cendre volcanique par trois hominidés qui vivaient il y a 3,7 millions d'années. Ce sont les plus anciennes empreintes d'hominidés connues à ce jour¹. Elles correspondent à trois individus qui marchaient debout couramment, ce qu'atteste l'absence de traces d'appui sur les mains. Leur voûte plantaire était beaucoup plus basse que celle des pieds humains modernes.

1. En novembre 2008, des chercheurs français annoncent que les plus vieilles empreintes de pas du genre Homo, découvertes dans le sud de l'Italie, ont 345 000 ans.



© JOHN READER / SPL / COSMOS

Comment expliquer l'apparition de la marche sur deux pattes ? Les paléanthropologues savaient depuis longtemps que la réponse était à chercher du côté des économies d'énergie permises par ce mode de locomotion. Hypothèse confirmée par une récente expérience¹ qui a consisté à entraîner cinq chimpanzés à se déplacer – à deux ou à quatre pattes – sur des tapis roulants, tout en mesurant leur consommation d'énergie, grâce à des masques analysant la teneur en CO₂ de l'air expiré, puis en la comparant à celle d'hommes et de femmes réalisant la même tâche. La conclusion est sans appel : **la bipédie humaine représente une économie d'énergie de l'ordre de 75% par rapport à la locomotion simienne !** Autre enseignement fourni par les recherches récentes, et en particulier par la reconstitution virtuelle des modes de locomotion de différents hominidés fossiles : **il n'a pas existé une, mais de multiples formes de bipédie.** Les Australopithèques, par exemple, avaient une démarche instable et chaloupée, qui ne leur permettait pas de courir.

Alors que les *Homo ergaster*, apparus il y a 1,9 million d'années, ont été les premiers à adopter une bipédie de type moderne, le balancement des bras et des jambes permettant un équilibre dynamique autour du centre de gravité. Ils ont également été les premiers à pratiquer indifféremment la marche et la course... ouvrant la voie à la bipédie qui est aujourd'hui la nôtre.

1. « Chimpanzee Locomotor Energetics and the Origin of Human Bipedalism », PNAS, 104, 30, 17 juillet 2007.

Neandertal retrouve son rang

Apparu il y a environ 300 000 ans et disparu il y a moins de 30 000 ans, **l'Homme de Neandertal s'est-il croisé avec Homo sapiens ? Ou bien appartenait-il à une espèce distincte, qui se serait éteinte sans aucune descendance ?**

Une récente étude¹ éclaircit ce débat qui agite la communauté scientifique depuis des décennies. En séquençant l'intégralité de l'ADN mitochondrial d'un fossile néandertalien daté de 38 000 ans, les chercheurs ont en effet montré que cette séquence génétique se situe hors de la variabilité existant au sein de l'espèce humaine actuelle. Conclusion : *Sapiens* et Neandertal ne se seraient pas croisés. « Insuffisant », répondent **les paléontologues de terrain, qui contestent aux généticiens le droit de trancher le débat sur la base des seules analyses génétiques.**

Pour certains d'entre eux, un fossile exhumé au Portugal constitue la preuve, avec ses caractères mélangés que, si les Néandertaliens ont été peu à peu supplantés par les *Sapiens*, il y aurait bien eu des croisements². Une chose est sûre cependant : Neandertal n'est plus l'être primitif que la science a longtemps présenté, comme l'attestent ses techniques de taille qui produisent des outils tout aussi efficaces que ceux de *Sapiens*³.

1. « A complete Neandertal mitochondrial genome sequence determined by high-throughput sequencing », Cell, 134, 3, p.416-426, 8 août 2008.

2. « The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archeological Context », Trabalhos de Arqueologia, 22, p.609, 2002.

3. « Are Upper Paleolithic blade cores more productive than Middle Paleolithic discoidal cores? », Journal of Human Evolution, 26 août 2008.



Un fémur qui en dit long

Depuis une récente étude¹ basée sur la comparaison du fémur d'*Orrorin tugenensis* avec ceux d'Australopithèques fossiles, de chimpanzés et d'hommes actuels, le doute n'est plus permis. Cet hominidé, qui vivait il y a 6 millions d'années du côté de l'actuel Kenya, a bien pratiqué une forme précoce de bipédie², peu après la séparation entre les lignées humaine et chimpanzé. Parmi les indices, un long fémur doté d'un long col, et des insertions musculaires sur l'os (crêtes verticales) qui n'existent pas chez le chimpanzé.

1. « Orrorin tugenensis Femoral Morphology and the Evolution of Hominin Bipedalism », Science, 319, p.1662-1666, 21 mars 2008.

2. « External and internal morphology of the BAR 1002'00 Orrorin tugenensis femur », Science, 305, 1450-1453, 2004 ; « Bipedalism in Orrorin tugenensis revealed by its femora ». C. R. Palevol, 1, 191-203, 2002.



© MARC DEVILLE / GAMMA / EYEDEA

4 DEMAIN, QUELS ENJEUX POUR LA PALÉOANTHROPOLOGIE ?

La ruée vers l'os



L'Odyssée de l'espèce, réalisation de Jacques Malaterre, 2003 © COPRODUCTION : TRANSPARENCES PRODUCTIONS, 17 JUIN MEDIA ET FRANCE 3

La naissance d'*Homo mediatricus*

Le 7 janvier 2003, le documentaire « L'Odyssée de l'espèce » diffusé à une heure de grande écoute sur la chaîne France 3 rassemble près de 9 millions de téléspectateurs en France. Un record historique pour la diffusion d'un documentaire. Pas de doute, *Homo sapiens* et ses cousins *erectus*, *Orrorin* (photo ci-dessus), Lucy ou Toumaï sont de bons « clients » pour la télévision et, au-delà, pour les médias en général (en médaille, Toumaï à la une de la revue scientifique *Nature*). C'est que chaque fossile exhumé relance l'angoissante et éternelle question : qui sommes-nous et d'où venons-nous ?

Une science à la croisée des chemins

Lancés sur la trace de nos ancêtres, les paléanthropologues espèrent pouvoir répondre, dans les prochaines années, à plusieurs questions cruciales. **Quels sont les caractères anatomiques qui ont prévalu à la naissance de la lignée humaine ?** Selon quel scénario paléo-environnemental ? Pour cette étude, les chercheurs ne disposent que de restes fragmentaires de trois ancêtres : Toumaï, *Orrorin* et *Ardipithecus kadabba*. Il leur faudra bien d'autres fossiles d'hominidés anciens... mais aussi de grands singes. Car en identifiant les caractères qui leur étaient propres, et ceux que nous avons partagés avec les grands singes, ces fossiles permettront de mieux définir les contours de « l'humanité des origines ». Autre chantier : **préciser les conditions de la naissance du genre humain, quelque part entre l'Afrique de l'Est et du Sud.** *Homo habilis*, qui vivait il y a environ 2,5 millions d'années, est-il son premier représentant, comme on l'admet généralement ? Ou s'agit-il d'*Homo ergaster*, apparu il y a 1,9 million d'années, comme le pensent d'autres chercheurs ? Un saut évolutif majeur semble bien s'être produit entre ces deux espèces. Reste à savoir s'il marque la limite entre humains et non humains. Enfin, il faudra aussi qu'un consensus émerge sur la définition même du genre

*Homo*¹, ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui.

1. La première définition du genre *Homo* fut établie par le naturaliste suédois Carl Von Linné en 1758, avec comme espèce type *Homo sapiens*.



Les fossiles constituent la matière première, rare et précieuse, indispensable à l'étude de nos origines. Ils sont donc l'objet de toutes les convoitises. Ainsi, l'obtention de permis de fouilles auprès des pays détenteurs de cette richesse, essentiellement africains, fait l'objet de négociations dignes des contrats pétroliers. Contreparties demandées aux équipes occidentales : **former des étudiants locaux** dans leurs universités, **co-signer les publications scientifiques** avec des chercheurs du crû, et parfois, **contribuer à des projets de coopération et de mise en valeur touristique des régions prospectées.**

Malgré ces accords, les conflits entre équipes concurrentes pour l'accès aux gisements sont monnaie courante. De plus, des années après leur découverte, les précieux fossiles continuent de déchaîner les passions. Ainsi en 2007, l'exposition à Houston, au Texas, de la célèbre Australopitèque Lucy a-t-elle soulevé un véritable tollé. Une première qui violait un accord signé en 1999 sous l'égide de l'Unesco, garantissant **la protection et le maintien au pays des fossiles**, et recommandant l'usage de répliques pour l'étude scientifique et les expositions destinées au grand public. Depuis, le fossile de Nariokotome, un *Homo erectus* exhumé au Kenya et qui pourrait voyager jusqu'aux États-Unis en 2009 a ravivé la polémique¹.

1. Le Muséum national kényan, qui en est propriétaire, souhaite en effet le faire voyager, en 2009, à Chicago, contre la somme de 3,5 millions de dollars. Pour Richard Leakey, qui en est le co-découvreur, il s'agit tout simplement de « prostitution » ! Source : « Nariokotome Boy to Go on the Road Despite Protests », *Science*, 318, 32, 5 octobre 2007.

Une paléo de plus en plus techno ?

Depuis quelques années, techniques d'imagerie et outils informatiques ont envahi le domaine de la paléanthropologie, offrant des reconstitutions virtuelles de fossiles toujours plus spectaculaires. À l'avenir, ces approches vont-elles encore se développer au point de trouver leur place parmi les outils du paléanthropologue de terrain ? Pour l'heure, l'Institut Max-Planck de Leipzig (Allemagne) fait circuler en Afrique un camion *high-tech* équipé notamment de scanners pour analyser finement les fossiles sur le lieu de leur découverte. (Ici, l'*Homo ergaster* de Nariokotome sur l'écran de l'ordinateur d'Emma Mbuu, directrice du département de paléontologie du Muséum national kényan).



© VOLKER STEGER

4 DEMAIN, QUELS ENJEUX POUR LA PALÉOANTHROPOLOGIE ?

Les nouveaux terrains de fouilles

Des fossiles qui éveillent la fierté nationale

Seize fragments crâniens datés de 80 000 à 100 000 ans et appartenant à un homme anatomiquement moderne ont été découverts en décembre 2007 sur le site chinois de Xuchang.

Pour les autorités chinoises, s'exprimant à travers le quotidien *China Daily* du 28 janvier 2008, « de telles découvertes sont indispensables pour maintenir l'identité nationale chinoise, notre histoire et notre civilisation.

[...] La découverte de Xuchang confirme la théorie d'une origine des Chinois modernes sur le territoire chinois actuel, et non depuis l'Afrique ». Un point de vue non partagé par une grande partie de la communauté scientifique.



© EYEPRESS NEWS / AFP

Depuis un demi-siècle, la quête de nos origines s'est déroulée essentiellement en Afrique de l'Est. À l'avenir, elle devrait se tourner, sur les traces de Toumaï, vers l'ouest et le nord du continent : Tchad, Soudan, Égypte et Lybie sont dans la ligne de mire des chasseurs de fossiles... **L'Europe ne devrait pas rester à l'écart du renouveau en cours.** Avec Dmanissi en Géorgie et Atapuerca en Espagne, on sait désormais que des hominidés ont occupé le continent à des périodes très reculées. L'Asie constitue pour sa part un vaste terrain vierge, à l'exception de la Chine et de l'Indonésie. Des monts Oural à l'Australie, en passant par l'Iran, l'Inde, le Bangladesh, la Birmanie et le Cambodge, le chantier qui attend les paléanthropologues du XXI^e siècle est immense. Et les enjeux de taille : **la découverte de fossiles asiatiques est en effet fondamentale pour mieux comprendre les**

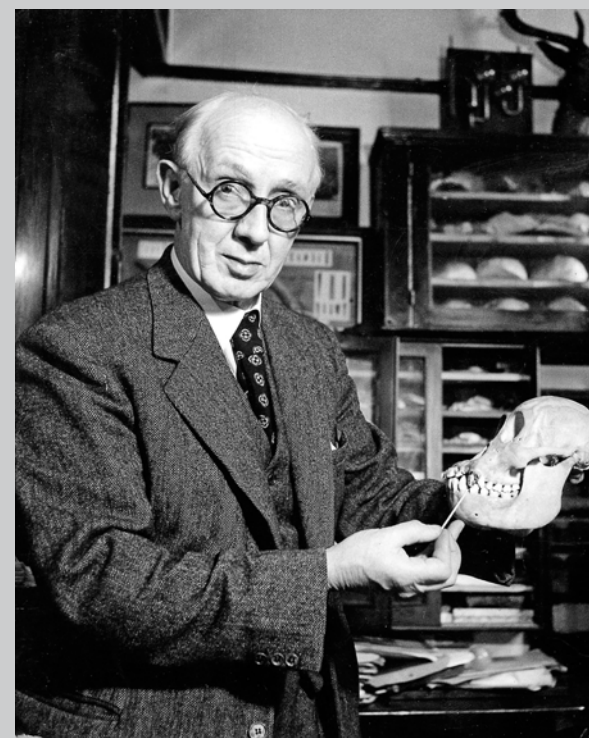
peuplements des cinq continents (voir cartes des migrations partie 3).

Mais des raisons politiques ou géologiques limitent les fouilles dans ces pays. La vaste forêt équatoriale de Thaïlande, par exemple, avec ses sols très acides, n'a conservé aucun os fossilisé, alors que les *Homo habilis*, *rudolfensis*, puis *erectus*, comme les premiers *Homo sapiens*, ont dû sillonner cette région située sur les routes migratoires vers l'extrémité du continent.

Le plus célèbre faux !

La paléanthropologie est aussi une affaire de politique et d'idéologie, et les chercheurs ont parfois la tentation d'enraciner le genre humain dans leur propre pays. Le cas le plus emblématique de ces dérives est celui du crâne de Piltdown, découvert en 1912 dans la campagne britannique. Pour les savants de l'époque, c'est le fameux chaînon manquant, prouvant au passage que l'Angleterre constitue bien le berceau de l'Humanité !

Problème : le fossile est un faux, composé d'une mâchoire d'orang-outang et d'une calotte crânienne d'homme moderne. Les auteurs du canular n'ont jamais été démasqués, et les savants britanniques ont mis quarante ans pour reconnaître leur erreur. (Ici, Alvan T. Marston, le scientifique qui démontra en 1952 que la canine appartenait à un singe et le crâne à un homme moderne.)



© TAL / RUE DES ARCHIVES

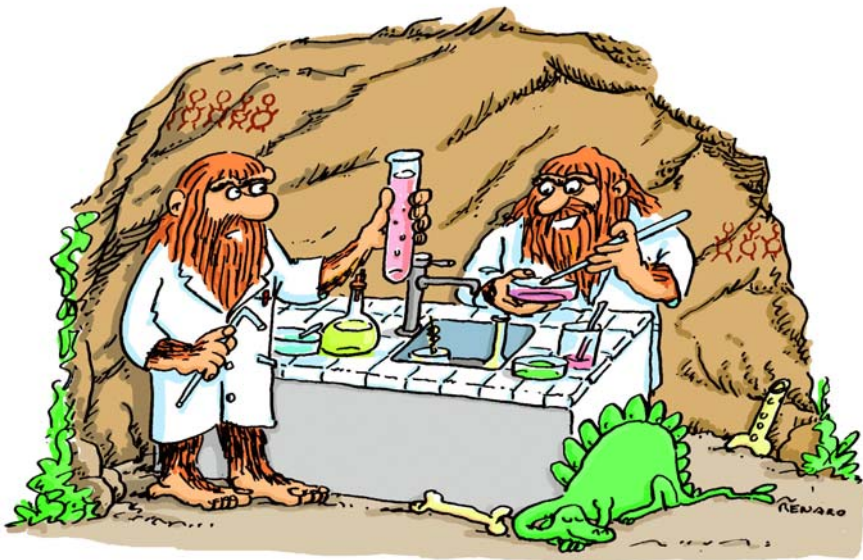


© AMÉLIE VIALET / IPH

Paléontologie de sauvetage

Liées à de grands travaux (barrages, constructions dans les villes...), des fouilles d'urgence sont régulièrement organisées dans les pays asiatiques, ce qui offre de nouvelles opportunités pour les paléontologues. Plus d'une centaine de sites paléolithiques ont ainsi été répertoriés en Corée du Sud (ici, le site de Unjeong, dans la province de Gyeonggi), livrant parfois un matériel abondant. Il s'agit le plus souvent de pierre taillée – bifaces, par exemple – mais rarement d'os car le milieu, acide, ne se prête pas à leur conservation.

4 DEMAIN, QUELS ENJEUX POUR LA PALÉOANTHROPOLOGIE ?



© RENARD / SCIENCE ACTUALITÉS (CSI) 2009

Vers le clonage de Neandertal ?

Avec le séquençage annoncé du génome de Neandertal, se pose, au plan théorique, la question du clonage de notre cousin. En disposant de l'information génétique brute, on peut imaginer que, d'ici à quelques années, des paléogénéticiens audacieux intégreront cette séquence à des chromosomes « artificiels », déjà employés dans les techniques d'ingénierie biologique. Cependant, dans un contexte d'interdiction mondiale du clonage humain, la naissance d'un homme ou d'une femme portant le patrimoine génétique de cette espèce disparue il y a 30 000 ans semble *a priori* impossible.

Bouleversements annoncés dans notre généalogie

Pour établir les relations de parenté entre les différentes espèces d'hominidés, et dresser notre arbre généalogique, les paléoanthropologues ont eu recours, jusqu'à présent, à deux méthodes. La première, appelée **phénétique**, se base sur les ressemblances morphologiques entre espèces fossiles. La seconde, plus récente, prend en compte les structures anatomiques, dites dérivées, qui ont constitué une innovation adaptative au cours de l'évolution, et qui se sont donc transmises au fil des générations. Appelée **cladistique**, cette méthode considère comme espèces proches celles qui partagent de telles adaptations, et non celles qui se ressemblent du seul point de vue morphologique. Entre ces deux approches, le dialogue semblait impossible. Jusqu'à ce que récemment, une nouvelle méthode tente de les réconcilier. Elle est proposée par une équipe de paléontologues sud-américains, qui l'a appliquée aux hominidés en étudiant les moulages de vingt crânes appartenant à notre lignée¹. Résultat : **en mixant les deux méthodes principales de classification, cette étude précise notre histoire évolutive**. *Homo habilis* et *Homo heidelbergensis* y figurent comme les premiers représentants du genre *Homo*. Mais les *heidelbergensis* forment une lignée distincte des *sapiens* et conduisent directement à l'homme de Neandertal. Celui-ci constituerait donc une espèce à part de la nôtre.

1. « Cladistic analysis of continuous modularized traits provides phylogenetic signals in *Homo evolution* », *Nature*, 453, 775-778, 5 Juin 2008.

ADN fossile : de nouvelles perspectives

Depuis 2007, les chercheurs sont désormais capables d'extraire l'ADN nucléaire du fossile (dont une seule copie est présente dans chaque cellule). Ce qui ouvre des perspectives considérables, cet ADN portant l'information génétique qui correspond aux caractéristiques des individus (contrairement à celui étudié auparavant, appelé mitochondrial). En comparant l'ADN nucléaire de Neandertal à celui des hommes modernes, les chercheurs espèrent donc découvrir ce qui les rapproche de nous, mais aussi ce qui fait notre spécificité. Les premiers résultats sont encourageants. Une équipe a ainsi isolé, **dans l'ADN nucléaire extrait d'un fossile néandertalien** exhumé en Espagne, **un gène associé chez l'homme moderne au langage**¹. Autre découverte : **certaines Néandertaliens possédaient une chevelure rousse et la peau très blanche**, comme l'a montré l'analyse d'un gène impliqué dans la pigmentation². Enfin, le séquençage des trois milliards de paires de bases du génome de Neandertal est promis par les équipes engagées dans la course. Toutefois, le génome ne donne pas accès à l'individu, même fossile, dans son intégralité. Le rôle de l'environnement et des cultures est tout aussi primordial. De plus, l'ADN se détériorant au cours du temps, il n'y a que peu d'espoir d'accéder à des hominidés plus anciens que l'homme de Neandertal, comme les *Homo erectus* ou les Australopithèques.

1. « The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals », *Current Biology*, 17, 1908-1912, 6 novembre 2007. 2. « A melanocortin 1 receptor allele suggests varying pigmentation among Neandertals », *Science*, 318, 5855, pp.1453-1455 30 novembre 2007.

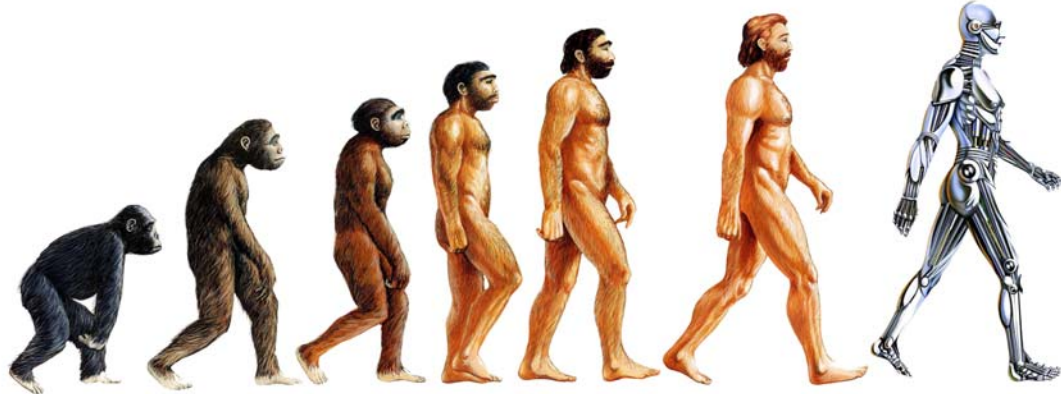
Une représentation artistique

Grâce à l'étude des fossiles, les scientifiques ont accès à des informations précises sur l'anatomie de nos ancêtres, leurs dents, leurs os, leur crâne.

Mais quelle pouvait bien être leur apparence ? Aujourd'hui, seules des vues d'artiste permettent de se représenter ces lointains cousins (ici, le sculpteur Elisabeth Daynès apporte les dernières retouches à un Paranthrope). Peut-être que dans les années à venir, les progrès de la paléogénétique permettront, pour nos plus proches ancêtres, de mieux connaître leur aspect physique.



4 DEMAIN, QUELS ENJEUX POUR LA PALÉOANTHROPOLOGIE ?



© DAVID GIFFORD / SPL / COSMOS

Gare aux clichés !

Ce schéma caricatural offre une vision bien trop simpliste de l'évolution : l'homme ne descend pas du chimpanzé mais il partage avec lui un ancêtre commun ; ils sont cousins et contemporains. Il nous interroge cependant sur l'homme de demain. Si le robot humanoïde ne relève que de la science-fiction, l'homme crée néanmoins les outils de sa propre évolution. Manipulation du génome, implants bioniques... n'est-ce pas finalement par ses propres actions que l'homme risque de se transformer le plus ?

Le singe, l'homme, et après ?

Contrairement à une idée largement répandue, l'espèce humaine n'est pas engagée dans une évolution rectiligne, conduisant à une augmentation constante de la taille des individus et du volume des cerveaux. Une étude montre au contraire une lente diminution du volume moyen du cerveau depuis environ 20 000 ans¹ ! En revanche, la taille des individus augmente effectivement. En France, par exemple, les hommes mesurent en moyenne 176,4 cm et les femmes 163,3 cm, contre respectivement 165 cm et 155 cm au début du siècle. Un grandissement qui devrait se poursuivre, les Français devant atteindre 177,3 cm en 2030, contre 164,7 cm pour les Françaises². La preuve d'une évolution biologique encore à l'œuvre chez *Homo sapiens* ? Rien n'est moins sûr. Les spécialistes estiment en effet que ces chiffres, qui constituent des moyennes, s'expliquent surtout par la diminution du nombre d'individus de petite taille, due aux meilleures conditions alimentaires et sanitaires... voire à un brassage génétique avec d'autres populations. En réalité, l'espèce humaine s'est en grande partie affranchie de l'évolution biologique, grâce à des comportements sociaux tels que la solidarité et l'entraide.

1. La taille du cerveau et l'évolution humaine, Pour la science, n°210, pp. 60-67, 1995.
2. Enquête anthropométrique 2007 du Laboratoire d'anthropologie appliquée, Université Paris V, 2008.

L'évolution : une théorie en perpétuelle... évolution

200 ans après la naissance de Darwin, la théorie de l'évolution ne cesse de se transformer. Ainsi, dès les années 70, les chercheurs Niles Eldredge et Stephen Jay Gould ont avancé l'idée que l'évolution des espèces ne se faisait pas à un rythme régulier – ce que les paléontologues avaient remarqué sur le terrain – mais par de brusques coups d'accélérateurs séparés par de longues phases sans changements majeurs. Encore largement débattue, cette hypothèse a fortement influencé la recherche sur nos origines. Ainsi, le scénario d'une apparition rapide de notre espèce *Homo sapiens*, il y a 200 000 ans en

Afrique de l'Est, partie remplacer *Homo ergaster* en Afrique et *Homo erectus* en Asie, correspond à cette vision de l'évolution. Par ailleurs, une nouvelle avancée théorique est en cours, baptisée « nouveau darwinisme ». Dans ce cadre, les gènes ne sont plus le seul support de l'évolution. Les relations entre la molécule d'ADN et son environnement cellulaire sont tout autant soumises à la pression sélective. De plus, les recherches en éthologie animale ont montré que l'évolution se produit également à travers les mécanismes de l'apprentissage. Conséquence : la sélection a dû agir sur les comportements et les cultures des hominidés, animaux sociaux par excellence, autant que sur la forme de leurs os... De quelle façon ? C'est tout l'enjeu, pour la paléanthropologie, que de répondre à ces questions.

Face à l'offensive créationniste...

Selon la théorie de Darwin, l'évolution des espèces se fait par un processus de sélection naturelle qui retient les mutations avantageuses dans un milieu donné. Cette théorie est réfutée par les créationnistes¹ et les adeptes du « dessein intelligent »², des mouvements qui remettent en cause toute forme de rationalité scientifique mais qui gagnent du terrain aux États-Unis et désormais en Europe. Concernant les origines de l'homme, les paléanthropologues sont en première ligne pour combattre ces thèses trompeuses.

1. Pour les créationnistes, la diversité des espèces est le fruit d'une création divine.
2. Pour les néocréationnistes qui défendent la thèse d'un « dessein intelligent » (Intelligent Design, en anglais), il y a bien évolution des espèces mais celle-ci est dirigée par une mystérieuse intelligence supérieure.

