Allocution du Professeur Jean-Jacques HUBLIN

Lauréat du Prix International 2021 de la Fondation Fyssen

Évolution de l'encéphale et émergence de l'Homme moderne

Jean-Jacques Hublin

Chaire de Paléoanthropologie du Collège de France, Paris
et
Institute Max Planck d'Anthropologie Évolutionnaire, Leipzig.

Il y a 1,8 million d'années, des chasseurs-cueilleurs archaïques peuplaient déjà l'Afrique et le sud de l'Eurasie. Du fait de la distance, de l'isolement et de l'adaptation à des environnements divers, ces populations ont divergé de plus en plus et ont finalement donné naissance à plusieurs entités taxonomiques. Au cours des derniers 500 000 ans, parmi les Hominines à gros cerveau, deux groupes frères - les Néandertaliens et les Dénisoviens - ont évolué au nord de la Méditerranée et en Asie orientale, tandis que l'*Homo sapiens* apparaissait en Afrique, pour finalement produire ce que l'on appelle "l'homme moderne". Ce dernier a commencé à s'étendre dans le sud-ouest de l'Asie il y a au moins 180 000 ans, et vers 50 000 ans, il a atteint les latitudes moyennes de l'Eurasie. Après plusieurs millions d'années de grande diversité, un seul groupe, *Homo sapiens*, a supplanté toutes les autres formes d'Hominines et a littéralement pris le contrôle de la planète. Il a ensuite considérablement modifié son environnement et altéré la biodiversité. Le mécanisme de ce remplacement, qui est sans doute l'évènement le plus remarquable de toute l'évolution humaine, ainsi que les changements cognitifs qui l'ont accompagné, constituent sans doute les sujets les plus débattus en paléoanthropologie.

Les plus anciennes traces de notre espèce remontent à environ 300 000 ans et ont été découvertes à Jebel Irhoud, au Maroc. Elles révèlent une histoire évolutive complexe de l'homme dit « moderne » qui a probablement impliqué l'ensemble du continent africain. Ces fossiles, les plus anciens à ce jour, présentent des traits dérivés qui les rattachent à notre espèce. Cependant, ils conservent encore une forme allongée et archaïque de la boîte crânienne, ce qui implique une évolution continue de l'organisation du cerveau pour atteindre la forme propre à notre espèce.

Plusieurs études ont permis d'élucider la trajectoire évolutive suivie par les Hominines à gros cerveau au cours du dernier million d'années. Chez les Néandertaliens, la taille du cerveau a augmenté au fil du temps en suivant une trajectoire primitive associant forme et taille. Chez les *Homo sapiens*, à partir d'individus tels que ceux d'Irhoud, une trajectoire totalement différente a été suivie, conduisant vers la forme globulaire qui caractérise le cerveau moderne. Deux caractéristiques principales de ce processus ressortent : le renflement des zones pariétales et les modifications du cervelet. Ces changements de forme se sont produits

indépendamment de la taille du cerveau. Et les données paléontologiques suggèrent qu'une organisation cérébrale entièrement moderne a émergé entre 100 000 et 35 000 ans. Cette évolution progressive de la forme du cerveau humain moderne semble donc correspondre à l'émergence de la modernité comportementale telle qu'elle ressort des archives archéologiques datant de la même époque.

Un aspect crucial de cette évolution est qu'elle résulte d'une altération des processus de croissance. Hommes modernes et Néandertaliens ont pu acquérir des cerveaux adultes de grande taille par des voies de développement différentes. La plupart des différences de forme de la boîte crânienne interne entre les deux groupes se développent juste après la naissance. Au cours de la première année de vie - une période critique pour le câblage neuronal et le développement cognitif - l'endocrâne du nourrisson prend, chez l'homme moderne, une forme plus globulaire pour acquérir la plupart des caractéristiques affichées par les adultes.

La vitesse de la croissance individuelle est un autre aspect critique pour le développement de la cognition humaine. Il a longtemps été impossible de l'établir pour des Hominines fossiles. Cependant, les données disponibles indiquent qu'en termes de développement cérébral, les premières formes d'*Homo erectus* présentaient encore un modèle intermédiaire entre les singes et les humains récents. Bien que des formes plus récentes comme les Néandertaliens aient été confrontées à des contraintes énergétiques similaires à celles de notre espèce, leur vitesse de développement individuel semble toujours se situer dans la marge la plus rapide de la variation moderne.

Au final, la question n'est pas de savoir pourquoi, telle ou telle forme fossile aurait disparue sous l'effet d'hypothétiques évènements conjoncturels, il y a un peu moins de 50 000 ans, mais bien de comprendre pourquoi, à partir d'un certain stade, c'est toujours *Homo sapiens* qui a étendu son emprise sur la planète. L'évolution humaine est une phénomène bio-culturel complexe dans lequel il est difficile d'identifier des facteurs simples accroissant le succès reproductif d'une espèce. Soumis à des pressions de sélection comparables à celles qui s'exerçaient sur des groupes contemporains, au cours du Pléistocène supérieur, *Homo sapiens* a développé plus vite innovations techniques et complexité sociale, se transformant en une espèce invasive qui a scellé le sort de formes concurrentes dans des territoires où elles s'étaient pourtant adaptées de longue date.

Allocution du Docteur Svante PÄÄBO

Lauréat du Prix International 2021 de la Fondation Fyssen

Towards a Molecular Understanding of the Evolution of Human Cognition

Svante Pääbo

Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology
Deutscher Platz 6
D-04103 Leipzig, Germany

and

Human Evolutionary Genomics Unit
Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University
1919-1 Aza-Tancha, Onna, Okinawa 904-0495, Japan

Modern humans appear in the fossil record of Africa sometime before 300,000 years ago. Less than 100,000 years ago, they started spreading out of Africa and Near East. By approximately 40,000 years ago, they had replaced other forms of hominins both in Africa and in Eurasia. They developed culture, technology and social organization that allowed them to become numerous and spread to all habitable parts of the globe. Eventually, they became millions and billions of individuals such that they today influence large parts of the biosphere. No other hominin has experienced such a historical trajectory. It stands to reason that part of why this happened are features unique to the cognition of modern humans.

Over the past 35 years, our group developed techniques that make it possible to sequence the genomes of so-called archaic hominins, Neandertals and Denisovans, who are the closest evolutionary relatives of modern humans. Some of these genomes are of the same quality as genomes sequenced from present-day humans, so that direct comparisons of genomes shows us which genetic changes occurred on the human lineage after the divergence from the common ancestor shared with the chimpanzees but before the divergence from the archaic hominins about half a million years ago. It is further possible to identify changes that occurred after that time point and spread to all, or almost all, humans living today. Such changes are especially interesting because some of them may form the biological basis for what sets modern human cognition apart from that of other hominins. In addition, the archaic genomes make it possible to identify genetic changes that occurred on the lineages leading to Neandertals and Denisovans. Such changes allow us to begin to explore what set these groups apart from a genetic and biological perspective.

A challenge for the next decade (or more) is to understand which of these changes may have had significant effects and contributed to making human history as we know it possible. I will illustrate our emerging knowledge about genetic changes that affected modern and archaic humans by three examples, the first shared between modern and archaic humans, the second unique to Neandertals, and the third unique to modern humans.

The gene *FOXP2* encodes a transcription factor that is involved in the development of speech and language in humans. The encoded protein is very conserved but has experienced two amino acid changes that occurred in the ancestors of modern and archaic humans. When introduced into the genomes of mice, they result in increased synaptic plasticity in cortico-basal ganglia circuits, subtly altered vocalization in pups, and increased ability to learn certain tasks. It is possible that this has allowed aspects of human language or articulation to evolve.

All Neandertal genomes sequenced to date share changes in the gene *SCN9A*, which results in three amino acid changes in a sodium channel protein that initiates the sensation of pain in peripheral nerve endings. When expressed in human cells, the Neandertal version of the channel is less readily inactivated suggesting that it may be more sensitive to stimulation. Rare individuals who carry one copy the Neandertal version of the gene today due to gene flow from Neandertals about 60,000 years ago are indeed more sensitive to pain. This suggests that Neandertals, who carried two copies of the Neandertal version of the gene, may have been able to sense painful stimuli more readily.

Among the small number of proteins that carry amino acid changes that occurred in modern humans after the divergence form archaic hominins and are found in almost all people today, three are involved in chromosomal segregation. These three proteins, KIF18A, KNL1 and SPAG 5 carry one, two and three amino acid changes, respectively. When the six amino acid changes are introduced into mice, the changes in the former two proteins results in a prolongation of metaphase during the division of precursor cells that give rise to brain cells. When the former two proteins are changed back to the ancestral state seen in archaic hominins in human stem cells, metaphase is shortened and the numbers of cells where the chromosomes separate incorrectly during development of brain organoids are increased. These changes may have resulted in a more accurate segregation of chromosomes during brain development in modern than in archaic humans, which in turn may have consequences for the number and function of cortical columns in the adult brain.

These examples illustrate how the archaic genome sequences open the possibility to explore the biological differences that set modern humans apart from now extinct hominins. This work is still in its infancy but will hopefully result in a better understanding of the evolutionary changes that formed the biological basis for modern human cognition.