

Ce changement radical n'a pas été sans impact sur l'évolution de l'homme : Lucy et ses semblables ont disparu. Son espèce, *Au. afarensis*, est apparue il y a 3,9 millions d'années en Afrique de l'Est et y a vécu 900 000 ans avant de s'éteindre. Elle a laissé la place aux genres *Paranthropus* et *Homo*, qui a fait son apparition quelques centaines de milliers d'années après *Paranthropus*.

Et Lucy s'est éteinte

Une étude détaillée de la végétation de cette époque et de l'alimentation des uns et des autres a permis de constater que les changements chez les ancêtres de l'homme ont coïncidé avec les changements climatiques. Lucy n'aurait pas su s'adapter au changement de végétation qui a accompagné les modifications climatiques. Il en aurait été de même un peu plus tard pour *Paranthropus*, lors d'un deuxième changement important, qui a donné lieu à des savanes encore plus sèches.

Les savanes sont des écosystèmes tropicaux dominés par des plantes herbacées et parsemés d'arbres et d'arbustes contenant de la lignine. Les herbes de savane se développent dans les régions chaudes et sèches car, pour absorber le carbone de l'atmosphère, elles utilisent un type de photosynthèse spécifique dit en C4. Dans ce processus, la perte d'eau par évaporation est limitée, ce qui est un avantage dans un milieu sec. Ces plantes exploitent aussi mieux le dioxyde de carbone que celles utilisant un autre type de photosynthèse, dit en C3, ce qui est le cas des plantes ligneuses telles que les arbres et certaines herbes. Comme le processus en C3 utilise aussi plus d'eau, les plantes en C3 sont mieux adaptées aux environnements humides que les plantes en C4.

Thure Cerling et ses collègues, à l'Université de l'Utah, ont développé une manière de reconstruire l'histoire de la végétation des anciens paysages grâce à des proportions isotopiques qui diffèrent selon le type de photosynthèse utilisé par les plantes. Le carbone dans la nature est principalement à l'état de carbone 12, mais il est présent en petite quantité sous forme de carbone 13 (le noyau de carbone présente un neutron supplémentaire par rapport au carbone 12). Les herbes en C4 absorbent plus de carbone 13 que les arbustes et les plantes ligneuses en C3. Par conséquent, ces dernières ont un rapport de carbone 13

sur carbone 12 plus bas. Les chercheurs ont découvert que l'analyse des échantillons de sol d'un environnement donné et la mesure du rapport isotopique carbone 13 / carbone 12 fournissent une estimation précise de la part d'herbe par rapport aux plantes ligneuses présentes dans la région.

En utilisant cette approche dans les sédiments est-africains issus de sites où l'on avait trouvé de nombreux fossiles d'hominines, les chercheurs ont appris que, il y a plus de huit millions d'années, les paysages étaient essentiellement constitués de forêts et d'arbustes en C3. Ensuite, la proportion de plantes ligneuses en C4 a augmenté graduellement. Puis un changement relativement important et rapide s'est produit il y a entre trois et deux millions d'années.

Au cours de cette transition, les savanes se sont étendues rapidement à travers le Kenya, l'Éthiopie, et la Tanzanie d'aujourd'hui. Cette extension a été accompagnée d'une augmentation des populations de mammifères herbivores ; le nombre abondant de fossiles retrouvés dans les roches de cette époque le confirme. Vers deux millions d'années, les antilopes africaines semblent avoir subi, comme nos ancêtres, diverses spéciations, extinctions et adaptations – la forme des cornes diffère selon les espèces et permet de suivre la dynamique des différentes populations.

Les bovins, la famille à laquelle appartiennent ces ongulés, représentent près d'un tiers de tous les fossiles africains mis au jour. Ils fournissent une collection bien plus riche que les fossiles de nos ancêtres, beaucoup plus rares. La paléontologue Elisabeth Vrba, de l'Université Yale, a conduit une analyse dans toute l'Afrique sur l'évolution des bovins durant les six derniers millions d'années. Elle a identifié des époques spécifiques durant lesquelles les taux de spéciation et d'extinction des bovins étaient supérieurs à la moyenne sur l'ensemble de la période. Les deux événements les plus importants se sont produits il y a près de 2,8 et 1,8 millions d'années, soit aux époques d'extension des prairies observées par les géologues.

La coïncidence ne serait cependant pas aussi marquée, selon René Bobe, de l'Université George Washington et Anna Behrensmeyer, de l'Institut Smithsonian. En analysant près de 8 000 fossiles de bovins d'Afrique de l'Est, ils ont montré que nombre d'espèces ont développé des molaires spécialisées pour mâcher l'herbe abrasive de

■ L'AUTEUR



Peter deMENOCAL est professeur au Département de sciences de l'environnement à l'Observatoire de la Terre à l'Université Columbia, aux États-Unis.

■ BIBLIOGRAPHIE

S. C. Antón et al., *Evolution of early homo : an integrated biological perspective*, *Science*, vol. 345, pp. 1-13, 2014

F. d'Errico et W. E. Banks, *Tephra studies and the reconstruction of Middle-to-Upper Paleolithic cultural trajectories*, *Quaternary Science Reviews*, 2014.

T. E. Cerling et al., *Stable isotope-based diet reconstructions of Turkana basin hominins*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110(26), pp. 10501-10506, 2013.

P. B. deMenocal, *Climate and human evolution*, *Science*, vol. 331, pp. 540-542, 2011.

Le volcanisme italien, coupable de la disparition des Néandertaliens ?

Peter deMenocal montre dans son article que les variations climatiques ont influé sur l'évolution de l'homme.

Considérons ici le cas de la disparition de l'homme de Néandertal à la fin du Paléolithique moyen. Si le climat n'est pas responsable, d'autres facteurs naturels ont pu jouer.

L'une des hypothèses est celle d'éruptions volcaniques. En effet, certaines grandes crises géologiques, qui ont conduit à la disparition de nombreuses espèces, ont été provoquées par un volcanisme important.

Les champs Phlégréens, dans la région de Naples, sont entrés en éruption il y a entre 40 900 et 37 300 ans et ont émis un volume de 80 à 150 kilomètres cubes de matière volcanique dans l'atmosphère.

Or c'est sur la période comprise entre 45 000 et 35 000 ans que la population en Europe a été marquée par la disparition de l'homme de Néandertal (*Homo neanderthalensis*) et l'arrivée de l'homme moderne (*Homo sapiens*) venu du Proche-Orient. Certains chercheurs ont avancé l'hypothèse que l'éruption aurait joué un rôle dans l'extinction des Néandertaliens.

Outre la disparition des Néandertaliens, cette période de transition entre le Paléolithique moyen et le Paléolithique supérieur a connu une diversité culturelle importante. Pour suivre à la fois l'évolution culturelle et la dynamique des populations, il faut adopter une approche historique de la période, c'est-à-dire établir une chronologie précise des événements et des interactions de l'homme de Néandertal et de l'homme moderne.

Une telle démarche est confrontée à plusieurs difficultés : la précision des méthodes de datation est entachée de marges d'erreurs importantes et l'association de certaines cultures avec l'homme de Néandertal ou l'homme moderne n'est pas évidente.

Le Paléolithique moyen est caractérisé par la culture moustérienne. Elle est définie principalement par la manière de façonner les outils de pierre dont la méthode dite Levallois. Le Moustérien est l'œuvre, en Europe, des Néandertaliens.

Puis différentes cultures dites de transition se sont développées en Europe. Elles pourraient être liées au fait que l'homme de Néandertal et l'homme moderne se sont côtoyés et se sont influencés culturellement.



LA CALDEIRA DE L'OUEST DE LA BAIE DE NAPLES s'est formée lors des deux éruptions majeures des champs Phlégréens, il y a 36 000 et 14 000 ans.

Une industrie typiquement de transition est le Châtelperronien en Europe occidentale. Marquée par la production de lames au dos retouché et la présence de parures, elle est associée aux derniers Néandertaliens alors que les hommes modernes arrivent de l'Est, porteurs de la culture aurignacienne, dont les premiers signes émergent entre 41 000 et 40 000 ans en Europe méridionale.

En Italie, on trouve l'industrie uluzzienne, qui était associée aux Néandertaliens. Des

recherches récentes proposent, sur la base de dents isolées découvertes il y a longtemps dans la grotte du Cavallo (dans les Pouilles), que les Uluzziens étaient des hommes modernes, mais cela reste controversé.

Le manque de datation fiable rend donc ardu l'établissement d'une chronologie de l'évolution des cultures. Par ailleurs, certaines analyses stratigraphiques anciennes ne sont pas toujours fiables, car les sols ont pu être altérés. La datation au carbone 14 n'est pas d'un grand secours pour établir un historique précis, l'étalonnage de la méthode et les marges d'erreur sur les résultats conduisant à des incertitudes sur les dates qui ne permettent pas de les

ordonner dans le temps, en particulier lorsque l'on compare différents sites. En effet, il est important d'établir une chronologie pour chaque site, mais aussi d'établir une relation spatiale de contemporanéité entre différents sites. Il est donc difficile d'établir une carte de la présence des différentes cultures (et donc des espèces) en fonction du temps.

Le projet anglais RESET a pour but d'étudier l'adaptation des hommes aux variations climatiques de ces 80 000 dernières

années en rapprochant les données des paléontologues et des géologues. Pour établir une chronologie fiable, les chercheurs du projet utilisent les cendres volcaniques. Ces cendres se déposent sur des surfaces éteintes à l'échelle d'un continent et permettent, une fois identifiées comme provenant d'une éruption particulière, de synchroniser les stratigraphies de différents sites, fixant un instantané temporel et spatial de la répartition des cultures.

Francesco d'Errico et William Banks, du CNRS et de l'Université de Bordeaux, ont utilisé cette approche pour étudier la transition entre le Paléolithique moyen et supérieur à l'aide des émissions volcaniques des champs Phlégréens, que l'on retrouve partout en Europe méridionale. Les éjectas de ce volcan ont été identifiés dans 11 sites.

En associant ce marqueur aux résultats stratigraphiques, F. d'Errico et W. Banks montrent que les cultures uluzzienne et protoaurignacienne sont chronologiquement séparées et que la culture uluzzienne est probablement néandertalienne. Ainsi, les Néandertaliens auraient développé une culture avec des traits modernes indépendamment des hommes modernes. Les chercheurs montrent aussi que l'Aurignacien avait déjà remplacé l'Uluzzien dans certaines régions avant l'éruption du volcan. Celui-ci ne serait donc pas responsable de la disparition des Néandertaliens.

L'étude d'un plus grand nombre de sites présentant des restes d'éjecta des champs Phlégréens permettra de consolider ces conclusions.

La disparition de l'homme de Néandertal reste une question ouverte. Elle pourrait être liée, par exemple, à la confrontation avec l'homme moderne ou à une fusion des deux espèces.

la savane, mais que cette adaptation n'était pas uniforme dans toute la région : ils ont aussi retrouvé des fossiles de bovins plus adaptés à des régions humides. Les chercheurs confirment qu'il y a eu des transitions globales vers des climats plus arides, mais que la dynamique d'adaptation des espèces est complexe à interpréter.

Si l'analyse reste sujette à caution dans ses détails, une tendance globale se dégage : le changement de végétation a probablement eu une influence sur nos ancêtres, en modifiant les ressources alimentaires disponibles. L'étude isotopique des sols a permis d'esquisser la flore à diverses époques ; celle de l'émail des dents permet d'en savoir plus sur ce que mangeaient les hominines. Par exemple, l'analyse d'un dent d'un homme moderne vivant en Occident pointerait vers une alimentation à base de plantes en C4, car une grande part de l'alimentation – la viande de bœuf, les boissons sucrées, etc. – dérive du maïs, une herbe en C4.

Régime alimentaire varié ou restreint ?

Le changement de ressources alimentaires semble avoir joué un rôle durant l'évolution de l'homme, il y a environ deux millions d'années, lorsque le genre *Homo* est apparu. Th. Cerling et ses collègues ont examiné les dents des fossiles trouvés dans le bassin de Turkana. En 2013, ils ont montré qu'il existait une distinction nette entre le régime des premiers *Homo* et celui des *Paranthropus*. Une espèce, *Paranthropus boisei*, a parfois été surnommée l'homme casseur de noix à cause de ses grandes molaires et des os massifs de sa mâchoire. Il n'en est rien : les données concernant les isotopes du carbone dans l'émail des dents de cette espèce indiquent que son régime était peu diversifié et fondé principalement sur de la végétation en C4. En outre, de fines rayures microscopiques sur les dents renforcent l'idée d'une alimentation à base d'herbes abrasives en C4.

La grande surprise a concerné *Homo*. L'analyse des dents les plus anciennes indiquait un régime en contradiction avec l'environnement de l'époque, dominé par de l'herbe en C4. Les données isotopiques des dents indiquaient un régime constitué d'environ 65 % d'aliments en C3 et 35 % d'aliments en C4. Les premiers humains avaient donc une alimentation diversifiée

qu'ils devaient chercher dans un environnement de plus en plus uniformément couvert par la savane. Ce qui a priori semble être un inconvénient a aussi eu l'avantage de conférer à *Homo* une grande flexibilité vis-à-vis des variations climatiques. *Homo* a dès lors pu transmettre ses gènes à sa lignée tandis que *Paranthropus*, qui pourtant se nourrissait de plantes en C4, a fini par s'éteindre, son régime étant trop spécialisé. Les végétaux dont il se nourrissait ont probablement disparu lors du changement climatique.

Par ailleurs, il est tentant de spéculer que les outils en pierre les plus complexes apparus avec *Homo* – les haches, les couperets et autres – étaient plus adaptés pour aider leurs propriétaires à exploiter plusieurs sources de nourriture. Nous ignorons ce qu'ils mangeaient exactement, mais nous pensons que la diversité alimentaire a finalement constitué un avantage.

Ces résultats, qui reposent sur les plantes en C3 et en C4, nécessitent d'être consolidés par de nouvelles données. Une technique particulièrement prometteuse a été développée ces dernières années pour suivre de façon continue les changements passés de la végétation. Les feuilles de toutes les plantes terrestres sont recouvertes d'une pellicule cireuse qui les protège. Lorsque des plantes meurent ou sont abrasées, la couverture cireuse est emportée par le vent, avec la poussière minérale et d'autres particules. Ces couvertures sont faites de petites molécules carbonées robustes, des lipides. Elles sont résistantes à la dégradation et portent la signature isotopique du carbone de leur plante mère, en C3 ou en C4. Une fois récupérés dans les sédiments, les lipides cireux des plantes peuvent être analysés, et leur signature en carbone déterminée. L'abondance relative des signatures en C3 ou en C4 nous permet d'estimer les quantités d'herbe par rapport aux arbres et broussailles présents dans les anciens milieux.

Sarah Feakins, de l'Université du Sud de la Californie, et ses collègues ont appliqué cette technique afin de reconstruire l'environnement des hominines. En analysant les sédiments issus d'un site de forage dans le Golfe d'Aden, ils ont confirmé que les plaines herbeuses d'Afrique de l'Est se sont étendues il y a entre trois millions

et deux millions d'années, pour couvrir jusqu'à la moitié des terres.

S. Feakins a aussi montré qu'on pouvait retracer les cycles courts de climats humides et secs avec ces biomarqueurs de cire. La végétation a donc évolué en partie selon les cycles courts alternant entre forêt et savane. Sur le site fossilifère de Olduvai Gorge, en Tanzanie, où des hominines ont vécu il y a 1,9 million d'années, Clay Magill et Kate Freeman, de l'Université d'État de Pennsylvanie, ont utilisé les mêmes biomarqueurs et ont trouvé des changements similaires.



Homo
a pu s'adapter
aux variations climatiques
et aux changements
de végétation car il avait
une alimentation variée.

L'ensemble de ces observations a permis de reconstruire l'histoire climatique de la région. L'image de notre ancêtre sortant de la forêt pour investir la savane sans jamais revenir en arrière a vécu. Il faut plutôt se représenter les ancêtres de l'homme confrontés à des cycles climatiques rapides et réguliers et à deux changements importants qui ont établi la prépondérance de la savane africaine telle que nous la connaissons aujourd'hui. La capacité de nos ancêtres à s'adapter au changement semble avoir été un atout majeur. D'autres éléments enrichiront peut-être ce scénario, mais une chose est sûre : la réponse à la question « D'où venons-nous ? » n'est plus hors de portée. ■