

LE MALI, BERCEAU DE LA DOMESTICATION DU RIZ AFRICAIN

Grâce à une vaste étude génomique, des chercheurs ont montré que la culture du riz africain est apparue au Mali, il y a 3 000 ans, après une longue période de sécheresse.

Céréale nourrissant près de la moitié de la population mondiale, le riz asiatique *Oryza sativa* a été largement décrit par les scientifiques. En revanche, le riz africain *Oryza glaberrima*, espèce qui a divergé de son homologue asiatique il y a un million d'années, restait jusqu'à présent assez méconnu. Yves Vigouroux, de l'IRD (Institut de recherche pour le développement), et ses collègues ont analysé l'ADN de plus de 200 plants de riz africain cultivé, *Oryza glaberrima*, et de riz sauvage, *Oryza barthii*, provenant du Sahel. Ils ont ainsi retracé l'histoire de la domestication du riz africain.

En 2014, une équipe américaine a déterminé que la domestication du riz en Afrique remonte à 3000 ans. Mais le foyer de cette domestication restait jusqu'à présent assez flou. Pour le préciser, Yves Vigouroux et son équipe ont analysé l'ADN de 163 plants de riz domestiqué, en s'intéressant particulièrement à des SNP (polymorphismes d'un seul nucléotide), des paires de bases du génome qui varient parmi les individus d'une même espèce. Puis ils ont comparé ces séquences à celles de 83 plants sauvages d'*Oryza barthii*, l'espèce dont est issu le riz domestiqué *Oryza glaberrima*. Cela a permis de délimiter la zone géographique où le riz sauvage et le riz cultivé sont les plus proches génétiquement, c'est-à-dire le berceau de la domestication du riz : il se trouve dans le delta intérieur du fleuve Niger, au Mali.

Ces analyses ont également permis d'estimer les variations, au cours du temps, de la taille des différentes populations de riz, par une méthode dite de coalescence génétique. Il s'agit d'abord de déterminer, pour deux individus pris au hasard dans une population d'époque donnée, l'âge de leur dernier ancêtre commun, calculé d'après leur différence génétique. Puis on utilise le fait que, statistiquement, plus cet ancêtre commun est ancien, plus la population à laquelle appartenaient les deux individus était grande.

Les chercheurs ont ainsi montré qu'il y a entre 10000 et 3000 ans, la diversité du riz africain a nettement chuté. Selon eux, la cause serait climatique. «Autrefois, le Sahara était une région arborée, peuplée de girafes, de gazelles...



Le riz africain *Oryza glaberrima* représente un enjeu important en Afrique, continent qui importe de grandes quantités de riz asiatique (*Oryza sativa*).

5,5
MILLIARDS
DE DOLLARS
C'EST CE QUE
REPRÉSENTENT
LES IMPORTATIONS
DE RIZ ASIATIQUE
DANS LES 43 PAYS
AFRICAINS
PRODUCTEURS
DE RIZ.
SELON LE PAYS
CONCERNÉ,
CES IMPORTATIONS
COUVRENT ENTRE
10 ET 90 %
DES BESOINS.

Source : AfricaRice, rapport annuel, 2016

Puis, à partir d'il y a 9000 ou 10000 ans, la région est devenue de plus en plus aride, ce qui a entraîné un bouleversement de la biodiversité et une réduction importante des populations de riz», explique Yves Vigouroux. Le chercheur et son équipe supposent que «cette raréfaction du riz sauvage a conduit les populations de chasseurs-cueilleurs à conserver les graines d'une année sur l'autre, et les a progressivement transformés en agriculteurs.»

Mais le climat n'a pas été le seul paramètre ayant joué sur la diversité du riz en Afrique. En effet, cette diversité a chuté une seconde fois au cours de ces cinq derniers siècles. Cette fois, c'est le riz asiatique qui en serait la cause : importé massivement par les Portugais lors de la colonisation de l'Afrique au XVI^e siècle, sa culture, plus productive, aurait peu à peu remplacé celle du riz autochtone.

Pourtant, plus résistant aux fortes chaleurs, aux maladies et nécessitant moins d'eau, le riz africain a de nombreux avantages. Pour Yves Vigouroux, «l'étude de ce riz pourrait constituer un enjeu pour l'agriculture de demain, surtout dans un contexte où le réchauffement climatique affecte déjà les rendements agricoles.» ■

C. M.

P. Cubry et al., *Current Biology*, vol. 28(14), pp. 2274-2282, 2018

GÉOSCIENCES

LE RÔLE DES GAZ À EFFET DE SERRE À LA FIN DE L'ÉOCÈNE

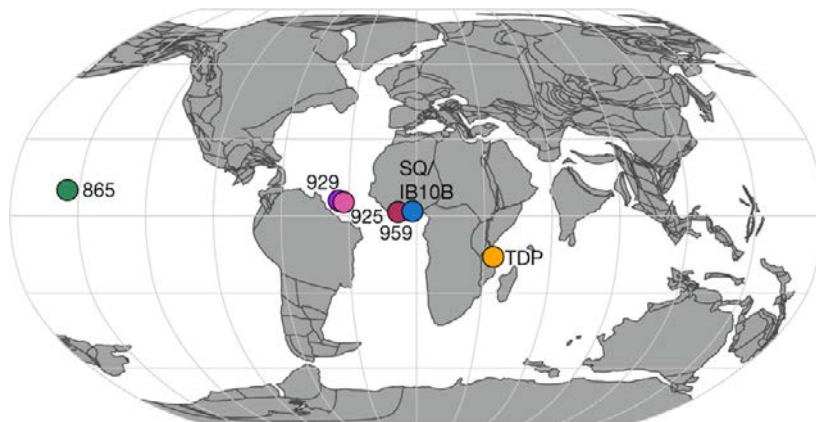
La chute de température à la fin de cette période géologique, il y a 34 millions d'années, serait due à la baisse de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre.

Le réchauffement climatique en cours s'explique surtout par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, etc.) dans l'atmosphère. Pour comprendre comment le climat évoluera, il est intéressant d'étudier la dynamique atmosphérique du passé, notamment durant l'Éocène. En effet, cette période géologique, il y a entre 56 et 34 millions d'années, a été l'une des plus chaudes. Sa fin est marquée par une chute rapide des températures. Margot Cramwinckel, de l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas, et des collègues de plusieurs pays ont analysé des sédiments de l'océan Atlantique afin de déterminer la cause de cette baisse de température.

Les géologues proposaient deux scénarios pour expliquer cette évolution. Le premier s'appuie sur le fait qu'à la fin de l'Éocène, l'Australie et l'Antarctique, qui ne formaient qu'un seul continent, se sont séparés. Cette ouverture aurait modifié les courants marins profonds, ce qui aurait provoqué une chute de la température des eaux océaniques de l'hémisphère Sud. La seconde piste est celle d'une baisse de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre. La température des océans aurait diminué, mais selon une dynamique et une répartition différentes du premier scénario.

Pour départager ces hypothèses, Margot Cramwinckel et ses collègues ont mesuré, dans des sédiments, les variations de concentration en lipides produits par des bactéries du genre *Thaumarchaeota*. Les traces laissées par ces organismes (des archées), qui synthétisent des quantités de lipides différentes selon la température de leur environnement, permettent de déterminer les variations de température dans les régions tropicales à la fin de l'Éocène.

En comparant ces températures à celles issues de carottes prélevées dans d'autres océans, les chercheurs ont reconstruit l'évolution des différences de température entre les eaux océaniques polaires et équatoriales (on parle de gradient thermique méridional). Résultat : ce gradient s'accroît au cours de l'Éocène alors que la température océanique des deux régions diminue. D'après le modèle développé par Margot Cramwinckel et ses



Cette carte montre comment l'Australie et l'Antarctique ont commencé à se séparer à la fin de l'Éocène. Les sédiments étudiés (point bleu) ont été comparés à d'autres (les autres points) pour déterminer les températures océaniques durant l'Éocène.

8 °C

**DE PLUS
QUE LA
TEMPÉRATURE
MOYENNE ACTUELLE,
C'EST CE QUI
PRÉVALAIT AU COURS
DE LA TRANSITION
ENTRE LE PALÉOCÈNE
ET L'ÉOCÈNE.
CAUSE PROBABLE,
SELON LES DONNÉES
GÉOPHYSIQUES :
UNE IMPORTANTE
HAUSSE DE LA
CONCENTRATION
ATMOSPHÉRIQUE EN
GAZ À EFFET DE SERRE
IL Y A 56 MILLIONS
D'ANNÉES.**

collègues, ces observations signifient que le changement global de température a eu un effet beaucoup plus important sur les régions polaires que sur les régions tropicales à la fin de l'Éocène. Ce phénomène, connu sous le nom de facteur d'amplification polaire, est caractéristique de l'influence des gaz à effet de serre. Les chercheurs en concluent que c'est la baisse de concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui a provoqué le refroidissement de la fin de l'Éocène.

L'équipe de Margot Cramwinckel a aussi noté que les températures des régions tropicales durant l'Éocène variaient beaucoup. Elle suggère que les régions tropicales étaient très sensibles aux changements de composition atmosphérique et de concentration en gaz à effet de serre, avec un effet direct sur les températures. Transposé à l'évolution actuelle du climat, ce résultat souligne l'importance critique de maîtriser les émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, le modèle proposé par ces chercheurs est le premier capable de reproduire les variations de températures océaniques et les gradients de température sur des périodes de temps aussi longues. Il fournit aux climatologues des outils robustes pour estimer les évolutions futures de notre climat. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

M. J. Cramwinckel et al., *Nature*,
vol. 559, pp. 382-386, 2018

DU PAIN AVANT L'AGRICULTURE

Du pain calciné, retrouvé en Jordanie dans les vestiges de foyers vieux de plus de 14 000 ans, s'est révélé préparé à partir de céréales sauvages. Il serait ainsi antérieur d'au moins 4 000 ans à l'émergence de l'agriculture.

Ces deux foyers, des sortes de fours circulaires, étaient enfouis sous le site archéologique de Shubayqa 1, où se trouvait auparavant un village de Natoufiens, un peuple de chasseurs-cueilleurs de la fin du Paléolithique. Au vu de la complexité, du temps de préparation et du coût en énergie de la fabrication de cet aliment, Amaia Arranz-Otaegui, de l'université de Copenhague, et ses collègues suggèrent que ces peuples consommaient du pain en période de fête pour impressionner les convives. ■

L. S.

A. Arranz-Otaegui et al., *PNAS*, vol. 115 (31), pp. 7925-7930, 2018

PHYSIQUE

L'ÉLASTICITÉ DU TRICOT COMPRISE

Le tricot, contrairement à une toile tissée, est constitué d'un unique fil qui dessine des méandres pour former les mailles. C'est cette topologie complexe qui assure l'élasticité du tricot, le fil glissant de maille en maille lorsque le matériau est étiré. Les modèles décrivant ce comportement n'étaient jusqu'à présent pas très satisfaisants. Samuel Poincloux, de l'École normale supérieure, à Paris, et ses collègues en proposent un nouveau.

Ces physiciens ont d'abord suivi avec une caméra la déformation individuelle de chaque maille dans un tricot étiré. Ils ont alors élaboré un modèle, dont l'élément fondamental est une cellule à quatre côtés qui peut se déformer mais qui doit respecter certaines contraintes liées à la topologie du matériau. Ce modèle restitue parfaitement les observations lors de l'étirement du tricot. Une avancée qui intéressera l'industrie, notamment dans le domaine biomédical, les propriétés d'élasticité et de drapé du tricot ayant de nombreuses applications potentielles. ■

SEAN BAILLY

S. Poincloux et al., *Physical Review X*, vol. 8, article 021075, 2018

UN DEMI-MILLION D'ANNÉES DE SAPIENS



L'apparition dans le registre fossile africain de ces pointes bifaciales, pointes de flèches, perles en coquillage, morceaux d'ocre ou d'œufs d'autruche gravés signale l'émergence d'*Homo sapiens*.

Une brochette de paléanthropologues insignes, comprenant les préhistoriens Francesco d'Errico et Lounes Chikhi du CNRS, vient de publier un article rejetant l'idée que notre espèce, *Homo sapiens*, est le produit de l'évolution depuis 200 000 ans d'une seule population dans une unique région africaine.

Au lieu de cela, ces chercheurs proposent que la lignée *sapiens* a commencé à émerger en Afrique, il y a au moins 500 000 ans, ce qui est évidemment une conséquence de la découverte récente de plusieurs fossiles *sapiens* de quelque 315 000 ans d'âge... Ils vont même plus loin, en partant de la constatation que les plus anciens fossiles *sapiens* connus traduisent une assez grande diversité morphologique et sont disséminés à travers toute l'Afrique. Selon eux, si l'on tient compte des données archéologiques, génétiques, paléoclimatiques et paléoécologiques, cette situation correspond plutôt à l'idée que notre espèce s'est diversifiée au sein d'un réseau de populations réparties à travers toute l'Afrique. Les divers bassins de ces populations étaient séparés par des barrières naturelles, tels le Sahara ou la forêt, mais reliés par des flux géniques sporadiques. La dissémination de la population ancestrale *sapiens* a favorisé son hybridation avec des formes humaines divergeant d'*H. sapiens*, hybridation qui a d'ailleurs continué à se produire lorsque *H. sapiens* est sorti d'Afrique.

Ainsi, l'archéologie et les autres paléosciences devront désormais être convoquées ensemble chaque fois que l'on cherchera à préciser quel réseau natif *sapiens* a pu exister à une certaine époque. Un point que Lounes Chikhi commente ainsi : « Les données convergentes issues de ces différents domaines soulignent l'importance de considérer la structure des populations dans les modèles d'évolution humaine. Cela devrait donc nous amener à remettre en question les modèles actuels de changements de la taille de la population ancienne, et peut-être réinterpréter certains des anciens goulots d'étranglement, comme des changements dans la connectivité. » Décidément, tout est affaire de réseau aujourd'hui ! ■

F. S.

E. Scerri et al., *Trends in Ecology and Evolution*, en ligne le 11 juillet 2018