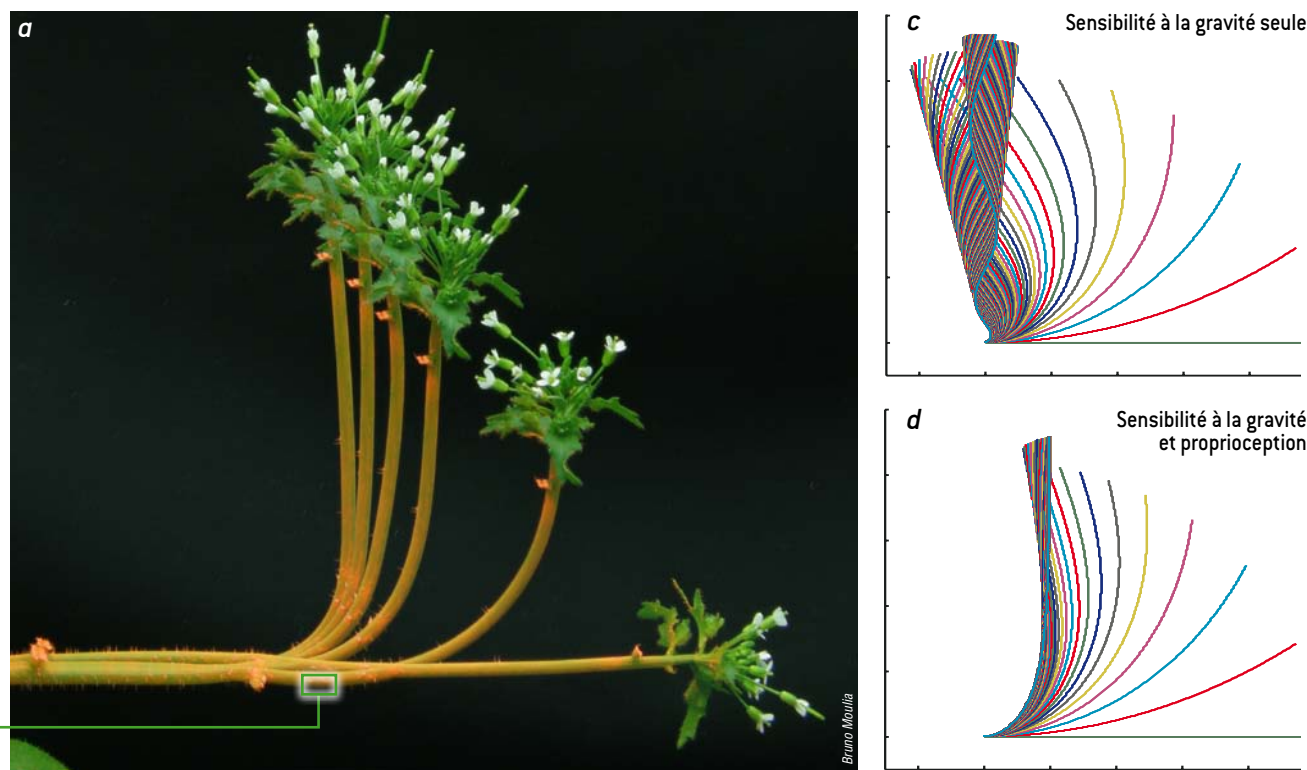




plantes à fleurs terrestres, qu'ils ont filmé et quantifié par ailleurs. Leur simulation a reproduit fidèlement le redressement de toutes les tiges, de la minuscule germination du blé aux troncs de peupliers. Ainsi, la coordination de millions de cellules motrices est possible par la combinaison d'une perception locale de l'inclinaison et de la déformation (la courbure) des cellules. C'est une nouvelle preuve que les plantes sont capables d'intégrer plusieurs signaux et ne se contentent pas d'une réponse réflexe déclenchée par un stimulus unique, comme on le pensait récemment encore.

Comment la courbure est-elle perçue et intégrée ? Pour le déterminer, B. Moullia et ses collègues ont réexaminé les travaux antérieurs où la modification de la courbure et la redistribution latérale de l'auxine étaient mesurées. Cette redistribution se révèle trop lente pour provoquer la modification de courbure observée. L'auxine ne semble donc pas intervenir dans la correction proprioceptive de la courbure, même si des travaux supplémentaires seront nécessaires pour le confirmer. Là encore, des canaux mécanosensibles pourraient être en cause.

Ainsi, les plantes réajustent leur posture en permanence, en réponse à plusieurs types de signaux, telles la lumière, la gravité et la déformation. L'ensemble des signaux perçus sont intégrés pour conduire à une coordination des mouvements. L'originalité de la sensitive n'est pas tant sa sensibilité ni sa motricité, mais sa rapidité, qui rend ses mouvements perceptibles. Les mécanismes de sensorimotricité se sont probablement développés lors de la colonisation de la terre ferme, permettant aux plantes de pousser vers le haut en l'absence d'un fluide porteur.

Des réseaux complexes

L'étude des mécanismes en jeu demande des analyses allant de l'échelle moléculaire à celle de la plante entière, et associant biologistes, mécaniciens et physiciens. On commence seulement à comprendre les réseaux de signalisation et de régulation impliqués dans la coordination des mouvements végétaux. En particulier, l'auxine semble jouer un rôle important pour traduire les perceptions en motricité et elle interagit avec d'autres signaux (courants ioniques, potentiels d'action, hormones).

Ces découvertes ont remis en cause nombre de nos repères épistémologiques et brouillé la frontière entre les plantes et les animaux. Certains chercheurs, comme Tony Trewavas, de l'Université d'Édimbourg, ou Francisek Baluska et Stephano Mancuso, de l'Université de Florence, envisagent ainsi un traitement complexe de l'information chez les végétaux, qui permettrait d'adapter le comportement moteur à la combinaison de signaux reçus de l'environnement. On parle de neurobiologie végétale, terme contesté, mais qui révèle le bouleversement de nos conceptions.

Soulignons pour terminer l'originalité et l'élégance des mécanismes développés par l'évolution végétale. La sensorimotricité des plantes est fondée sur un nombre restreint de structures. Les mêmes cellules assurent à la fois la fonction squelettique et la fonction motrice, et les « influx nerveux » sont transportés par la voie « vasculaire ». En outre, l'ensemble du corps de la plante est doué de sensorimotricité. De nombreuses zones d'ombre persistent dans les mécanismes en jeu. Nul doute que les recherches des années à venir seront passionnantes et permettront d'y voir un peu plus clair. ■

Les débuts européens de la production laitière

Mélanie Roffet-Salque et Richard Evershed

L'analyse biochimique de tessons de poterie a révélé comment la production laitière s'est mise en place dans l'Europe néolithique et a apporté la preuve que l'on fabriquait du fromage il y a au moins 7 500 ans.



Depuis des millénaires, partout où ils vont, les Européens élèvent des animaux dont ils consomment le lait. Il y a cinq siècles, ils posaient le pied en Amérique, et aujourd'hui, les États-Unis produisent 90 millions de tonnes de lait par an... tandis que l'Union européenne en produit 140 millions de tonnes, soit trois quarts de litre de lait par Européen et par jour. Cette immense collecte implique quelque 712 000 exploitations laitières comprenant de une à deux vaches, comme en Roumanie, à plus de 100, comme au Danemark. De fait, le lait est aujourd'hui la base d'une industrie européenne florissante, qui exporte une grande variété de produits laitiers dans le monde entier (voir l'encadré page 50).

Quand et comment a débuté la production laitière en Europe ? De récentes découvertes archéologiques prouvent que les paysans qui, il y a huit millénaires, ont commencé à remonter le couloir danubien ou à se répandre dans les Balkans, poussaient devant eux des ruminants pourvoyeurs de

L'ESSENTIEL

■ L'exploitation laitière était déjà intense en Anatolie au VIII^e millénaire avant que les premiers éleveurs ne s'aventurent en Europe.

■ L'agropastoralisme et la production de lait qui l'accompagne se sont répandus en Europe en moins de 4 000 ans par deux voies : les côtes méditerranéennes et le couloir danubien.

■ Il y a huit millénaires, les paysans néolithiques européens fabriquaient déjà du fromage dans des faisselles.

© P.L.S., d'après une photographie du site d'Aspeberg en Suède

viande et surtout de lait. Transformé en fromage, le lait représentait une précieuse réserve alimentaire, car facilement transportable et stockable.

Une invention fortuite : le fromage

Lorsque les paysans ont migré vers l'Europe en provenance d'Anatolie (Turquie), ils savaient donc probablement transformer le lait. Comment l'ont-ils appris ? On ne peut que faire des hypothèses. Le fromage aurait été inventé fortuitement au Moyen-Orient. Héritières des savoir-faire des chasseurs-cueilleurs du Paléolithique, les populations de cette région transportaient probablement leurs denrées alimentaires dans des outres confectionnées avec les peaux et les viscères, l'estomac notamment, des animaux tués. Or l'estomac des jeunes ruminants contient de la présure, un coagulant naturel. La présence de cette substance dans le lait entraîne la séparation du petit-lait (la fraction maigre et liquide) et du caillé (la

fraction grasse et solide, qui est la base du fromage). Nos ancêtres auraient ainsi découvert le fromage après avoir stocké du lait dans une outre d'estomac, à moins qu'ils n'aient simplement constaté la présence de lait caillé dans l'estomac d'un jeune ruminant tué pour sa viande. Quoi qu'il en soit, ils ont appris d'une façon ou d'une autre à imiter la digestion du veau en ajoutant de la présure à du lait tout juste trait.

Le fromage, pâte plus ou moins liquide, molle ou solide, est en effet le résultat d'un caillage sous l'effet d'un coagulant, d'un moulage («fromage» est d'ailleurs une déformation du mot «fromage» qui désignait cette opération), puis d'un égouttage et, enfin, d'un affinage plus ou moins long (voir la figure 3). Par ces opérations, on transforme un liquide nourricier difficile à manipuler et à stocker en une denrée stockable, transportable et, surtout, digeste.

C'est en effet grâce à cette propriété de digestibilité que le fromage constitue un moyen très efficace de stocker les protéines et les graisses produites par les animaux

laitiers. La fabrication du fromage diminue la teneur en lactose, sucre qui reste dans le tube digestif, où sa digestion par des bactéries (fermentation) provoque chez 65 pour cent de la population adulte mondiale d'aujourd'hui ballonnements, crampes et diarrhées... Or le caillage, la séparation du caillé et l'égouttage évacuent la plus grande part du petit-lait, composante riche en lactose nommée aussi lactosérum.

Digérer le lactose

Le fromage était une aubaine pour les populations préhistoriques, car, comme de très nombreux adultes aujourd'hui, elles étaient probablement intolérantes au lactose. Le séquençage de l'ADN extrait de plusieurs ossements de premiers paysans européens a en effet révélé que ces individus ne synthétisaient pas à l'âge adulte la lactase, l'enzyme permettant de digérer le lactose. Et en 2009, une simulation numérique réalisée par Mark Thomas et son équipe à l'UCL (*University College London*) de l'évolution génétique de la



1. CE RELEVÉ D'UNE GRAVURE RUPESTRE DE L'ÂGE DU BRONZE, trouvée à Aspeberget en Suède, souligne l'importance des taureaux pour nos ancêtres paysans. Symboles de force, ils étaient utiles au travail de la terre. Quant aux vaches, lorsqu'elles avaient des veaux, elles produisaient du lait. Ce dernier servait à produire du fromage, que l'on pouvait stocker et transporter facilement, ce qui apportait une sécurité alimentaire essentielle.

L'industrie du lait est l'une des grandes richesses européennes. Ainsi, en 2011, le solde du commerce extérieur des produits alimentaires de l'Europe a été négatif de quelque 13 milliards d'euros, tandis qu'en même temps, ce solde pour les produits laitiers uniquement était positif de 7,5 milliards d'euros, après avoir augmenté de plus de 40 pour cent en cinq ans... Ainsi, dans la même année, les Européens ont exporté pour plus de 8,1 milliards d'euros de produits laitiers, alors qu'ils n'en importaient que 0,6 milliard. En 2011, le Vieux Continent a exporté 4,1 millions de tonnes de fromage, et la France 0,7 million de tonnes. Très divers, les produits laitiers, sous forme de yaourts, de desserts, de beurre, de crème, etc., valent à l'Europe dix des 25 plus grands transformateurs de lait au monde, dont cinq sont français, parmi lesquels *Danone* et *Lactalis* sont les 2^e et 3^e.



population de ces pasteurs a montré que la version du gène (l'allèle) associé à cette synthèse s'est beaucoup répandue dans la population européenne.

De fait, plus de 90 pour cent des adultes de l'Europe septentrionale d'aujourd'hui sont tolérants au lactose (ils synthétisent la lactase), et 50 pour cent en Europe méditerranéenne; pour comparaison, 90 pour cent des Chinois ou des Africains subsahariens ne le sont pas... Ainsi, il semble bien que depuis l'arrivée des premiers paysans en Europe, une sélection positive ait augmenté la fréquence de l'allèle responsable de la tolérance des adultes au lactose au sein de la population européenne.

Quand dans la préhistoire européenne a commencé l'exploitation laitière? Elle a vraisemblablement débuté avec l'élevage, donc au Néolithique. Ce «nouvel âge de la pierre» correspond au passage progressif d'une subsistance fondée sur la prédation (chasse, pêche, cueillette) à une subsistance fondée sur la production. Le Néolithique a démarré au Proche-Orient par une phase de cueillette-stockage des graminées sauvages et s'est poursuivi par la mise en culture et la domestication de certaines plantes, ainsi que, plus tard, par la domestication des ongulés.

Cette domestication s'est produite au Proche-Orient dès le VIII^e millénaire avant notre ère, plusieurs siècles après le début de l'agriculture. Les cheptels comprenaient des vaches, des moutons, des chèvres et des porcs.

Un pas décisif vers l'émergence d'une société agropastorale organisée a été l'apparition des céramiques, dès 7200 avant notre ère, dans des communautés du Proche-Orient déjà sédentarisées, vivant dans des habitations circulaires ou semi-circulaires.

En Europe, l'agropastoralisme sera introduit entre 6800 et 5000 avant notre ère, sauf dans les marges septentrionales du continent. Auparavant, il est longtemps resté confiné en Anatolie sud-occidentale et en Grèce. Puis, entre 6100 et 5800

couloir danubien. Vers 5500 avant notre ère, ils sont parvenus au Rhin, s'y sont arrêtés un moment, puis se sont répandus dans le Nord de la France, où ils ont fini par entrer en contact avec les groupes méditerranéens. On peut considérer que la néolithisation de l'Europe continentale s'est achevée vers 5000 avant notre ère. En France, elle a produit la première culture issue du contact entre les courants danubiens et méditerranéens de la néolithisation: la culture chasséenne (de 4200 à 3500 avant notre ère).

L'industrie laitière néolithique, une composante importante de ces sociétés, a d'abord été étudiée par l'archéozoologie, c'est-à-dire par l'étude systématique des ossements animaux retrouvés sur les sites archéologiques. En effet, pour disposer de lait de façon durable, il ne suffit pas de posséder un cheptel d'ongulés et d'y traire les femelles allaitantes. Il faut aussi abattre certaines bêtes (veaux après sevrage et vaches de réforme, très jeunes agneaux et chevreaux mâles, etc.) pour maintenir la production de lait, tout en gardant un troupeau viable. Ces stratégies d'abattage peuvent être reconstituées à partir de l'âge et éventuellement du sexe des animaux dont on retrouve les ossements.

Dans des travaux publiés en 2007, les archéozoologues Jean-Denis Vigne et Daniel Helmer, du CNRS, ont par exemple étudié pour le Proche-Orient et l'Europe méditerranéenne 36 «profils d'abattage» pour les moutons et les chèvres et 17 pour les bovins. Ils ont ainsi montré que l'exploita-

L'industrie laitière néolithique a d'abord été étudiée par l'archéozoologie.

avant notre ère, les paysans ont commencé à coloniser l'Europe par deux voies: le couloir danubien d'une part, les Balkans et la Méditerranée d'autre part. Entre 5800 et 5500 avant notre ère, des groupes agropastoraux progressent dans les Carpates et s'installent sur les côtes de la Méditerranée occidentale centrale. Par exemple, en Corse, les premiers paysans ont mis le pied sur cette île au début du VI^e millénaire avant notre ère.

Dans le même temps, des paysans pratiquant l'agropastoralisme remontaient le

EN CHIFFRES

LA VACHE EN EUROPE ET EN FRANCE

- 148,4 millions de tonnes de lait de vache produites chaque année en Europe
- 24,5 millions de tonnes de lait de vache produites chaque année en France
- 35 millions de vaches dans l'Union européenne
- 7,8 millions de vaches en France
- 6 616 litres de lait par vache et par an en moyenne dans l'Union européenne
- 669 000 exploitations laitières dans l'Union européenne
- 75 000 exploitations laitières en France

© Eric Isselée/shutterstock

tion laitière des caprinés, voire des bovins, était en place dans ces deux régions dès le début du Néolithique.

L'autre façon d'étudier les débuts de l'industrie laitière consiste à se concentrer sur les récipients néolithiques. L'élaboration des repas, le stockage du lait et la préparation des produits laitiers ont lieu dans des récipients étanches. Il a pu s'agir d'abord de contenants fabriqués à partir de matières organiques, tels le bois ou la peau. Les outres d'aujourd'hui, dont on fait encore des gourdes, en sont sans doute de lointaines descendantes. Ainsi, en Turquie, il est encore de tradition de pratiquer dans une peau de chèvre le barattage, c'est-à-dire la transformation de la crème de lait en beurre.

Analyser les tessons de poterie

Toutefois, les matières organiques finissent par se dégrader et disparaître, de sorte qu'il est bien plus efficace pour les archéologues d'étudier des contenants qui traversent le temps : les poteries.

Les archéologues découvrent constamment des poteries néolithiques, et, pour qui sait les faire parler, elles sont très utiles. Les paysans qui ont colonisé l'Europe n'ayant cessé de faire évoluer leurs céramiques, ces poteries servent en effet de marqueurs culturels et chronologiques. C'est d'ailleurs pourquoi le Néolithique européen est jalonné de cultures nommées d'après l'ornementation de leurs poteries, tels le

Rubané (céramiques ornées de rubans), le Cardial (céramiques ornées d'impression de coquillage du genre *Cardium*), la culture de la céramique cordée, le campaniforme (céramique en forme de cloche), etc.

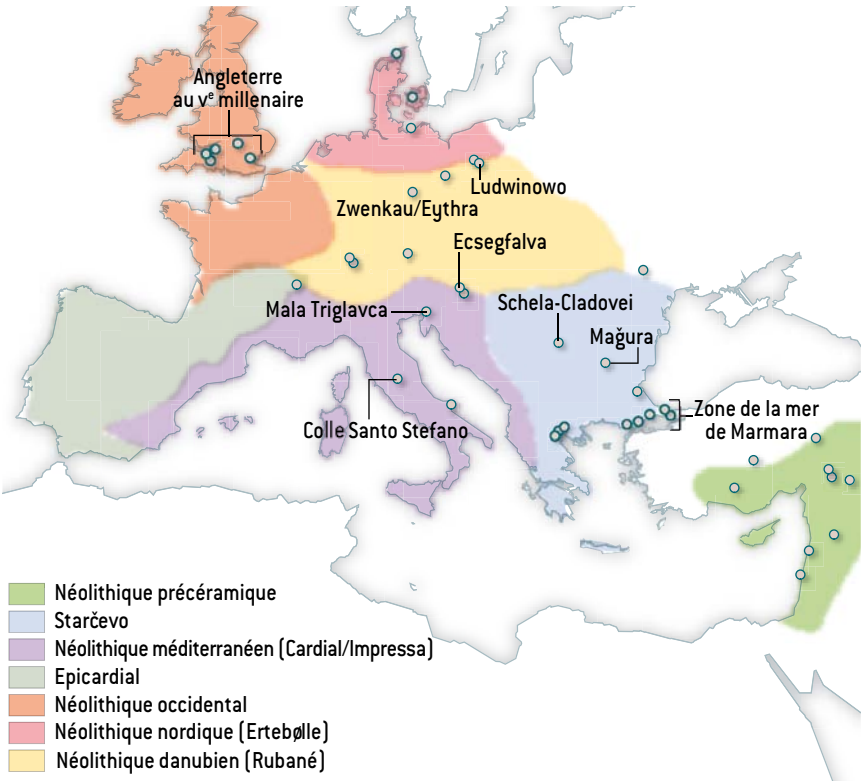
Par ailleurs, ces contenants anciens, ou ce qu'il en reste, c'est-à-dire la plupart du temps des tessons, racontent aussi ce qu'ils ont servi à cuire. En effet, les céramiques anciennes sont poreuses (parce que non-glacurées), de sorte que lors de la cuisson, elles emprisonnaient et protégeaient les corps gras provenant des denrées alimentaires. Les graisses hydrophobes flottent en effet à la surface de l'eau de cuisson et pénètrent de façon privilégiée dans les pores de la partie supérieure du récipient. En focalisant les analyses sur les tessons de bords, on augmente ainsi les chances de détecter des lipides.

Comment procède-t-on ? Après avoir nettoyé la surface du tesson afin d'enlever d'éventuelles contaminations par le sol ou la main de l'archéologue, on le réduit en poudre. Les éventuels lipides sont ensuite extraits à l'aide de solvants organiques, puis traités pour être analysés par chromatographie et spectrométrie.

Ces techniques permettent de détecter des biomarqueurs, c'est-à-dire des molécules qui trahissent la présence ancienne de substances organiques complexes telles que résines, goudrons, cires, graisses végétales, graisses animales... Le lait dégradé est ainsi caractérisé par la présence d'acides gras, provenant de sa matière grasse.

Détecter les acides gras

Ces molécules, rappelons-le, sont des chaînes carbonées comportant une fonction carboxylique (-COOH) impliquant le premier atome de carbone de la chaîne ; on les note $C_{n:x}$, où n représente le nombre d'atomes de carbone de la chaîne et x le nombre de doubles liaisons. Or toutes les graisses animales (qu'elles soient de lait ou de viande) sont constituées majoritairement de triglycérides, de grandes molécules résultant de la fixation de trois acides gras sur un glycérol (composé de formule $HOH_2C-CHOH-CH_2OH$). La décomposition des triglycérides par hydrolyse (par l'eau) détache du glycérol les acides gras. La détection de ces derniers dans une poterie signale donc la présence passée de graisse animale.



2. LES SITES ARCHÉOLOGIQUES NÉOLITHIQUES, dont des tessons ont été analysés afin de détecter la présence de résidus laitiers, sont indiqués ci-dessus dans les grandes aires culturelles qui leur correspondent. Ils jalonnent la néolithisation de l'Europe, transition vers une économie de production qui a débuté il y a environ 8 000 ans près du Bosphore.



3. LA FABRICATION DU FROMAGE

implique cinq étapes simples, maîtrisées probablement dès le Néolithique.

Le caillage (a), consiste à solidifier le lait à l'aide d'un agent coagulant : la présure.

Le moulage et l'égouttage (b, c) consistent à placer le caillé obtenu dans un moule percé – la faisselle –, de façon à ce qu'il prenne sa forme et perde son reste de petit-lait. Après

un long égouttage et le démoulage du fromage, le salage (d) peut se faire

à la main, où par trempage. Finalement, dans la phase d'affinage, le fromage frais finira de sécher sur étagère dans des conditions choisies pour faire évoluer son goût (e).

Deux acides gras sont toujours présents dans les graisses animales : l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stéarique (C18:0). Ces composés n'étant pas caractéristiques, leur présence ne suffit pas à déterminer la nature de la graisse animale dont ils sont issus. Cependant, dans de rares cas (notamment en milieu lacustre) où les graisses animales présentes dans les résidus archéologiques sont bien préservées, la présence de triglycérides permet parfois de distinguer des graisses de lait de graisses de viande.

À la fin des années 1990, l'un d'entre nous (R. Evershed) et son équipe, à l'Université de Bristol, ont mis au point une méthode pour identifier la nature d'une graisse animale même si elle est très dégradée. Elle se fonde sur le fait qu'au sein de toute substance organique, le rapport entre les quantités de carbone 13 et de carbone 12 (c'est-à-dire le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) reste constant dans le temps, puisque ces isotopes du carbone sont stables. Les différentes valeurs que prend ce rapport – ou une grandeur liée et notée $\delta^{13}\text{C}$ – dans des milieux organiques différents doivent donc se retrouver dans l'assemblage chimique produit par leur dégradation.

Pour valider cette approche, les chercheurs ont analysé des graisses provenant

de lait et de viande échantillonnés sur des animaux élevés de façon traditionnelle dans le Sud de la Grande-Bretagne. Ils ont mesuré les valeurs du rapport $\delta^{13}\text{C}$ des deux acides gras $\text{C}_{16:0}$ et $\text{C}_{18:0}$ au sein de diverses graisses animales provenant de ces animaux. Ces valeurs varient. Ce phénomène s'explique à la fois par les différences de métabolisme entre un ruminant et un non-ruminant, et par le fait que la voie de synthèse de l'acide stéarique diffère selon qu'il s'agit de lait ou de viande.

Identifier les graisses animales dégradées

À partir de ces expériences sur des graisses actuelles, l'équipe de R. Evershed a prouvé qu'il est possible de distinguer, par les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ des acides palmitique et stéarique, les résidus de graisses de ruminants de ceux des non-ruminants, et les résidus des laits de ceux des viandes. Les chercheurs ont alors pu définir un protocole systématique d'identification des graisses animales dégradées présentes dans des pièces archéologiques, méthode qui s'applique en principe à tous les corps gras animaux contenus dans les tessons archéologiques.

L'équipe de R. Evershed a lancé ensuite une vaste campagne d'analyse de poteries provenant du Proche-Orient pour savoir si l'exploitation laitière a débuté dans le berceau de la domestication des animaux ou si cette innovation a été mise en place dans d'autres régions.

Les chercheurs ont recherché des résidus laitiers dans plus de 2200 tessons de poteries provenant de 23 sites datés entre le VII^e et le V^e millénaire. De tels résidus ont été détectés en grandes quantités dans tous les sites du Nord-Ouest de l'Anatolie datant d'entre 6500 et 5000 avant notre ère : plus de 70 pour cent des graisses animales extraites des tessons se sont révélés d'origine laitière. Le lait a donc été intensément exploité autour de la mer de Marmara (entre l'Europe et l'Asie mineure) à cette époque. Or les sites ayant livré le plus de résidus laitiers sont aussi les sites où les ossements bovins sont les plus nombreux. Cela confirme le lien entre présence de bovins et production laitière sur ces sites.

Le lait a aussi été exploité ailleurs, au centre de l'Anatolie, au Sud-Est de l'Europe, dans l'Est de l'Anatolie et au Levant, mais pas avec la même intensité. En revanche, cela ne semble pas avoir été le cas en Grèce, pratiquement aucun des tessons grecs de

cette époque ne contenant de résidus laitiers. Il ressort donc de ces recherches que le lait a été exploité au Proche-Orient dès l'apparition de la céramique, donc un à deux millénaires plus tôt qu'on ne le pensait. Par ailleurs, même si des variations sont observables d'une région à l'autre du Nord-Ouest de l'Anatolie, il est évident que l'exploitation laitière y a été particulièrement intense. Sur ce plan, la partie de l'Anatolie proche de la mer de Marmara semble avoir été le point de départ de la vague de néolithisation de l'Europe.

De l'Anatolie à l'Europe

Que s'est-il passé une fois cette vague lancée ? L'industrie laitière a d'abord suivi le courant de néolithisation méditerranéen, parvenant par exemple en Italie centrale dès la première moitié du VI^e millénaire. Nous avons en effet constaté sa présence en étudiant des tessons provenant de l'habitat néolithique de Colle Santo Stefano, dans l'Aquila (voir la figure 2), daté entre 5840 et 5460 avant notre ère, où des os de petits ruminants (moutons et chèvres) dominent dans les vestiges de la faune.

Toutefois, peu d'études de résidus lipidiques portant sur les sites néolithiques méditerranéens ont été publiées à ce jour. Les travaux de Martine Regert, du CEPAM à Nice, ont clairement établi l'importance des pratiques laitières dans les sites lacustres alpins au cours du IV^e millénaire, donc du Néolithique moyen et récent, là où les deux voies de la néolithisation européenne se confondent. Malheureusement, il n'existe à ce jour aucune donnée concernant le Néolithique ancien dans ces régions.

La vague de néolithisation a par ailleurs suivi le couloir danubien. Ainsi, les analyses de tessons prélevés en remontant le Danube – donc en descendant le courant de néolithisation danubien – ont montré que le lait était exploité dès le début du VI^e millénaire (voir la figure 2).

Ainsi, Oliver Craig, de l'Université de York, et ses collègues ont montré que le lait était exploité à Schela Cladovei, un site néolithique datant d'entre 5950 et 5500 avant notre ère ; R. Evershed et des collègues ont découvert que c'était aussi le cas à Magura entre 5500 et 5200 avant notre ère, puis, entre 5800 et 5700 avant notre ère, dans deux sites de la partie intermédiaire du bassin danubien : Ecsegfalva (Hongrie) et Mala Triglavca (Slovénie).

L'industrie laitière est ensuite parvenue au Nord du couloir danubien, puisque nos analyses de tessons datés entre 5200 et 4800 avant notre ère provenant du site de la culture du Rubané (5500-5000) de Ludwinowo (Pologne) atteste aussi la présence de résidus laitiers (voir les figures 2 et 4).

Une fois parvenue tout au bout du couloir danubien, la vague de néolithisation s'est poursuivie d'une part vers la mer et la Grande-Bretagne, d'autre part vers la Scandinavie. Nos collègues scandinaves ont ainsi mené des recherches sur les évolutions culinaires durant la transition entre le Mésolithique et le Néolithique, lorsque des plantes et des animaux domestiqués ont été introduits pour la première fois dans la région. Des tessons de poterie de la culture Ertebølle (5300-4200) provenant à la fois de sites côtiers et de l'intérieur des terres ont été analysés et des résidus laitiers y ont été détectés. Or ces sites sont antérieurs d'au moins 600 ans au développement en Scandinavie du pastoralisme et de l'agriculture sous la forme de la culture des vases à entonnoir (4200 à 2600 avant notre ère).

En Grande-Bretagne, l'étude par des chercheurs de l'Université de Bristol de près de 2000 tessons provenant de sites du Sud de l'île, datant du Néolithique à l'âge du Fer, a montré que le lait a été exploité de manière intensive depuis les prémices du Néolithique. Cela a permis aux populations préhistoriques de renoncer aux produits marins à la fin du V^e millénaire. Dans certains sites du Néolithique ancien britannique, jusqu'à 80 pour cent des tessons retrouvés contiennent des résidus laitiers !

Deux voies d'expansion

Résumons. Dès la seconde moitié du VII^e millénaire, une intense exploitation laitière s'est mise en place dans le Nord-Ouest de l'Anatolie, autour de la mer de Marmara, une région pourtant distante de la zone où ont été domestiqués les animaux laitiers. À partir de là, la production laitière a accompagné la vague de la néolithisation par deux voies, l'une danubienne et l'autre méditerranéenne, et cela jusqu'à la Grande-Bretagne et la Scandinavie.

Dès le début du VI^e millénaire, le lait était exploité en Europe centrale et en Italie centrale. Seulement 800 ans plus tard, il l'était aussi dans ce qui allait devenir le Nord de la Pologne. L'industrie laitière a

■ LES AUTEURS



Mélanie ROFFET-SALQUE est postdoctorante dans l'équipe de géochimie organique à l'Université de Bristol, au Royaume-Uni.



Richard EVERSLED, géochimiste, dirige l'équipe de géochimie organique de la Faculté de chimie de l'Université de Bristol.

■ BIBLIOGRAPHIE

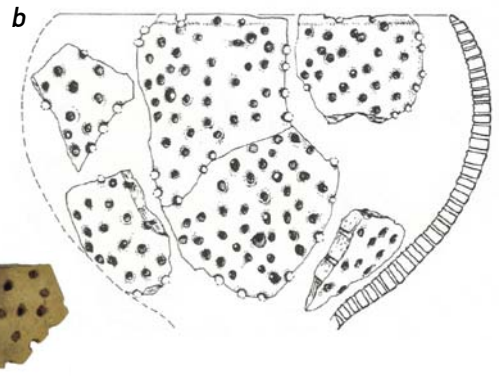
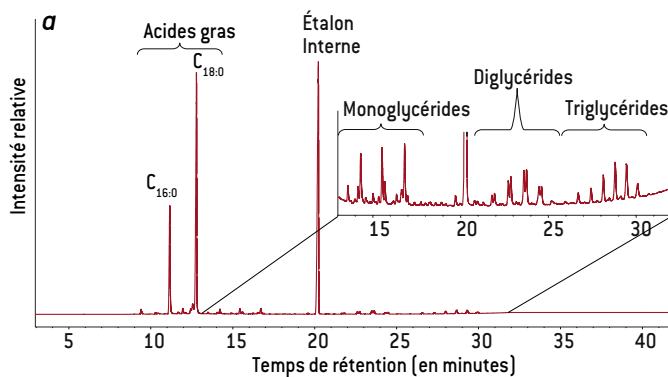
M. Salque *et al.*, Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe, *Nature*, vol. 493, pp. 522-525, 2013.

P. Gerbault *et al.*, How long have adult humans been consuming milk ?, *IUBMB Life*, vol. 65(12), pp. 983-990, 2013.

R. P. Evershed *et al.*, Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding, *Nature*, vol. 455, 528-531, 2008.

M. S. Copley *et al.*, Direct chemical evidence for widespread dairying in prehistoric Britain, *PNAS*, vol. 100(4), pp. 1524-1529, 2003.

D. R. Harris [ed.], *The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia*, UCL Press, 1996.



4. LE CHROMATOGRAMME D'UNE GRAISSE ANIMALE DÉGRADÉE, extraite d'un tesson de poterie, consiste en une série de pics dont chacun correspond à un triglycéride ou à un composé issu de sa décomposition [a]. L'hydrolyse de ces composants principaux des

graisses animales produit en effet des diglycérides, des monoglycérides et des acides gras repérables sur le chromatogramme. L'analyse de tessons perforés a permis de prouver que l'on a affaire à des fragments de faisselle ayant servi à produire du fromage [b].

atteint la Scandinavie au début du IV^e millénaire. Curieusement, le lait semble avoir été adopté de manière particulièrement rapide en Grande-Bretagne, dès les débuts de l'élevage, alors qu'il l'a été plus progressivement en Europe continentale. Quoi qu'il en soit, son exploitation était intense outre-Manche à la fin du V^e millénaire. Tout aussi curieusement, le Nord de la Grèce semble avoir été réfractaire à l'adoption du lait et de ses produits : très peu de résidus laitiers datant du Néolithique y ont été détectés, et l'étude des stratégies d'abattage suggère que la production y était orientée vers la viande.

Les archéozoologues ont révélé à ce propos une dichotomie entre les sites méditerranéens et les sites plus continentaux. Les petits ruminants (chèvres et moutons) étaient les animaux les plus communs dans le cheptel des paysans néolithiques méditerranéens, sans doute parce qu'ils sont plus adaptés au pacage sous des climats plus arides. Dans les plaines du Nord de l'Europe, en revanche, les vaches dominaient dans les troupeaux du courant danubien, sans doute parce que, plus adaptées au pacage sous climat tempéré, elles étaient élevées pour leur lait. La structuration du cheptel européen telle que la recherche archéologique la révèle pourrait être résumée ainsi : moutons à viande et chèvres à lait dans le Sud, vaches à lait plutôt qu'à viande dans le Nord. Cette structuration est encore valable aujourd'hui.

Jusqu'à récemment, les recherches à l'origine de tous ces résultats n'avaient pas permis de relier l'élevage laitier constaté à des pratiques laitières particulières, par exemple à la fabrication de yaourts, de

beurre ou de fromage. Tous les tessons que nous avons analysés provenaient en effet de récipients ayant vraisemblablement servi à cuire les aliments – certains ayant été marqués par le feu. Toutefois, la situation a changé avec la découverte, dans des sites du Rubané polonais, de fragments de poterie perforés de trous de deux à trois millimètres de diamètre. Dès les années 1980, François Poplin, du Muséum national d'histoire naturelle, et Peter Bogucki, de l'Université de Princeton, les ont comparés avec les poteries perforées recueillies par les ethnologues, et proposé qu'il s'agissait de fragments de faisselles à fromage. Pour autant, d'autres interprétations ont été données : ces « passoirs » auraient servi à filtrer le miel de la cire d'abeille, à filtrer de la bière, à protéger une flamme, etc.

Des traces de fromage vieilles de 7 500 ans

Afin de trancher, nous avons entrepris d'analyser les résidus préservés dans ces poteries. Nous avons analysé un total de 60 tessons de poterie provenant de 34 récipients différents et de huit sites de la région de Cujavie, en Pologne, datés entre 5400 et 4800 avant notre ère. Les analyses chromatographiques ont révélé la présence de graisses animales dans 16 tessons perforés, et dans 15 d'entre eux, notre protocole d'identification des graisses animales par analyses isotopiques a mené à la conclusion qu'il s'agissait de résidus laitiers. Or la présence de tels résidus dans ces faisselles présumées fait écho à leur absence sur les mêmes sites dans les

autres types de poterie, qui consistent pour l'essentiel en vases à cuire et en bouteilles. Ces récipients perforés sont donc bien des poteries spécialisées dans la transformation du lait : des faisselles, qui ont servi à faire du fromage il y a plus de 7 200 ans.

Nos résultats révèlent donc la trace la plus ancienne connue de fabrication de fromage, mais ils n'excluent nullement que le fromage ait pu être inventé ailleurs et plus tôt. En effet, rien n'empêchait de fabriquer aussi les fromages dans des récipients en matière organique, d'utiliser comme faisselles des paniers finement tressés, des plaquettes de bois percées, etc. Tous ces outils, s'ils ont existé, n'ont que très peu de chances d'avoir traversé le temps. Si nous savons où et quand s'est établie l'industrie laitière européenne, nous ignorons à quand remonte le fromage. Mais nous savons désormais qu'en Europe, on fait du fromage depuis 7 500 ans au moins.

Le cas de l'industrie laitière illustre de façon frappante comment le passage des populations préhistoriques de la prédation à la production a influencé la culture, l'économie et la vie des Européens. De fait, les changements culturels et biologiques qui se sont produits en Europe au cours du Néolithique ont non seulement structuré le cheptel européen, doté la plupart des Européens de la persistance de la lactase chez l'adulte, mais aussi conduit à la mondialisation de la filière laitière. L'existence de l'économie laitière mondiale, d'une importance considérable, est la conséquence directe de changements culturels et biologiques intervenus en Europe durant la Préhistoire. ■

SCIENCE & DÉVELOPPEMENT DURABLE ENFIN RÉCONCILIÉS !



Actuellement en vente en kiosque

www.green-magazine.fr

LISEZ GRATUITEMENT NOS DEUX DERNIERS NUMÉROS :

