

Enfin, à partir des 3400 os de moutons provenant des sites d'Asie occidentale, nous avons calculé un indice caractérisant la taille des animaux. Il s'avère que les moutons sont restés relativement petits jusqu'à 4500 avant notre ère à peu près, puis que leurs tailles ont augmenté jusqu'à 4000 environ. Même si cette observation n'est fondée que sur quelques individus, une certaine dispersion des valeurs est perceptible dans le millénaire qui suit, ce qui suggère une stabilisation de la taille. Au vu de toutes les autres informations disponibles, l'explication la plus plausible de cette stabilisation de la taille est que, au début du V^e millénaire, les éleveurs d'Asie occidentale s'étaient orientés vers un type de mouton optimal pour la production de laine, et que de plus en plus d'éleveurs l'ont ensuite adopté vers la fin de ce millénaire.

Une évolution similaire est perceptible dans le sud-est de l'Europe, mais seulement après le milieu du IV^e millénaire. Bien que l'indice de taille augmente plus modérément, le très grand échantillon étudié, constitué de plus de 6300 os, le rend statistiquement significatif et suggère qu'une nouvelle race de mouton a été introduite dans cette région à partir de 3500 avant notre ère. S'agit-il des moutons sélectionnés en Asie occidentale? Nous ne sommes pas en mesure de le dire, mais une sélection locale semble peu probable.

L'exploitation de la laine pour produire des tissus, des tresses et du feutre est sans aucun doute l'une des innovations techniques les plus importantes de la Préhistoire. Pour la première fois, on disposait de tissus fins et colorés pouvant être traités de différentes manières. Ce que nous avons mis en évidence

ne suffit cependant pas pour parler de révolution textile: il est manifeste qu'un processus lent et graduel a préparé l'avènement de la laine par étapes.

Tout a commencé à la faveur de mutations aléatoires de gènes de moutons en un ou plusieurs endroits, dont les effets ont été remar-

L'exploitation de la laine est l'une des plus grandes innovations de la Préhistoire

Un fuseau, c'est-à-dire un petit axe en bois à l'inertie renforcée par un petit volant d'argile, suffit pour filer de la laine ou des fibres végétales. Au Néolithique, on utilisait beaucoup les fuseaux pour produire du fil, puis du tissu.

qués et sélectionnés par les éleveurs. Cela s'est produit bien plus tôt qu'on ne le pensait: dès le V^e millénaire en Asie occidentale et à partir du milieu du IV^e millénaire en Europe. Au cours du millénaire suivant, les fibres animales ont prédominé dans la production textile.

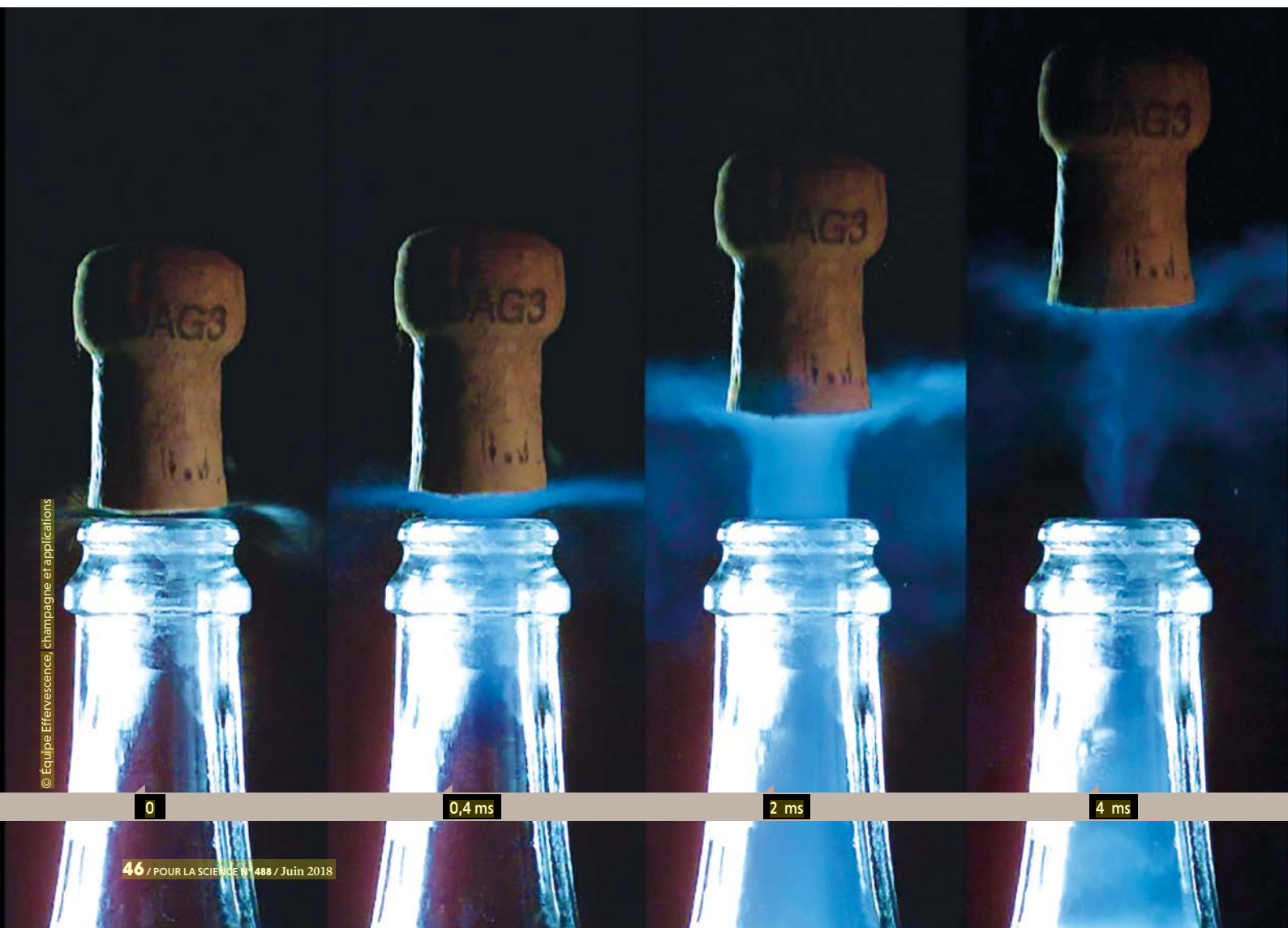
Nos données indiquent en outre que les éleveurs préhistoriques poursuivaient des objectifs variés: production de viande, de lait ou de laine. Parfois, même des groupes voisins se livraient à des activités différentes. Nous ne pouvons que spéculer sur les raisons. Les connaissances détenues dans certains villages étaient-elles plus grandes que dans d'autres? Y avait-il chez certains groupes une forte inféodation aux traditions ancestrales qui les aurait amenés à rejeter les innovations que d'autres adoptaient?

Évaluer l'importance relative de l'élevage par rapport à l'agriculture est en outre difficile. Bien que des restes de plantes carbonisées aient été préservés dans la plupart des habitats, les sélections subies par les espèces végétales sont très différentes de celles qu'ont connues les animaux. On peut donc comprendre l'importance relative des différentes espèces animales, mais pas celle de l'élevage dans son ensemble par rapport à l'agriculture.

Seuls les écrits et les bas-reliefs des cités mésopotamiennes, puis des civilisations ultérieures, nous prouvent complètement l'existence d'une industrie de la laine. Quant à la légende de la Toison d'or, elle a probablement une signification historique, puisqu'en Colchide, on extrayait de l'or des rivières à l'aide de peaux de mouton... ■



Le fugace nuage bleu du champagne



© Equipe Effervescence, champagne et applications

0

0,4 ms

2 ms

4 ms

L'ESSENTIEL

> Quand on débouche une bouteille de champagne stockée à 20 °C, on observe un nuage bleuté dans le col de la bouteille et dans le sillage du bouchon.

> Ce phénomène, qui ne se produit pas avec une bouteille froide, ne dure que quelques millisecondes : après, le nuage de condensation blanchit.

> Les auteurs ont proposé un modèle théorique qui explique l'apparition du panache bleuté et sa disparition.

> L'aspect bleuté résulte de la diffusion de la lumière ambiante par de minuscules cristaux de dioxyde de carbone, bien plus petits que les longueurs d'onde de la lumière visible.

LES AUTEURS



GÉRARD LIGER-BELAIR
professeur de physique à l'université de Reims, fondateur de l'équipe Effervescence au laboratoire GSMA (UMR CNRS 7331)



DANIEL CORDIER
astrophysicien, chargé de recherche du CNRS au sein du GSMA (Groupe de spectrométrie moléculaire et atmosphérique)



JACQUES HONVAULT
ingénieur des Arts et Métiers, photographe et spécialiste de l'imagerie numérique à haute vitesse

Débouchez une bouteille de champagne stockée à 20 °C et filmez la scène au ralenti : vous pourrez constater l'apparition, pendant quelques millisecondes, d'un panache bleuté dans le sillage du bouchon. Ce phénomène, remarqué il y a quelques années, a désormais son explication. La voici.

Cette séquence de clichés montre la première seconde du débouchage d'une bouteille de champagne gerbeuse, à 20 °C.



En moyenne, ce sont près de dix bouchons de champagne qui sautent chaque seconde dans le monde. Et ce chiffre explose bien entendu aux moments festifs de l'année.

Les tout premiers millièmes de seconde qui suivent le débouchage retiennent aujourd'hui toute notre attention : c'est l'instant précis où l'énergie enfermée dans la bouteille se libère, en permettant au gaz carbonique dissous dans le liquide de s'échapper sous forme de bulles.

Il y a quelques années, en filmant le débouchage d'un lot de bouteilles de champagne stockées à température ambiante, nous avons constaté un phénomène aussi curieux qu'inattendu : dans le sillage du bouchon qui saute, apparaît un nuage bleu azur. À l'époque, nous n'avions pas pu expliquer de façon satisfaisante son origine. Ce n'est que récemment que nous avons proposé et publié, après examen par des pairs, un modèle théorique du phénomène, et c'est cette explication que nous présentons ici.

LE DÉBOUCHAGE DU CHAMPAGNE AU RALENTI

L'étude des quelques millièmes de seconde qui suivent le débouchage d'une bouteille de champagne s'inscrit dans un programme de recherche ambitieux dont l'objectif est de mieux comprendre un phénomène redouté des élaborateurs de vins effervescents : le gerbage, terme qui désigne la production excessive de bulles et de mousse à l'ouverture de la bouteille.

Quand on débouche une telle bouteille, on observe qu'elle gerbe moins d'une demi-seconde après son débouchage (*voir la séquence de photographies pages précédentes*). Mais remontons le temps et observons ce qui se passe en amont de cet instant. Environ 0,4 milliseconde après le débouchage, on voit apparaître un nuage de condensation bleuté dans le col de la bouteille et dans le sillage du bouchon qui saute. Quelques millisecondes plus tard, ce nuage bleuté disparaît du sillage du bouchon, mais demeure encore très persistant dans le goulot de la bouteille, où sa couleur vire progressivement au blanc-gris.

Afin de comprendre l'origine du nuage bleu, nous avons examiné les phénomènes de condensation qui accompagnent le débouchage de bouteilles stockées à différentes températures (*voir les photographies page suivante*). Pour ce faire, nous disposons de 30 bouteilles de champagne rosé, que nous avons réparties en trois lots de 10 bouteilles. Quarante-huit heures avant de réaliser nos observations, les trois lots ont été stockés à des températures respectives de 6, 12 et 20°C.

Les phénomènes de condensation survenant lors du débouchage d'une bouteille de champagne (ou de toute autre boisson gazeuse)

froide ont été décrits et compris par les scientifiques il y a déjà longtemps. L'explication couramment proposée est la suivante.

Au moment du débouchage, la décompression brutale du gaz sous pression présent dans le col de la bouteille s'accompagne d'une chute de sa température (les physiciens parlent d'une détente adiabatique). Ce nuage de gaz froid refroidit l'air ambiant. Or ce dernier contient de la vapeur d'eau. En se refroidissant, la vapeur d'eau se condense sous la forme d'un brouillard de minuscules gouttelettes dont la taille varie de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres. La diffusion de la lumière ambiante par ces gouttelettes se fait de façon quasi isotrope dans l'espace et pour toutes les longueurs d'onde du spectre visible. Cela confère au panache de condensation une teinte blanchâtre.

Ce mode de diffusion de la lumière, où la taille des objets qui diffusent le rayonnement est comparable ou supérieure aux longueurs d'onde de la lumière ambiante (de 0,4 micromètre pour le bleu à 0,8 micromètre pour le rouge), est connu sous le nom de diffusion de Mie, du nom du physicien allemand Gustav Mie, mort en 1957.

Dans le goulot de la bouteille, le nuage bleu persiste mais devient blanc-gris

La description que nous venons de donner est bien conforme à ce que l'on observe quand on débouche des bouteilles stockées à 6°C ou à 12°C. D'ailleurs, à une tout autre échelle, celle de l'atmosphère, les nuages voient le jour selon le même principe : des masses d'air chargées de vapeur d'eau montent en altitude et se refroidissent progressivement, ce qui entraîne la condensation de leur eau en masses nuageuses – lesquelles sont visibles grâce à la diffusion de la lumière solaire par leurs gouttelettes d'eau, diffusion qui fait apparaître blancs ou gris les nuages.

Cependant, dans le cas d'une bouteille de champagne stockée à la température ambiante