

un cadre régional. L'ADN mitochondrial des ours des cavernes de ces deux sites présente une faible diversité génétique, limitée à deux lignées maternelles.

Cette constatation, déjà frappante, devient particulièrement informative lorsqu'on met en parallèle l'âge des échantillons étudiés. Il s'agit en effet dans les deux sites de spécimens tardifs de l'espèce, qui ont vécu il y a 27 000 à 32 000 ans (quelques spécimens plus anciens sont présents à Chauvet, mais ils ne contiennent plus d'ADN). Pour comprendre la signification de ces résultats, il faut introduire un niveau de comparaison supplémentaire : les sites contenant des spécimens plus anciens. Une telle analyse révèle par exemple pour la grotte de Pestera cu Oase (Roumanie), il y a 45 000 ans, une diversité génétique plus grande et une population de taille effective dix fois plus importante.

Les caractéristiques de la population ardéchoise d'ours des cavernes sont donc celles d'une espèce menacée, que l'on s'attend à voir disparaître prochainement.

Pourquoi a-t-il disparu ?

La grande quantité d'os d'ours des cavernes à Chauvet (200 individus) ne doit pas faire illusion. Il suffit d'un individu mort tous les 20 ans pendant 4 000 ans pour obtenir cette accumulation. Il est donc possible que l'ours des cavernes n'ait jamais été abondant en Ardèche pendant l'Aurignacien (culture matérielle de l'homme moderne en Europe, il y a 35 000 à 28 000 ans environ) et qu'il ait disparu de la région peu après.

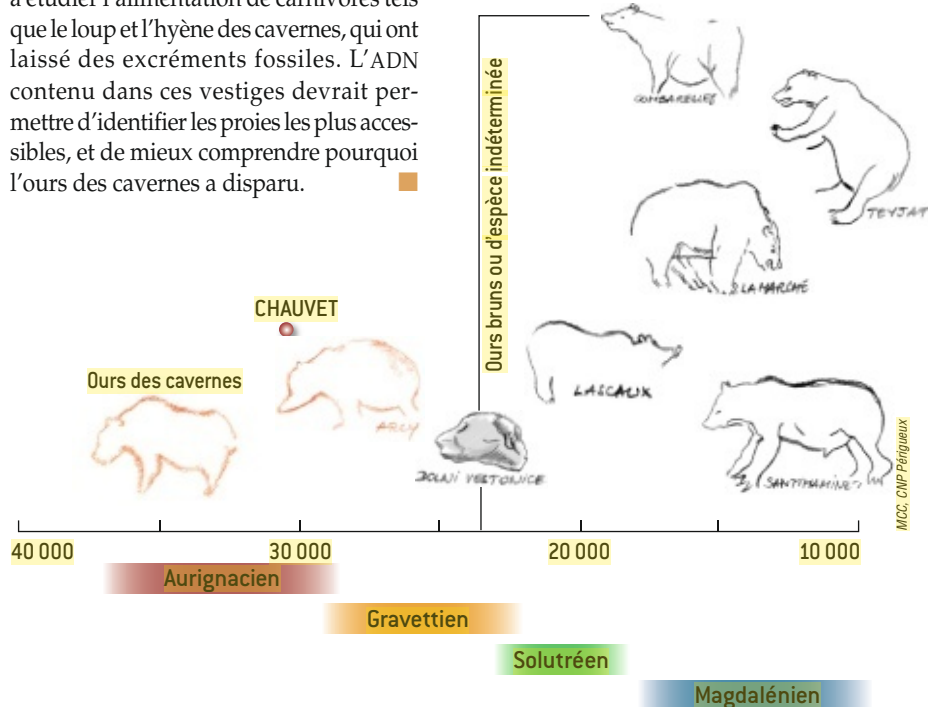
De fait, il est aujourd'hui assez clair que, après avoir été dessiné dans la grotte Chauvet, l'ours des cavernes est devenu trop rare pour être observé attentivement par les artistes du Paléolithique. Lorsqu'ils sont venus dans la grotte Chauvet il y a 25 000 à 27 000 ans, les porteurs de la culture gravettienne (la culture matérielle qui succède à l'Aurignacien, il y a 30 000 à 24 000 ans) ont fréquenté les mêmes secteurs que leurs prédécesseurs, notamment le diverticule où sont représentés des ours. Ils ont donc vu le portrait d'un animal peint plusieurs milliers d'années auparavant par les Aurignaciens. L'ont-ils considéré comme un portrait peu représentatif de l'ours brun, ou se sont-ils posé des questions sur la permanence des espèces ? Quoi qu'il en soit, leur art n'a plus fourni de représentations

naturalistes de l'ours des cavernes comparables à celles des Aurignaciens, ou bien c'est un autre animal, l'ours brun, qui a été dessiné (voir la figure 7).

L'homme moderne a-t-il joué un rôle dans la disparition d'*Ursus spelaeus* ? Nous manquons d'arguments pour l'affirmer. La chasse à l'ours des cavernes ne semble jamais avoir été intensive, tandis que la compétition avec l'homme pour les espaces souterrains, possible pour un seul site, n'est guère plausible à l'échelle d'une région aussi riche en cavités que l'Ardèche. Le déclin des populations d'ours des cavernes semble en outre avoir commencé avant l'arrivée d'*Homo sapiens* en Europe.

La fragmentation de la population d'*Ursus spelaeus* en groupes d'effectifs limités, isolés géographiquement, a pu conduire à des phénomènes de consanguinité, contribuer à l'accroissement des pathologies et précipiter l'extinction. On peut aussi se demander si l'ours des cavernes n'a pas été en partie victime de son mode de vie. L'absence d'exposition au soleil plusieurs mois consécutifs contribue au rachitisme, et l'hibernation exige des réserves de graisse suffisantes. Durant les semaines précédant l'hibernation, l'ours des cavernes avait ainsi besoin d'accéder à une alimentation carnée qui, peut-être, manquait parfois.

Pour tester cette idée, une piste consiste à étudier l'alimentation de carnivores tels que le loup et l'hyène des cavernes, qui ont laissé des excréments fossiles. L'ADN contenu dans ces vestiges devrait permettre d'identifier les proies les plus accessibles, et de mieux comprendre pourquoi l'ours des cavernes a disparu.



7. CETTE FRISE CHRONOLOGIQUE suggère qu'après le Gravettien, les hommes préhistoriques ne représentaient plus clairement l'ours des cavernes, mais soit des ours bruns (Les Combarelles, La Marche, Teyjat, Lascaux, Santimamiñe), soit des ours d'espèce non identifiable (Dolní Vestonice).

✓ BIBLIOGRAPHIE

J. Clottes (sous la dir. de), *La Grotte Chauvet. L'art des origines*, Seuil, 2010.

C. Bon *et al.*, *Deciphering the complete mitochondrial genome and phylogeny of the extinct cave bear in the Paleolithic painted cave of Chauvet*, *PNAS*, vol. 105, pp. 17447-17452, 2008.

C. Bon *et al.*, *Low regional diversity of late cave bears mitochondrial DNA at the time of Chauvet Aurignacian paintings*, *J. Archaeol. Sci.*, vol. 38, pp. 1886-1895, 2011.

J. Jaubert, *Préhistoires de France*, Confluences, 2011.

J. Clottes, *Pourquoi l'art préhistorique ?*, Gallimard, 2011.

Les isolants de Mott, des conducteurs bloqués

Antonio Tejeda et Arantzazu Mascaraque

Certains conducteurs électriques deviennent isolants quand on modifie la pression ou la température. Les physiciens tentent de mieux comprendre ce phénomène en l'étudiant sur des matériaux bidimensionnels.

Les alchimistes voulaient changer le plomb en or, mais cela s'est révélé être une chimère. Il est toutefois possible de changer certains conducteurs électriques en isolants, ce qui est en fait aussi étonnant que le grand œuvre des alchimistes...

Ces conducteurs, des métaux qui se muent en isolants quand on baisse la pression ou la température, alors qu'ils devraient, selon les critères théoriques usuels, rester conducteurs, sont nommés isolants de Mott. Le changement qui fait passer ces matériaux de l'état de conducteur à celui d'isolant et *vice versa* est ce que les physiciens nomment une transition de phase. Comment ont débuté et progressé les recherches sur la transition métal-isolant ? Où en est-elle aujourd'hui ? C'est ce que nous allons examiner ici. Nous verrons en particulier que les physiciens étudient actuellement une classe d'isolants de Mott où la transition ne concerne que la surface du matériau et dont les détails sont accessibles à l'analyse expérimentale et théorique. C'est dans un tel système, une surface de germanium recouverte d'une monocouche ordonnée d'atomes d'étain, que nous avons découvert en 2006 une transition métal-isolant, liée à l'évolution de la répartition des atomes d'étain avec la température.

L'ESSENTIEL

✓ Les isolants de Mott passent de l'état conducteur à celui d'isolant quand on change la température ou la pression.

✓ L'état isolant de ces matériaux s'explique en tenant compte des interactions des électrons dans le réseau cristallin.

✓ Comme l'indiquent des études en deux dimensions, la transition conducteur-isolant est liée à une modification de la structure cristalline du matériau.

Albert Marini/Investigacion y Ciencia

Les isolants de Mott sont une anomalie parmi les matériaux conducteurs, isolants ou semi-conducteurs. Pour bien saisir pourquoi, évoquons d'abord les principes de construction de ce pan si important de la physique des solides du XX^e siècle qu'est la « théorie des bandes », et soulignons lequel se révèle faux dans le cas des isolants de Mott.

Initialement, la théorie des bandes a été développée pour décrire les conducteurs métalliques. Dans ces matériaux, la fonction décrivant l'état quantique d'un électron mobile – la « fonction d'onde » ou l'« orbitale électronique » de cet électron – est délocalisée. Cela signifie que l'espace où peut se trouver un tel électron de conduction s'étend à tout le matériau : il n'est pas attaché à un atome particulier. En outre, dans un tel conducteur, la superposition des orbitales a pour résultat que les énergies possibles pour les électrons sont réparties en bandes permises, séparées par des bandes interdites. Ainsi, les électrons délocalisés ont non seulement leurs énergies dans la bande de conduction (la bande permise la plus haute dans l'échelle des énergies), mais ils sont aussi partagés entre un grand nombre des atomes du matériau.

La théorie des bandes a toute une histoire qui s'achève en 1928 avec la contribu-