

Une tombe princière au Kazakhstan

Les archéologues ont retrouvé 2 corps et 12 chevaux harnachés, sauvegardés de la décomposition par le gel.

Les cavaliers scythes étaient des nomades des steppes, qui vivaient au premier âge du fer, dans l'Est du Kazakhstan, au Sud de la Sibérie. L'essentiel de nos connaissances sur leur vie provient de la fouille de leurs sépultures, disséminées dans les montagnes de l'Altaï, entre la Russie, la Mongolie et la Chine. Certains objets étrangers et motifs empruntés à d'autres civilisations montrent que les Scythes participaient à des échanges entre la Perse et la Chine. Les archéologues s'interrogent sur ces relations internationales surprenantes pour des pasteurs nomades.

La fouille d'une tombe princière de la première moitié du IV^e siècle avant notre ère, près du village de Berel, au Kazakhstan oriental, apporte de nouveaux éléments sur cette civilisation. Henri-Paul Francfort, de la Mission archéologique française en Asie centrale (CNRS), Zainullah Samashev, de l'Institut d'archéologie du Kazakhstan et leurs collègues y ont retrouvé les corps de deux personnes, dans une chambre funéraire princière, et des chevaux harnachés, sacrifiés pour l'occasion. L'eau qui s'était infiltrée dans la tombe avait gelé, empêchant toute décomposition, comme dans d'autres sépultures de la région, où la température descend parfois jusqu'à 40 degrés au-dessous de zéro en hiver.



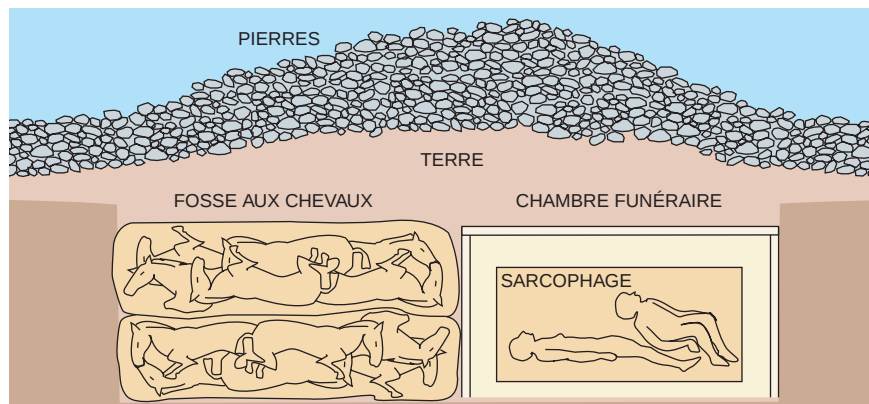
Dans le paysage de montagne de l'Altaï, on ne voit de la tombe que le tumulus de pierres.

Avant les fouilles, on ne voyait de la tombe que le tumulus de pierre de 23 mètres de diamètre qui la recouvrait, niché au creux d'une vallée, à 1 200 mètres d'altitude. Les archéologues ont découvert qu'au-dessous, les Scythes avaient creusé une vaste fosse rectangulaire, de six mètres de profondeur. La moitié de la fosse était occupée par la chambre funéraire dont les parois étaient en planches de bois : un signe de richesse par rapport aux constructions en rondins, plus courantes. Ces planches étaient recouvertes d'écorces et de feutre. Dans la chambre funéraire, un sarcophage en mélèze reposait sur de petites dalles de pierre. Il contenait le corps d'un jeune homme et celui d'une vieille femme. Dans l'autre moitié de la fosse, tapissée d'écorces, les Scythes avaient disposé 12 chevaux : six sur le fond et six par dessus. Leur peau et les poils ont été conservés par le gel. Leur harnachement comporte de nombreux ornements en étoffes polychromes et en bois sculpté doré, notamment des cornes de bouquetins postiches.

Des pillards avaient creusé un étroit tunnel vertical, du sommet du tumulus à la chambre funéraire, passant à travers

le corps d'un des chevaux gelés. Là, ils ont éventré l'un des côtés du sarcophage, car ils ne pouvaient pas ouvrir son couvercle, bloqué par le plafond bas (à 1,2 mètre du plancher). Puis ils ont dépouillé le corps du jeune homme de ses atours (dans d'autres tombes, les archéologues ont retrouvé le corps du défunt richement paré de bijoux et de boucles de ceinture en or). Ce faisant, ils ont provoqué le dégel d'une partie du contenu de la tombe. Des analyses de l'état de décomposition et de la recristallisation de la glace sur le passage des pillards, par microstratigraphie, indiquent que ce pillage a eu lieu quelques années seulement après l'inhumation. Moins de 20 ans plus tard, d'autres personnes (peut-être les Scythes qui avaient construit la tombe) ont utilisé le trou fait par les pillards pour repousser le corps du jeune homme vers le fond du sarcophage et y ajouter le corps de la femme âgée. C'est la première fois qu'une fouille révèle une telle pratique funéraire de double inhumation. L'analyse de la peau et des cheveux encore intacts révélera peut-être si ces deux personnes étaient apparentées.

Pour étudier la tombe, les archéologues ont employé une nouvelle méthode de « fouille en blocs gelés » : ils ont découpé les chevaux en blocs, les ont transportés, avec les corps et tout ce que contenait la tombe dans un camion frigorifique, jusqu'à la chambre froide du laboratoire d'Almaty, la capitale du Kazakhstan. Pendant la fouille elle-même, ils ont refroidi la tombe avec de la glace et l'ont protégée avec des couvertures de survie quand la température était supérieure à 0 °C. En maintenant ainsi la « chaîne du froid », tous les éléments de la tombe resteront dans l'état de conservation où ils ont été trouvés. Grâce au gel, les archéologues auront le temps de réaliser des analyses qui répondront, au moins en partie, aux questions encore soulevées par cette sépulture.



La fosse de cette tombe scythe contenait les corps de 12 chevaux, disposés sur deux niveaux, et une chambre funéraire en planches de bois, avec les corps de deux personnes. L'ensemble était recouvert de terre et de pierres. La fosse est plus profonde que sur ce schéma.

Le renouveau du X

Grâce à deux nouveaux télescopes X spatiaux, les astronomes voient l'Univers d'une autre «couleur».

En juillet 1999, la navette spatiale *Columbia* met en orbite le télescope X américain *Chandra*. En décembre, le télescope européen *XMM-Newton* est envoyé par un lanceur *Ariane 5*. Avec ces deux observatoires spatiaux, d'une résolution spatiale et spectrale inégalées, les astronomes disposent d'une nouvelle fenêtre sur les événements de haute énergie siégeant dans l'Univers.

Le rayonnement X a le mauvais goût d'être absorbé par l'atmosphère terrestre, de sorte qu'il est impossible d'observer le moindre photon X du sol. Pour s'affranchir de cette limitation, les astronomes envoient le premier satellite X en 1970, *Uhuru*, qui laisse entrevoir la richesse du ciel X. Malgré sa faible résolution (inférieure à 30 minutes d'angle, soit la taille angulaire de la Lune), *Uhuru* fait des découvertes capitales, dont celle des binaires X, où une étoile ordinaire et une étoile à neutrons tournent l'une autour de l'autre. Divers satellites avec des détecteurs sensibles au rayonnement X sont envoyés ces dernières décennies, notamment le télescope français *Sigma*.

Avec ces deux nouveaux satellites X, l'astrophysique des hautes énergies franchit une nouvelle étape. Ces deux satellites sont-ils concurrents ? Pas réellement, car leurs domaines de spécialité diffèrent :

Chandra n'a pas une sensibilité très bonne (sa surface efficace n'est que le cinquième de celle de *XMM*), mais obtient des images avec une résolution spatiale de 0,5 seconde d'angle, contre 5 secondes d'angle pour *XMM* ; à l'inverse, *XMM* est particulièrement adapté pour la spectrographie de sources X étendues ou peu lumineuses.

À peine lancé *Chandra* a pris des images inédites du centre de notre Galaxie, révélant que l'objet *Sagittarius A** coïncide avec une source X. Le satellite allemand *ROSAT* avait déjà observé une source X au centre galactique, mais avec une résolution de cinq secondes d'angle. Avec une résolution dix fois meilleure, *Chandra* a distingué, dans cette source, d'autres sources plus petites et une émission diffuse. De fait, la source qui est exactement au centre et qui coïncide avec *Sagittarius A** est encore plus faible que prévu. Si *Sagittarius A** est un trou noir massif, comme l'imaginent les astronomes à partir d'autres observations, la quantité de rayonnement X émis devrait être 100 000 fois supérieure à ce qui est détecté. Nouvelle observation, nouveau mystère...

Autre succès, *Chandra* a résolu un champ d'étoiles jeunes dans la nébuleuse d'Orion. Là où l'on ne voyait auparavant que quelques sources X, sans savoir leur provenance, les observations ont révélé du rayonnement X émis par des milliers d'étoiles jeunes, certaines d'entre elles étant encore confinées dans le cocon de poussières de leur enfance.

En orbite depuis peu, le télescope européen *XMM* est encore en phase de test. Selon les responsables de l'Agence spatiale européenne (ESA), tous les détecteurs sont opérationnels. La caméra *EPIC*, à la construction de laquelle le CEA-Saclay a participé, a obtenu ses premières images fin janvier. Sur l'une d'elles – une région de formation d'étoiles dans le grand Nuage de Magellan (*figure 2*) – on note des régions diffuses chaudes dont on n'avait jusqu'à présent qu'une connaissance partielle. Grâce au satellite allemand *ROSAT*, les astronomes avaient déjà obtenu des clichés en X de cette région du ciel, mais avec moins de détails et surtout, ils n'avaient presque aucune information sur le spectre.

Le satellite X américano-japonais *ASCA* avait produit des spectres des sources les plus brillantes de cette région, mais avec une résolution spatiale médiocre. Sur une autre image d'un groupe de galaxies (*figure 1*), on discerne des galaxies en X qui n'avaient jamais été vues auparavant.

BRÈVES

Big Bang miniature

Les quarks et les gluons, les constituants ultimes de la matière, sont aujourd'hui confinés dans les neutrons et les protons et il est impossible de les en extraire. Toutefois, les physiciens pensent qu'aux premiers instants du Big Bang, lorsque la température était supérieure à 100 000 fois celle qui règne au centre du Soleil, soit $1,5 \times 10^{12}$ degrés, les quarks n'étaient pas confinés et formaient, avec les gluons, un état de la matière nommé «plasma quark-gluon». En heurtant des noyaux de plomb les uns contre les autres à haute énergie, les physiciens du CERN, semblent avoir recréé cet état de la matière pendant un instant très bref (10^{-25} seconde). La détection n'est pas encore avérée, mais le faisceau de preuve est convergent.

Entre chien et loup

D'après l'ADN d'un jeune animal, tué l'été dernier en Norvège, son père est un chien et sa mère une louve. Il aurait quatre frères et sœurs toujours en vie. Les loups, dont la population se limite à 50 ou 70 individus en Scandinavie, ont besoin de sang neuf pour éviter les effets néfastes de la reproduction entre animaux apparentés. Des gènes canins préviendraient-ils le dépérissement de cette population ?



Biodiversité due à l'homme

Le naturaliste Philippe Bruneau de Miré a comparé la richesse en espèces d'insectes de plusieurs zones de la forêt de Fontainebleau. Son analyse a révélé que certains milieux très fréquentés par l'homme jouissent d'une faune plus riche que des milieux protégés dont l'homme est exclus. Ainsi, conclut-il, «en Europe occidentale, où les aires protégées n'occupent qu'une surface limitée, l'exclusion de toute fréquentation humaine pourrait avoir sur certains milieux l'effet inverse de celui escompté». L'homme n'est pas toujours un ennemi de la biodiversité.

1. Groupe de galaxies Hickson 16, un groupe de galaxies un peu plus gros que notre «groupe local».

Une seconde vue pour les aveugles

Les chauves-souris et les dauphins utilisent l'écholocation pour repérer les obstacles, une méthode de détection sonore par impulsions génératrices d'échos. Pourquoi pas les aveugles ? Des scientifiques anglais de l'Université de Leeds ont pensé à un dispositif, intégré à un gant, qui émettrait des ultrasons et vibrerait sous la main en retour. L'emplacement de la vibration indiquerait l'emplacement de l'obstacle, fournissant ainsi une carte tactile de l'environnement. La commercialisation de ce dispositif est prévue dans deux ans. Les pompiers pourraient aussi s'en servir pour se repérer dans la fumée, ainsi que les plongeurs dans les eaux boueuses.

Herbicide corallien

Les récifs coralliens sont dépourvus des plantes que l'on trouve à proximité, parce que les animaux de ces récifs sécrètent des substances qui empêchent ces plantes de croître. En analysant



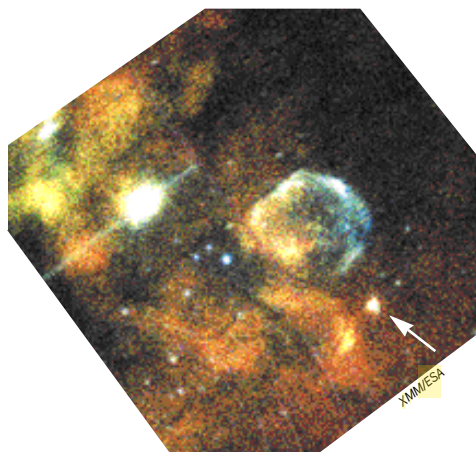
des échantillons d'organismes de ces récifs, J. Burnell, de l'Université James Cook a découvert des substances qui inhibent la photosynthèse des plantes C4, qui utilisent des intermédiaires à quatre atomes de carbone pour fabriquer leurs molécules énergétiques. Or, la plupart des mauvaises herbes sont

des plantes C4, tandis que de nombreuses plantes cultivées sont des plantes C3. Ces substances nouvelles constituent des herbicides naturels prometteurs.

Les championnes du CO₂

Le remplacement des vieilles voitures par des neuves augmente les émissions de gaz à effets de serre. Pour les évaluer, des chercheurs hollandais ont tenu compte du cycle de vie complet des voitures. Les usines de fabrication émettent du dioxyde de carbone, comme les usines de recyclage. De plus, les voitures neuves sont plus lourdes et plus puissantes que les vieilles : elles consomment davantage. Ainsi en réduisant la durée de vie des voitures de trois ans, on augmenterait les émissions de dioxyde de carbone de quatre pour cent. Ce chiffre est optimiste, si l'on considère qu'on prend sa voiture plus souvent, quand elle est neuve et confortable.

Mais l'intérêt scientifique de *XMM* réside aussi dans son spectromètre, nommé *RGS*. Tout comme un prisme sépare la lumière visible en ses rayonnements constitutifs, le spectromètre de *XMM* sépare le rayonnement X en ses différentes composantes à l'aide de réseaux dispersifs. Selon Jean Ballet qui prépare le traitement des données *XMM* au CEA-Saclay, la qualité des premiers spectres est étonnante : on y voit deux ordres spectraux, tout comme on peut voir, lorsque les conditions atmosphériques sont propices, un second arc-en-ciel à côté du premier. Sur ces spectres, on distingue sans ambiguïté les raies des éléments qui émettent les rayons X analysés et les raies des différents ions de chaque élément. De la sorte, l'estimation de la composition chimique de la région observée est meilleure et la détermination des conditions physiques du gaz (température et densité) est plus précise. Place à la spectroscopie X des sources chaudes du ciel.



2. Une région du grand Nuage de Magellan vue en X. Le code des couleurs correspond à l'énergie moyenne des photons, ou de manière équivalente, à la température du milieu : le rouge représente des régions plus froides que le bleu. La source compacte (flèche) est le reste de l'explosion de la supernova de 1987. La tache blanche à gauche du centre et la structure diffuse circulaire bleutée (vers la droite) sont des restes d'explosion de supernovae plus anciennes.

Une oreille bionique

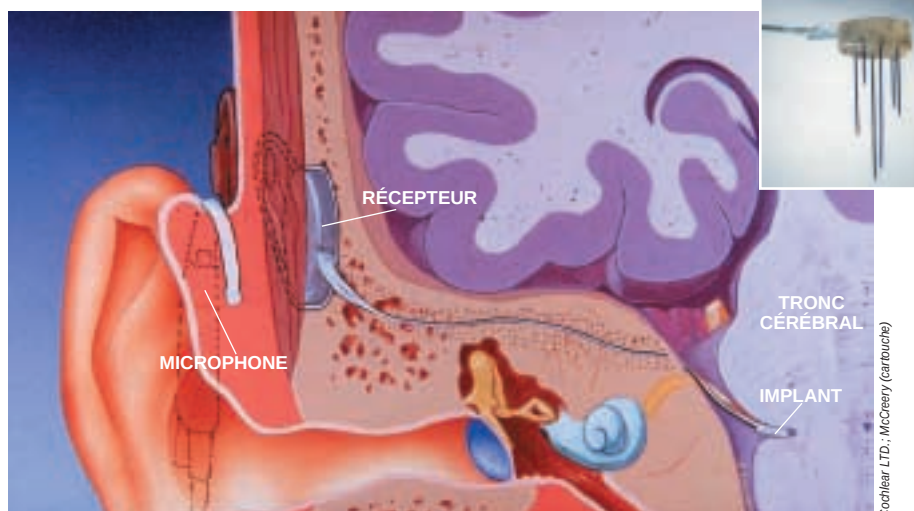
Une nouvelle prothèse auditive implantée dans le tronc cérébral restaure l'ouïe.

Dans le monde, des dizaines de milliers de sourds ont retrouvé l'ouïe avec un implant cochléaire. Cet appareil stimule le nerf cochléaire, qui transmet l'information auditive jusqu'au cerveau, à l'intérieur de la cochlée, l'organe en colimaçon, à l'intérieur de l'oreille interne, où les vibrations produites

par les ondes sonores sont converties en influx nerveux. Les utilisateurs de cet appareil peuvent alors suivre une conversation sans recourir à la lecture des mouvements des lèvres.

Cependant, pour les malades dont le nerf cochléaire est lésé, il faut cibler des relais plus éloignés dans le système de l'audition. Douglas McCreery, de l'Institut de recherche médicale Huntington, en Californie, a mis au point une nouvelle prothèse auditive reliée directement au tronc cérébral, la partie du système nerveux central qui relie la moelle épinière au cerveau.

Cet implant consiste en un microphone externe qui transmet les stimulus



Un microphone, placé sur l'oreille externe envoie les stimulus sonores à un récepteur qui les transforme en signaux électriques. Ces derniers sont transmis dans le tronc cérébral grâce à six micro-électrodes de longueur différente (en haut, à droite).