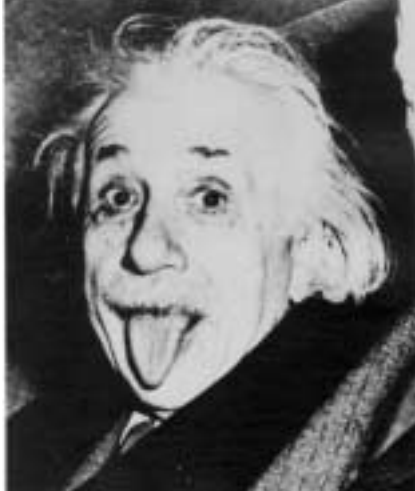




La détection des saveurs

HERVÉ THIS

Découverte d'un récepteur des molécules du goût, celui de la cinquième saveur.

Un des Graals de la physiologie est enfin dans nos mains ! Depuis des décennies, les physiologistes cherchent comment les cellules des papilles gustatives détectent les molécules du goût. On supposait que ces cellules portent, à leur surface, des molécules nommées récepteurs, sur lesquels les molécules sapides se fixent, mais ces récepteurs étaient insaisissables : comme ils se lient faiblement aux molécules sapides, on ne parvenait pas à les extraire de solutions préparées à partir des cellules des papilles. Cette difficulté expérimentale résulte d'un avantage physiologique : si la liaison était forte, les récepteurs resteraient stimulés longtemps par une même molécule, et la résolution du système gustatif serait faible ; les gastronomes dégusteraient au ralenti !

En se fondant précisément sur cette capacité de liaison réduite, des physiologistes de l'Université de Miami ont identifié l'un des récepteurs cherchés : celui de la saveur nommée «umami». On a longtemps prétendu que la bouche ne détectait que quatre saveurs (salé, acide, amer, sucré), mais on avait bien hâtivement examiné la question. Dès 1908, Kikunae Ikeda, de l'Université impériale de Tokyo, avait identifié que le glutamate (la forme ionisée d'un acide aminé, l'acide glutamique) engendrait une sensation particulière, qui n'était ni salée, ni sucrée, ni acide, ni amère.

Après des décennies de lutte contre les idées reçues, la «cinquième saveur» s'est imposée, surtout quand s'est popularisée dans les pays occidentaux la cuisine asiatique, qui utilise beaucoup le monoglutamate de sodium. On a notamment montré que même les animaux détectent cette saveur. Pourquoi ? Peut-être parce que le glutamate est présent dans de nombreux aliments riches en protéines (qui sont des enchaînements d'acides aminés), tels que la viande, le lait et les produits de la mer. Et la détection des saveurs est importante pour l'organisme parce que c'est la clé de la satiété : on n'arrête pas de manger parce qu'on a le ventre plein, mais parce que

le cerveau, alerté par le système sensoriel, signale à l'organisme quand une quantité suffisante d'aliment a été consommée.

À la recherche de récepteurs du glutamate, Nirupa Chaudhari et ses collègues de l'Université de Miami se sont fondés sur des résultats obtenus il y a dix ans par Annick Faurion, du Laboratoire de neurobiologie sensorielle, à Massy : puisque le glutamate est un neuromédiateur, c'est-à-dire une molécule que les neurones du cerveau s'échangent, pourquoi ne pas chercher dans les cellules gustatives de la bouche des molécules analogues aux récepteurs neuronaux ?

Suivant cette idée, N. Chaudhari et ses collègues ont cherché des récepteurs couplés à des protéines G, c'est-à-dire à des protéines qui sont plongées dans la membrane des cellules gustatives et qui transmettent le message détecté par le récepteur (ce dernier dépasse à l'extérieur de la cellule). Les physiologistes ont ainsi découvert une étonnante protéine qui correspond à une forme tronquée d'un récepteur des neurones : le «récepteur métabotropique du glutamate», en abrégé mGluR4.

Dans le cerveau, ce récepteur (non tronqué) réagit à de très faibles concentrations en glutamate : sans modification, il aurait été complètement saturé par les quantités notables de glutamate que l'on a dans la bouche à la dégustation de certains plats. N. Chaudhari et ses collègues ont montré que la troncature de la protéine est probablement une adaptation à la fonction gustative : la forme du récepteur qui est synthétisée par des tissus gustatifs de rat a perdu ses 300 premiers acides aminés, et le récepteur tronqué se lie faiblement au glutamate. Mieux encore, les concentrations qui l'activent sont du même ordre de grandeur que les seuils de perception mesurés chez des rats (le seuil de perception est la plus faible concentration à laquelle les animaux sont sensibles).

Pourquoi la troncature de la protéine réduit-elle son affinité pour le glutamate ? Les physiologistes ont observé

que la molécule ressemble beaucoup à une protéine de bactéries et que l'on a bien étudiée par cristallographie : la protéine bactérienne a deux sites de liaison au glutamate. La troncature semble faire disparaître le plus sensible des deux.

La protéine trouvée est-elle bien un récepteur gustatif de la saveur umami ? Les physiologistes se sont évidemment demandés si elle ne servait pas à la transmission de l'information nerveuse, en aval des cellules gustatives, mais les confirmations sont nombreuses. Tout d'abord, la protéine mGluR4 est activée par d'autres molécules sapides que des rats ne distinguent pas du glutamate. C'était prévisible, car A. Faurion avait observé que la langue et le cerveau réagissaient de façon analogue à ces molécules. De plus, la protéine mGluR4 tronquée n'est synthétisée que dans les papilles ; enfin ni la protéine mGluR4 complète ni la forme tronquée n'ont été dépistées dans la bouche à l'extérieur des papilles gustatives.

La découverte pose de nombreuses questions : le mGluR4 tronqué est-il le seul récepteur de la saveur umami ? Intervient-il dans la perception d'autres saveurs ? Les cellules réceptrices ne portent-elles chacune qu'un seul type de récepteurs ? Le résultat obtenu semble être le début d'une série, car les physiologistes ont trouvé d'autres molécules de la même classe, qui semblent également être des récepteurs gustatifs. Il aura aussi sans doute des applications : connaissant la structure de la protéine mGluR4, on pourra utiliser des systèmes de modélisation moléculaire pour chercher quelles molécules se lient à la protéine.

La conception informatique de molécules sapides inédites semble proche.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 mars 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

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.



Henri-Paul Francfort

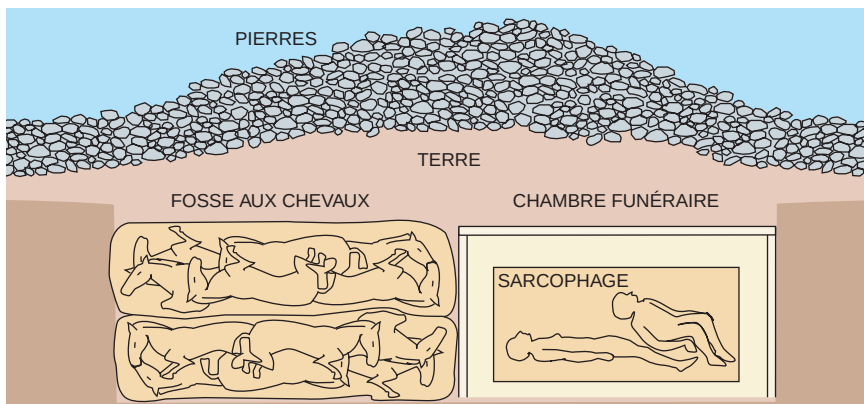
Dans le paysage de montagne de l'Altaï, on ne voit de la tombe que le tumulus de pierres.

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

là 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.

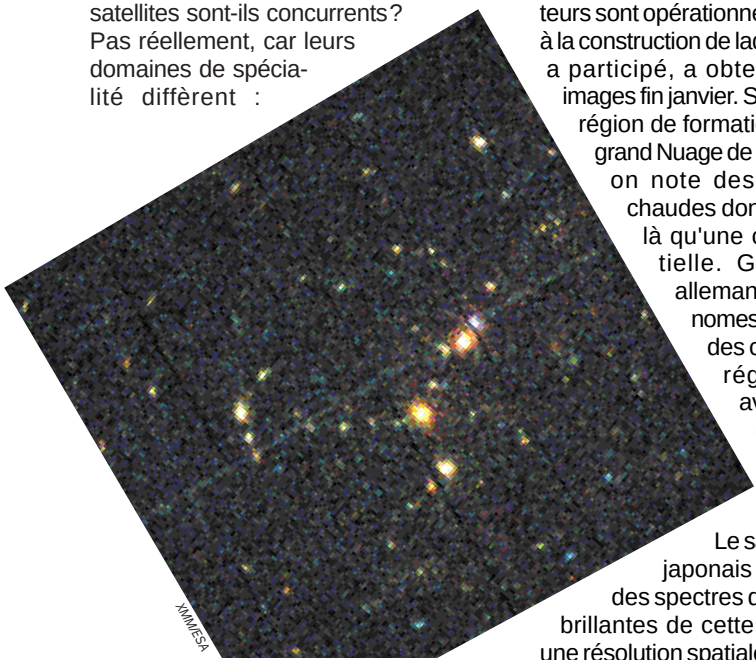
Entre chien et loup

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».