

BRÈVES

Insuline de poisson

Des cellules de pancréas d'un poisson qui vit dans les eaux chaudes et peu oxygénées, le *Tilapia*, ont été enrobées d'un gel qui les protège contre le système immunitaire, et greffées sur des souris diabétiques : ces cellules encapsulées résistent au manque d'oxygène dû à l'encapsulation et libèrent de l'insuline, mais l'insuline du poisson diffère de celle des mammifères. Les chercheurs vont injecter le gène de l'insuline humaine dans des œufs de *Tilapia*, afin que les cellules pancréatiques du poisson adulte produisent l'insuline humaine. *Tilapia* évitera peut-être aux diabétiques le désagrément des injections quotidiennes d'insuline.



Jacana

Hommes, femmes, douleur

Les femmes se plaignent de douleurs plus longues et plus fortes que les hommes. Est-ce en raison de facteurs socio-culturels ou de facteurs biologiques ? Une expérience a montré que la physiologie de la douleur dépend du sexe. Après anesthésie, on a administré un antalgique morphinique à une cinquantaine de personnes à qui l'on avait arraché une dent de sagesse. Les femmes souffraient davantage après l'opération, mais elles ont été plus rapidement soulagées par l'antalgique que les hommes et l'effet calmant a duré plus longtemps (*Nature medicine*, vol.2, n° 11). Les voies de la douleur seraient ainsi modulées par les hormones.

Combien de Néandertaliens ?

Les Néandertaliens furent 500 millions en Europe, pendant 85 000 ans de présence. Jean-Noël Biraben, de l'INED, a calculé ce nombre en se fondant sur les densités de populations de niveaux culturels proches qui vivaient, sous des climats semblables, aux XVII^e et XVIII^e siècles. Il y a entre 120 000 et 70 000 ans, 250 000 Néandertaliens vivaient sous un climat tempéré. Il y a 70 000 ans, l'Europe, réduite à huit millions de kilomètres carrés habitables par l'avancée des glaces, avait un climat proche de celui de l'Alaska actuel : 50 000 à 70 000 individus y habitaient.

Suite page 22

lors de la collision du talon avec le sol, et il se prolonge jusqu'à la première moitié de la phase d'appui du pied. L'énergie est absorbée par la rapide déformation des structures du pied (déformation de la corne du sabot, compression du circuit veineux et du coussinet plantaire). Puis des contractions musculaires assurent un amortissement actif. Enfin le pied bascule, avant de repartir pour une phase de lever.

Ainsi une pince (l'avant du sabot) trop longue pénalise le cheval, parce qu'elle gêne le basculement du pied et augmente le couple qu'il doit exercer pour avancer : plus sollicités, les muscles et tendons fatiguent.

À quoi sert le fer ? Le fer classique protège la corne de l'usure et modifie les caractéristiques du choc du sabot sur le sol. À la Station INRA de Jouy-en-Josas, Éric Barrey et ses collègues ont mis au point des accéléromètres adaptables aux pieds des chevaux, afin de mesurer les accélérations ressenties en divers points du sabot : quelle que soit la ferrure, une phase de forte décélération est suivie d'un régime de vibrations. Le fer modifie à la fois le choc initial et les vibrations.

À l'aide de leurs capteurs, les chercheurs ont d'abord montré l'importance des pistes sur les chocs du pied contre le sol : on limite plus les chocs en modifiant la nature des pistes qu'en transformant la ferrure. Puis ils ont comparé plusieurs des ferrures qui ont été proposées ces dernières années pour supplanter le classique fer à cheval :

associations de plaques métalliques à des fers classiques, fers en matériaux moins rigides ou plus légers que l'acier (polyuréthane ou aluminium)...

Les mesures ont montré que le choc initial est réduit de 17 à 30 pour cent pour les associations d'une plaque en caoutchouc visco-élastique et d'un fer classique, et jusqu'à 56 pour cent pour les fers dont la semelle est en polyuréthane : plus le matériau de la ferrure est dur et lourd, plus le choc est fort. On estime les capacités d'amortissement du fer lors du poser des pieds en frappant le fer avec un marteau : si le marteau rebondit, le fer n'absorbe pas bien le choc initial.

Comment modifier le matériau des ferrures ? Le test du marteau montre que des fers en cuir seraient idéaux... si les chocs répétés ne les rendaient pas, progressivement, incompressibles. Des polymères semblent plus appropriés. Et des changements de la forme des fers permettraient-ils d'améliorer l'amortissement du pied ? Oui : il suffit d'augmenter la surface d'appui postérieure du pied, par exemple dans les fers en forme d'œuf, utilisés dans les maladies de l'os naviculaire (un petit os à l'arrière du pied, qui fait partie du système amortisseur du pied). Une autre solution est l'injection d'un polymère moulé sur le pied : le matériau amortit le choc initial, et la charge est bien répartie sur toute la surface du pied. Un tel fer s'use en quelques semaines, mais c'est la preuve qu'il a été utile !



1. Un nouveau modèle de fer à cheval, avec une semelle en polymère moulé sur la sole.



2. Ces capteurs fixés sur le pied d'un cheval mesurent l'accélération perçue par le pied.

Plus grand nombre premier

Les plus grands nombres premiers sont les nombres de Mersenne, de la forme $2^n + 1$, où n est un nombre lui-même premier. Le 13 novembre 1996, Joël Armengaud, après un long calcul effectué sur 18 *pentiums* en parallèle, a montré que le 35^e nombre de Mersenne, où n est égal à 1 398 269, est premier. Ce nombre comporte 400 chiffres en écriture décimale. Le site *Internet* sur lequel on trouve tout ce qu'on voulait savoir sur les nombres de Mersenne sans l'avoir demandé est <http://www.utm.edu/research/primes>.

Qu'elle était verte ma prairie

Selon l'Institut français de l'environnement, la surface des prairies, qui représentent encore un cinquième du territoire français, a diminué de 25 pour cent depuis 1970. L'intensification de l'agriculture, les quotas laitiers et l'élevage en batterie sont les causes de cette disparition. On méconnaît trop souvent le rôle écologique des prairies : habitat de nombreuses espèces animales, elles contribuent aussi à réduire l'érosion des sols et les inondations. Des mesures récentes tentant d'empêcher leur transformation en culture semblent insuffisantes.



La vie, plus vieille que prévu

Dans des sédiments trouvés au Sud-Ouest du Groenland, les géologues ont trouvé la trace d'un océan disparu, âgé de 3,85 milliards d'années. On croyait que cette eau avait précédé l'apparition de la vie, mais S. Mojzsis et ses collègues de l'Institut de La Jolla ont refait les analyses du carbone organique présent dans les sédiments ; l'abondance des carbones 12 et 13 révèle la présence de vie dans cet océan.

Pair, impair et molécules

Parmi les sept millions de molécules organiques (contenant du carbone) connues, il y en a quatre pour cent de plus avec un nombre pair d'atomes de carbone qu'avec un nombre impair de ces atomes. Cette découverte, obtenue par des chimistes suisses et indiens, a surpris plus d'un chercheur : aucune explication n'est proposée pour l'instant. Ces chimistes auraient-ils mis le doigt sur une dissymétrie cachée de la matière?

Suite page 24

Couronnes de feuilles

La composition des couronnes végétales romaines.

Dans l'iconographie populaire, le général romain vainqueur est ceint d'une couronne de laurier : à Rome, les personnages de marque étaient honorés avec des couronnes de fleurs ou de feuillage. Faute de vestiges réels, les archéologues connaissent surtout ces ornements par des textes et des représentations artistiques : portraits sur pierre ou en bronze, monnaies et peintures murales. Pour préciser ses études des peintures murales de tombeaux du Bas-empire romain, qui montrent des couronnes de roses, Alix Barbet, du CNRS, a fait analyser des couronnes végétales découvertes il y a une vingtaine d'années dans une tombe romaine : la plante utilisée était la mélitte à feuilles de mélisse (*Melittis melissophyllum*), plante ornementale et médicinale.

La tombe des Couronnes est située dans la nécropole de Mangalia, ville fondée par les Grecs sur la rive Ouest de la mer Noire, au VI^e siècle avant notre ère, sous le nom de Callatis et passée sous domination romaine à la fin du I^{er} siècle de notre ère. Un sarcophage contenait le corps partiellement conservé d'une femme d'une quarantaine d'années qui portait un diadème d'or et des vêtements brodés. Elle était aussi entourée d'objets familiers : plusieurs paires de chaussures, un miroir, des boîtes de fard ou d'onguents et des vases de verre intacts. La typologie de ces vases indique que l'inhumation a eu lieu au II^e siècle.

Des dizaines de couronnes végétales, petites et rondes, ou plus volumineuses et pliées en deux avaient aussi été déposées aux côtés de la défunte. Elles se présentent aujourd'hui comme des agglomérats serrés d'éléments végétaux desséchés,

de couleur brunâtre. Ce n'était pas des couronnes de fleurs, mais de feuilles : les fragments présentent des innervations, un contour parfois denté, des traces de pétiole (la «queue» d'une feuille), et l'ensemble est uniformément couvert de poils glabres, non urticants, à trois ou quatre segments. Selon ces caractéristiques, déterminées par P.O. Combelle, du Muséum national d'histoire naturelle, ces feuilles sont celles d'une plante de la famille des labiées (comme la menthe, le thym ou l'origan).

Pour préciser l'identité de cette plante, un texte de Plinius l'Ancien a été déterminant. Dans son *Histoire naturelle*, il décrit les plantes utilisées pour fabriquer des couronnes (Livre XXI, 29) : «On employa donc pour les couronnes de feuillage la bryone, le troène, l'origan, le cnéorum, qu'Hygin appelle casia, la conyza, qu'il appelle cunilago, le melissophyllon, qu'il appelle apias-trum...» Le melissophyllon, ou mélitte à feuilles de mélisse, est une labiée aux feuilles couvertes de poils qui pousse dans toute l'Europe tempérée. La comparaison des feuilles de la guirlande avec des échantillons de cette plante provenant de Roumanie confirme qu'il s'agit de la même espèce.

Selon l'analyse des pollens contenus dans un échantillon de couronne, réalisée par l'équipe de Michel Girard (CRA, CNRS), la mélitte n'était pas en fleur : l'enterrement aurait eu lieu en hiver ou au tout début du printemps. En revanche, des fleurs d'une plante de la famille des boraginées (celle du myosotis et de l'héliotrope) étaient probablement intercalées avec les feuilles : on en retrouve de nombreux grains de pollen. Les grains de céréales retrouvés sur le même échantillon de couronne indiquent aussi que de la paille intervenait dans sa confection.

La mélitte à feuilles de mélisse, plante d'ornement, a des propriétés apéritives, diurétiques, dépuratives et antispasmodiques. Un dicton provençal conseille aux femmes d'en avoir toujours à portée de main, pour soigner les règles douloureuses et des troubles liés à la ménopause. Son utilisation pour fabriquer les guirlandes déposées dans la tombe d'une femme était-elle associée à ses vertus médicinales?



Photographie : F. Monier, Cartouche à droite : P.O. Combelle

La mélitte à feuilles de mélisse, qui compose les couronnes végétales retrouvées dans cette tombe romaine, a été identifiée grâce aux poils (cartouche) qui couvrent ses feuilles.



De Fermat à abc

**On généralise
le théorème de Fermat.**

En démontrant le théorème de Fermat, en 1994, Andrew Wiles et ses collègues parachevaient l'édifice construit depuis trois siècles. Cette démonstration n'a cependant pas mis un terme aux recherches dans ce domaine. Henri Darmon, de l'Université McGill, et Loïc Merel, de l'Institut de mathématiques de Paris 6, ont prolongé le théorème de Fermat.

L'étude des équations diophantiennes, équations polynomiales dont les constantes et les solutions sont des entiers, est centrale en théorie des nombres. Depuis le XVII^e siècle, les mathématiciens ont accumulé les résultats sur des équations diophantiennes particulières : ainsi l'on sait qu'il n'y a pas d'entiers qui vérifient $x^4 + y^4 = z^2$ (Fermat, XVII^e siècle), $x^3 + y^3 = z^3$ et $x^4 + y^4 = 2z^2$ (Euler, XVIII^e siècle).

TRIPLETS (abc)

$$\begin{aligned} 1 + 2^3 &= 3^2 \\ 2^5 + 7^2 &= 3^4 \\ 13^2 + 7^3 &= 2^9 \\ 17^3 + 2^7 &= 71^2 \\ 3^5 + 11^4 &= 122^2 \\ 17^7 + 76\,271^3 &= 21\,063\,928^2 \\ 1\,414^3 + 2\,213\,459^2 &= 65^7 \\ 9\,262^3 + 15\,312\,283^2 &= 113^7 \\ 43^8 + 96\,222^3 &= 30\,042\,907^2 \\ 33^8 + 1\,549\,034^2 &= 15\,613^3 \end{aligned}$$

La conjecture abc prédit qu'il n'y a qu'un nombre fini de triplets (abc) de la forme $x^r + y^s = z^t$ avec $1/r + 1/s + 1/t < 1$. Seuls les dix triplets ci-dessus ont été découverts.

Un triplet (abc) désigne trois entiers non nuls a, b, c sans facteur commun et vérifiant $a + b = c$ (ainsi, dans l'égalité $1 + 2^3 = 3^2$, $a = 1$, $b = 8$ et $c = 9$). On sait aujourd'hui, outre l'absence de solution de l'équation de Fermat $x^n + y^n = z^n$ pour n supérieur à 2, que, pour n grand, il n'y a qu'un nombre fini de triplets (abc) de la forme $x^n + y^n = \lambda z^n$, où λ est une puissance d'un nombre premier qui n'est ni 2, ni de la forme $2^k + 1$ ou $2^k - 1$. Le

cas où λ est égal à 2 est aujourd'hui résolu : Loïc Merel et Henri Darmon ont démontré que le seul triplet d'entiers premiers entre eux vérifiant $x^n + y^n = 2z^n$, avec n supérieur à 2, est (1,1,1).

La conjecture de Fermat-Catalan généralisée a été proposée : pour u, v et w entiers fixés, il n'y a qu'un nombre fini de triplets (abc) de la forme $ux^r + vy^s = wz^t$ avec $1/r + 1/s + 1/t < 1$.

On démontrerait facilement ce résultat si une conjecture encore plus forte, formulée en 1984 par David Masser et Joseph Oesterle, la conjecture abc, était vraie. Son énoncé affirme que pour tout triplet (abc), c ne peut être « trop grand » comparé au produit des nombres premiers divisant abc (noté $p(abc)$). À titre d'illustration, on n'a trouvé aucun triplet (abc) avec $c > p(abc)^2$.

Malgré sa jeunesse, la conjecture abc suscite un intérêt considérable. Si on savait la démontrer, elle entraînerait bien d'autres conjectures et théorèmes difficiles. On en déduit notamment, le théorème général sur la conjecture de Mordell, dont la démonstration a valu au mathématicien allemand Gerd Faltings la médaille Fields en 1984.

Le blé, polluant marin

Entre Corse et Sardaigne s'étend la réserve naturelle des Lavezzi, où flore et faune sont préservées sur 5 000 hectares. L'écosystème y est protégé, la pêche au harpon et à la ligne y sont interdites. Le 25 septembre 1996, un cargo chargé de blé, en provenance de Port-La-Nouvelle, près de Narbonne et en route pour l'Albanie, s'est échoué. Les 2 500 tonnes de blé qu'il transportait se sont répandues sur



Le blé répandu au fond de la mer (à gauche) asphyxie les herbiers de posidonie (à droite).

le fond. Juste après le naufrage, la surface recouverte était de l'ordre de un hectare. Pourtant, comme la masse de blé se déplace au gré des courants et des tempêtes, certaines zones recouvertes après le naufrage sont aujourd'hui découvertes, tandis que de nouvelles zones sont enfouies.

Or, tout ce qui est enfoui sous le blé périt : que ce soit la faune fixée ou la flore. De surcroît, le blé se décompose, libère de l'amidon sous forme d'une pellicule blanche qui recouvre l'eau, ou de filaments qui s'agglutinent sur les algues. Toutes les algues et les massifs de posidonie (des plantes à

fleurs sous-marines), privées de leur apport en oxygène, meurent.

Selon Alexandre Meinesz, du Laboratoire Environnement marin littoral, à Nice, les pétroliers qui se sont échoués de par le monde, libérant de leur soute des centaines de milliers de tonnes de pétrole ont eu un impact désastreux sur la faune et sur la flore des régions exposées, mais quelques années plus tard, faune et flore s'étaient reconstituées naturellement.

Au contraire, étant donné la faible vitesse de croissance de certaines des espèces détruites par le blé, il faudra plusieurs siècles pour que les herbiers de posidonie recolonisent les surfaces « brûlées » par le blé en décomposition. En effet, les posidonies progressent par leur rhizome, une tige rampante d'où partent racines et feuilles. Or ce rhizome ne pousse que de quelques centimètres par an. Le blé – polluant inattendu – a commencé à être pompé au début du mois de décembre, afin que l'impact écologique de cet échouage soit limité.

Le chaînon manquant

À l'exception de l'hydrogène moléculaire, H_2 , la quasi-totalité des centaines de molécules du milieu interstellaire sont produites par des réactions chimiques mettant en jeu l'ion H_3^+ , le plus simple des ions polyatomiques stables. Après 15 années de recherche, les astronomes américains T. Geballe et T. Oka ont enfin détecté cet ion dans des nuages du milieu interstellaire.

Grâce à la mesure de l'abondance de H_3^+ , on pourra calculer directement le taux d'ionisation du milieu interstellaire, paramètre fondamental de la chimie interstellaire et de la formation des étoiles.



NASA/HST

Pression et cuisson

On stérilise généralement en chauffant, mais on peut aussi stériliser en comprimant. Pourquoi? Parce que des pressions de plusieurs milliers d'atmosphères rompent des liaisons chimiques faibles, sans dégrader les molécules : les vitamines sont préservées, les glucides ne sont pas chimiquement modifiés, les lipides sont liquéfiés, les protéines sont dénaturées, ce qui conduit à des modifications de texture caractéristiques d'une cuisson. Ce traitement détruit les micro-organismes. Il a été nommé pascalisation, en l'honneur de Blaise Pascal, dont le nom a été donné à l'unité internationale de pression, et sort aujourd'hui des laboratoires : un centre de transfert technique, équipé de pilotes industriels, s'ouvre aujourd'hui à Bar-le-Duc.

Une dent parmi les diamants

Les grands singes d'Afrique occupaient un territoire notablement plus vaste que ne l'admettaient les paléontologues, comme en témoigne la molaire découverte parmi des diamants extraits d'une mine, en Afrique du Sud. Jusqu'à présent on pensait que ces primates hominoïdes avaient vécu dans les régions équatoriales. Selon Brigitte Senut, du Muséum national d'histoire naturelle, et Martin Pickford, du Collège de France, l'animal avait une taille intermédiaire entre celle d'un chimpanzé et celle d'un gorille actuels ; il aurait vécu il y a environ 18 millions d'années. C'est peut-être un ancêtre du kenyanthropus, considéré comme l'ancêtre des grands singes et de l'homme.

La desmine

Les souris dépourvues de cette protéine ont un cœur et des muscles défaillants.

L'armature des cellules maintient leur forme et assure leurs déplacements. Ce cytosquelette est constitué de diverses protéines. L'équipe de Denise Paulin, à l'Institut Pasteur, a montré que l'une de ces protéines, la desmine, assure la cohésion et la résistance du tissu musculaire. Aujourd'hui, on découvre que diverses maladies qui touchent le tissu musculaire, et dont on ignorait la cause, résulteraient de mutations du gène codant la desmine.

Tous les constituants du cytosquelette participent à la morphogenèse et au mouvement des cellules. Chacun a une tâche bien précise : les tubulines, à l'intérieur des cellules, assurent les mouvements des constituants intracellulaires ; la mobilité de la membrane cellulaire dépend des microfilaments d'actine qui donnent sa forme au corps cellulaire ; les filaments intermédiaires, qui forment l'armature proprement dite, confèrent leurs propriétés élastiques aux tissus. Grâce à ces divers éléments, les cellules résistent aux contraintes qu'elles ont à subir.

Il existe plusieurs classes de filaments intermédiaires. Dans le tissu musculaire, ces filaments sont constitués de desmine. Les molécules de desmine, assemblées en réseau tridimensionnel, assurent la jonction entre les sous-unités contractiles, ou sarcomères, des fibres musculaires. Ces sarcomères assurent la contraction musculaire, et les assemblages de desmine agissent comme des amortisseurs. En ce qui concerne les muscles lisses, tels les vaisseaux sanguins et les parois des viscères, les fila-

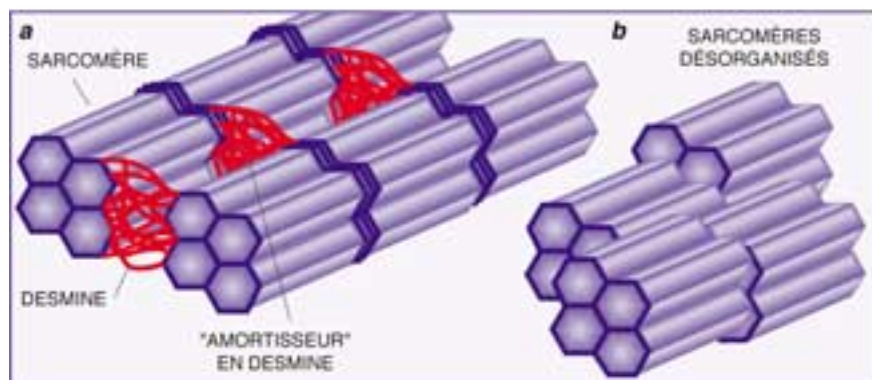
ments de desmine, situés à l'intérieur des cellules, leur permettent de résister aux différences de pression qui règnent de part et d'autre des parois.

Les molécules de desmine de l'homme et de la souris sont très semblables, de sorte que les anomalies observées chez des souris qui en sont dépourvues renseignent les généticiens sur le rôle exact de cette protéine. L'équipe de D. Paulin a obtenu des souris sans desmine en substituant au gène codant la desmine, un gène muté qui interdit la fabrication de l'ARN messager et, par conséquent, de la protéine.

En l'absence de desmine, les cellules ne sont plus jointives, le tissu musculaire présente des déchirures microscopiques, et les souris ont de graves malformations cardiaques. La cohésion cellulaire n'est plus assurée, et le cœur est criblé de petits trous. Le tissu cardiaque est anormalement blanchâtre, sans doute en raison d'une fuite d'ions calcium. Les souriceaux survivent parfois pendant une année, mais sont très faibles. Ils sont beaucoup moins endurants que les souriceaux normaux.

Chez l'homme, certaines maladies résulteraient d'anomalies des filaments intermédiaires. La phosphorylation des protéines (le nombre de groupes phosphate qu'elles portent) serait anormale, ce qui interdirait la formation des réseaux protéiques assurant la cohésion des tissus. Ainsi, l'épidermolyse bulleuse, une maladie où la peau se décolle, résulterait d'anomalies des filaments intermédiaires de la peau ; certaines myopathies familiales atteignant les muscles des membres ou le muscle cardiaque seraient dues à des anomalies de la desmine. Les molécules, trop phosphorylées, ne se lieraient plus les unes aux autres, ni aux tissus qu'elles soutiennent. L'origine inconnue de diverses myopathies semble se préciser.

Marie-Thérèse LANDOUSY



Les sarcomères, les sous-unités des fibres musculaires, sont reliés par des «amortisseurs» en desmine. En l'absence de cette protéine (à droite), les sarcomères sont désorganisés, aucune protéine ne les reliant ; les animaux ont alors une résistance à l'effort très inférieure à celle des animaux sains.

Pasteur dans un plan

Séparation spontanée de cristaux à la surface de l'eau.

En 1848, à l'âge de 26 ans, Louis Pasteur a son premier succès scientifique en séparant les deux types de molécules (les énantiomères) qui composent le tartre du vin : il observe que ces molécules sont chirales, c'est-à-dire non superposables à leur image dans un miroir. À l'Institut Curie, un groupe de physiciens obtient aujourd'hui une séparation analogue en plaçant des molécules chirales à la surface de l'eau.

La séparation d'énantiomères est devenue une préoccupation en optique, en agro-alimentaire ou en pharmacie : seul l'énantiomère gauche de l'aspartame est un bon édulcorant (la forme droite est amère), et seul un des deux énantiomères de la thalidomide a des propriétés sédatives (l'autre est tératogène). Pour les séparer, les chimistes modernes recourent à des réactions de reconnaissance moléculaire, mais les résultats ne sont pas à la hauteur des efforts déployés : moins de dix pour cent des 12 000 composés chiraux répertoriés à ce jour ont été séparés.

Pourrait-on trouver de nouvelles méthodes de séparation ? En 1982, le chimiste américain E. Arnett imagine de confiner les molécules dans un plan, afin d'amplifier les mécanismes de reconnaissance spécifique entre deux énantiomères. Son idée n'est pas testée, car D. Andelman, de l'Université de Tel-Aviv, et Pierre-Gilles de Gennes calculent théoriquement que la ségrégation chirale à deux dimensions ne se produit pas si seules les interactions à longue distance (forces électrostatiques, forces de dispersion...) s'exercent entre les molécules.

Toutefois la simplicité de l'expérience tente Francis Rondélez et ses collègues du Laboratoire de physico-chimie de l'Institut Curie. Ils commencent par sélectionner une molécule qui, en raison de sa constitution chimique, s'étale facilement à la surface de l'eau : la myristoyl-alanine, comportant une partie insoluble dans l'eau, et une tête soluble et chirale, dérivée d'un acide aminé, l'alanine. La molécule forme spontanément une couche stable à la surface de l'eau, parce que l'alanine plonge dans l'eau, tandis que la partie insoluble pointe vers l'air.

Quand on comprime le film moléculaire ainsi formé à l'aide d'une barrière qui flotte à la surface de l'eau, on fait passer le film d'un état dilué, de nature liquide, à un état condensé, assimilable à un cris-



F. Rondélez

Domaines spontanément formés à la surface de l'eau par des molécules chirales : chaque zone noire n'est composée que de molécules identiques.

tal. Des mesures de la pression de surface révèlent tout d'abord que les molécules de chiralités différentes s'associent plus difficilement que les molécules de même chiralité. De surcroît, le microscope optique montre qu'une compression de la monocouche racémique engendre des zones cristallines circulaires de plusieurs dizaines de micromètres de diamètre dans un milieu continu, plus fluide. À ce stade, les zones cristallines sont encore composées de deux énantiomères. Toutefois, des zones plus sombres, qui ont la forme de petites aiguilles courbes, croissent lentement à l'intérieur de ces îlots. Ces aiguilles sont des micro-cristaux d'énantiomères purs, droits ou gauches.

Pourquoi cette ségrégation chirale ? Les calculs confirment que les forces à

longue portée sont généralement inefficaces, mais ils ne prennent pas en compte les forces à courte portée. Or, dans le cas de la myristoyl-alanine, comme dans celui d'autres composés organiques, de telles forces (liaisons hydrogène) sont suffisamment fortes pour imposer la structure d'équilibre. La méthode topochemique proposée par le groupe de l'Institut Curie devrait être applicable aux autres composés organiques entre lesquels s'exercent des liaisons hydrogène fortes. Les cristaux obtenus sont encore très petits, et la ségrégation est lente (il faut environ une heure pour que les domaines composés d'un seul énantiomère se constituent), mais combien de temps a-t-il fallu à Pasteur pour faire son tri à la main ?

Nutrition et CFA

La dévaluation dégrade l'alimentation des enfants.

Le 12 janvier 1994, le franc CFA, monnaie des 14 pays africains de la zone franc, a été dévalué de 50 pour cent. Destinée à restaurer les équilibres macro-économiques de ces pays, cette dévaluation était exceptionnelle, en raison de son ampleur, et de son application à des pays fortement dépendants de l'extérieur et marqués par la crise économique et les restrictions budgétaires. En diminuant le pouvoir d'achat d'une partie de la population, notamment celui des citadins, la dévaluation a dégradé l'alimentation des enfants, en quantité et en qualité.

Dans les pays de la zone franc, la malnutrition est chronique et ses conséquences dramatiques : elle augmente le risque de mortalité, la sensibilité aux infections, et elle diminue les capacités d'ap-



B. Maïre/CRSTOM

Les bouillies d'importation, de meilleure qualité nutritionnelle, sont aujourd'hui moins utilisées.

prentissage et la productivité. La malnutrition est même transmise : une femme mal nourrie dans son enfance a plus de risques de mettre au monde des enfants de faible poids, plus fragiles et qui auraient besoin d'être mieux nourris.

La malnutrition apparaît au cours de la première année de la vie, au moment où la diversification de l'alimentation fait encourir d'importants risques infectieux et nutritionnels aux enfants. Avec des partenaires africains, nous avons évalué l'évolution de l'alimentation de ces jeunes enfants, en milieu urbain, au Congo et au Sénégal. Les pratiques en matière d'allaitement au sein ont peu changé ; l'âge du sevrage n'a pas été retardé. Ces actes alimentaires restent avant tout culturels : le poids de la tradition l'a emporté sur les considérations économiques.

En revanche, le nombre d'enfants recevant des bouillies ou des plats adaptés à leur âge a diminué, ainsi que la qualité des aliments utilisés en complément du lait maternel. À Brazzaville, l'utilisation de bouillies préparées à partir de farines commerciales importées a baissé de 45 pour cent en moyenne, de 70 pour cent dans les familles aux revenus les plus bas : depuis la dévaluation, le prix de revient des bouillies importées a augmenté de 90 pour cent, et celui des bouillies locales de 25 pour cent. Les mères qui enrichissaient ces bouillies, de qualité nutritionnelle plus faible, avec du lait ou du sucre, ajoutent moins souvent du lait.

Dans la grande banlieue de Dakar, la qualité des bouillies s'est aussi dégradée. Plus de mères donnent uniquement des préparations à base de mil avec du sucre, sans ajouter de lait ni de corps gras. La nature des plats familiaux a également évolué : la quantité de riz reste inchangée, mais les apports d'huile, de légumes et de poisson frais se réduisent. Or l'importance de ce plat a augmenté dans l'alimentation des enfants depuis la dévaluation.

La diminution de la consommation de produits importés était une conséquence prévue de la dévaluation. Plus inattendue est la remise en cause, par les mères, des séances d'éducation nutritionnelle dans les centres de santé. Les conseils qui y sont dispensés, tels l'ajout de lait et de corps gras, ne leur semblent plus adaptés au nouveau contexte : parmi les produits alimentaires, les farines commerciales, le lait en poudre et l'huile ont subi les augmentations de prix les plus fortes.

Même si l'économie de certains pays se rétablit, l'état nutritionnel des populations reste inquiétant. Les messages d'éducation devront être adaptés au nouveau contexte économique. La situation nécessite en outre la production locale d'aliments de complément améliorés, accessibles aux plus pauvres, ou l'apprentissage par les mères de leur préparation.

Francis DELPEUCH, ORSTOM, Montpellier

Explosion d'octobre

Un volcan sous un glacier.

Le 30 septembre 1996, un volcan s'est réveillé sous un glacier d'Islande. Cette île, sur la frontière séparant la plaque tectonique Nord-américaine et la plaque Eurasiennne, aurait émergé il y a quelque 20 à 15 millions d'années et, à la fin de la dernière période glaciaire, il y a 12 000 ans, elle était presque entièrement recouverte de glace.

Le glacier Vatnajökull, qui avec une surface de 8 300 kilomètres carrés est le plus grand d'Europe, est un vestige de cette époque. À l'Ouest, il recouvre la dorsale médio-océanique où sont présents deux volcans, le Baroarbunga et le Grimsvötn. Avec une éruption tous les dix ans en moyenne, le Grimsvötn est un des volcans subglaciaires les plus actifs du monde.

L'éruption d'octobre 1996 est le dernier acte d'une série de secousses sismiques et d'éruptions magmatiques ;

l'amplitude des secousses sismiques qui l'ont précédée n'a pas dépassé 5,4 sur l'échelle de Richter. De telles secousses ont été fréquemment enregistrées au cours des 20 dernières années, mais aucune n'avait déclenché d'éruption. Cette fois, l'activité sismique a duré toute la journée du 29 septembre et, le 30 septembre, les sismographes ont enregistré un début d'activité volcanique (les vibrations engendrées dans le sol par un volcan diffèrent de celles d'un tremblement de terre). Le 1^{er} octobre, la glace s'est effondrée en deux endroits, là où son épaisseur était comprise entre 400 et 600 mètres ; les éruptions ont suivi. Le 2 octobre, un nuage de cendres a été projeté à plus de trois kilomètres dans le ciel. Le diamètre du cratère creusé dans la glace atteignait alors plusieurs centaines de mètres.

Quand un volcan subglaciaire émet un magma liquide et pauvre en gaz, le magma se fige au contact de la glace, de sorte qu'il n'y a pas émission de lave, mais éjection de scories, de bombes et de cendres. Au centre du cratère, l'activité géothermique intense fait fondre la



G.E. Hrafnsson - Sygma

Un volcan, qui s'est réveillé sous le glacier Vatnajökull, a projeté des cendres à plus de trois kilomètres de hauteur et a fait fondre l'épaisse couche de glace qui le recouvrait.

glace, de sorte qu'une mer subglaciaire se forme. Elle se vide tous les cinq à dix ans et se déverse en un puissant torrent dans l'océan Atlantique après avoir submergé des régions inhabitées au Sud de l'Islande. Un tel événement s'est produit au début de l'année 1996, de sorte que le niveau de l'eau dans le cratère, juste avant l'explosion d'octobre, était bas.

La mer subglaciaire se vide parfois avec une violence inaccoutumée ; ce fut le cas en 1598, en 1685, en 1716, en 1892 et en 1934. Cette année-là, le flot fut si violent qu'on l'entendait à 50 kilomètres à la ronde et que la couverture de glace vola en éclats. Le glacier rejeta quelque 50 000 mètres cubes d'eau par seconde pendant une semaine : sept mille milliards de litres d'eau de fonte se déversèrent avec un débit proche de celui du fleuve Congo, le deuxième fleuve du monde par son débit, après l'Amazone.

En raison de l'activité volcanique, les eaux de la mer subglaciaire avaient monté, dès le 2 octobre, d'une quinzaine de mètres ; on attendait que le torrent se déverse. Les hommes n'étaient pas menacés, mais les infrastructures l'étaient : les digues ont été renforcées, on a creusé des fossés pour que le flot attendu puisse se déverser sans trop endommager les routes et les ponts. La catastrophe se faisait toujours attendre quand une nouvelle éruption eut lieu le 13 octobre. L'eau de la mer subglaciaire a continué à monter. Les

vulcanologues avaient prévu que le flot subglaciaire s'écoulerait dès que le niveau de la mer souterraine aurait atteint 1 450 mètres au-dessus du niveau de la mer. On en était à 1 510 mètres, le 27 octobre. Comme l'activité volcanique faiblissait, on commençait à espérer que les trombes n'auraient pas lieu. Puis, après quelques petites secousses sismiques, le 4 novembre, le débit de la rivière qui s'échappe de la mer subglaciaire passa, en deux heures, de 70 à 6 000 mètres cubes par seconde. L'eau était noire de sédiments et sentait le soufre. Des icebergs de 200

tonnes ont été arrachés du glacier. Le débit maximal atteignit 45 000 mètres cubes par seconde. Le flot se calma en quelques jours. Trois mille milliards de litres d'eau de fonte ont ainsi été déversés. Des portions de route et des ponts ont été arrachés, ainsi que des lignes électriques et téléphoniques situées sur le passage des flots.

Cet événement serait le signe d'une activité croissante sur la frontière entre l'Europe et l'Amérique du Nord, et d'autres éruptions devraient suivre, où le feu et la glace se mêleront.

Christoph ROLOFF, Berlin

Lune, les zones froides comme la région polaire Sud ne sont pas directement visibles de la Terre, aussi, les astronomes ont utilisé une sonde lunaire.

La sonde *Clementine* ne possédant pas de radar, les planétologues américains ont détourné de sa fonction principale l'antenne de communication de la sonde. Au lieu d'envoyer le signal de communication directement vers la Terre, le signal était émis vers la Lune, diffusé par la surface lunaire, puis reçu sur Terre. Lors d'un survol de la dépression polaire Sud en avril 1994, les planétologues ont noté un pic dans le rapport entre deux ondes polarisées qu'ils interprètent comme une diffusion par une surface réfléchissante d'une centaine de kilomètres carrés. Cette surface pourrait être de la glace.

S'il s'agit effectivement d'eau, quelle est son origine ? Elle a vraisemblablement été apportée par des impacts cométaires. Il y a quatre milliards d'années, la Lune, récemment formée, se refroidit. Selon Yves Langevin, de l'Institut d'astrophysique spatiale, elle est constamment bombardée de météorites et de comètes qui contiennent beaucoup d'eau. Les molécules d'eau contenues dans ces corps qui tombent sur la Lune suivent des destins divers. Une partie rebondit tellement vite qu'elle échappe à l'attraction lunaire. D'autres molécules moins rapides, telles des millions de balles, rebondissent de cratère en cratère au gré de leur trajectoire balistique. En trois mois de rebondissements, nombres de molécules d'eau sont ionisées et emportées par le vent solaire. Si, au cours de ces trois mois, des molécules d'eau alunissent dans des zones froides, elles peuvent être adsorbées par la surface lunaire.

Au total, dans ces zones froides, on trouverait une succession de couches de glace et de régolite (la poussière lunaire accumulée après des impacts de météorites) dont l'épaisseur totale ne dépasserait pas une dizaine de mètres. Dans ces couches, quatre milliards d'années d'histoire de bombardement de la Lune par les comètes seraient préservés.

Cette découverte, qui doit être confirmée, suscite un intérêt scientifique considérable, non pour fournir de l'eau à d'éventuelles bases lunaires (la quantité serait insuffisante), mais surtout parce que les scientifiques auraient à « portée de fusée » un témoignage unique de l'histoire passée du Système solaire. À l'heure où des missions spatiales s'envolent pour Mars à la recherche de la vie, cette quête d'eau lunaire pourrait relancer l'intérêt de missions moins coûteuses vers le satellite de la Terre.

Lune glacée

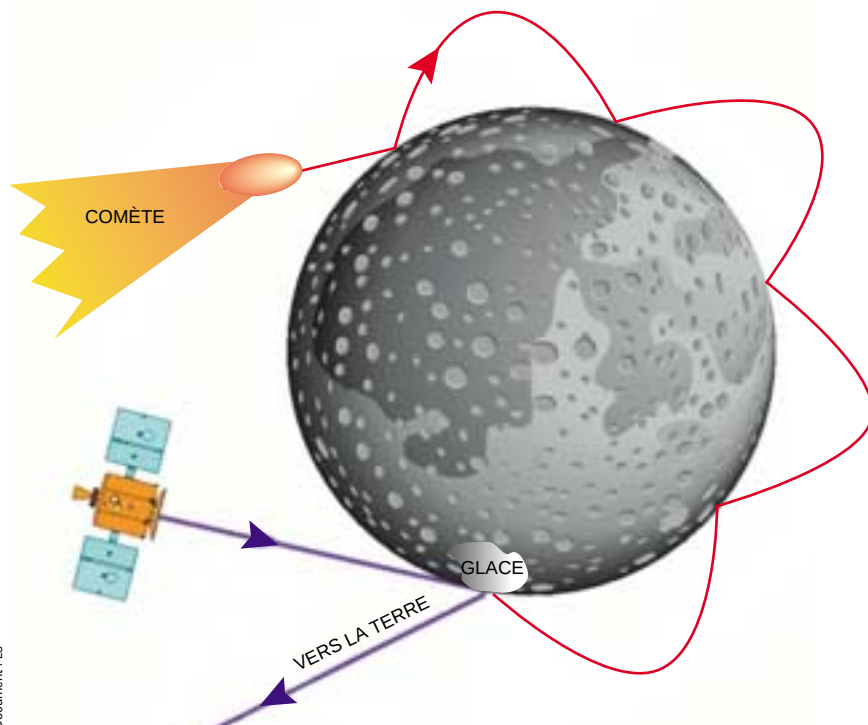
Un lac gelé sur la Lune?

Les glaces du Groenland recèlent l'histoire de l'atmosphère terrestre depuis quelques centaines de milliers d'années. La sonde *Clementine*, placée en orbite lunaire au printemps 1994, aurait détecté de la glace près du pôle Sud de la Lune : quatre milliards d'années d'histoire du Système solaire seraient conservés dans cette glace apportée par des comètes.

Dès les années 1960, les astronomes pensaient qu'il existait de l'eau sur la Lune. Les missions automatiques et habitées

qui s'y sont succédé n'ont rien trouvé, sans doute parce que les lieux d'alunissage n'étaient pas adéquats : les zones éclairées par le Soleil sont trop chaudes (130 °C) pour conserver la glace. La région du pôle Sud de la Lune, située dans une dépression, est le plus souvent à l'ombre. Des cratères jamais éclairés y existent : à une température de -173 °C ces « congélateurs » piègent la glace.

L'eau est commune dans le Système solaire : outre la Terre et les calottes polaires martiennes, toutes les planètes gazeuses contiennent de l'eau. Début 1994, à l'aide du radiotélescope d'Arecibo, les astronomes avaient décelé sur Mercure une zone réfléchissante, vraisemblablement de la glace. Sur la



La chute d'une comète sur la Lune libère des molécules d'eau dont certaines sont piégées, après plusieurs rebonds, dans des « congélateurs » (des régions toujours dans l'ombre du Soleil). La sonde *Clementine* aurait détecté une telle zone gelée près du pôle Sud lunaire.

Les concrétions des grottes enregistrent climats et séismes

PAUL DUBOIS • BERTRAND GRELLET

Dans les grottes, les variations du climat et les séismes se traduisent par des modifications de structure des concrétions, identifiables et datables.

Les concrétions calcaires des grottes, stalactites et stalagmites, enregistrent les caractéristiques de l'écoulement d'eau qui les a créées, et donc des événements qui ont

modifié la vitesse et la nature de leur formation.

Dans un milieu souterrain relativement protégé de l'érosion et des dégradations humaines, ces dépôts

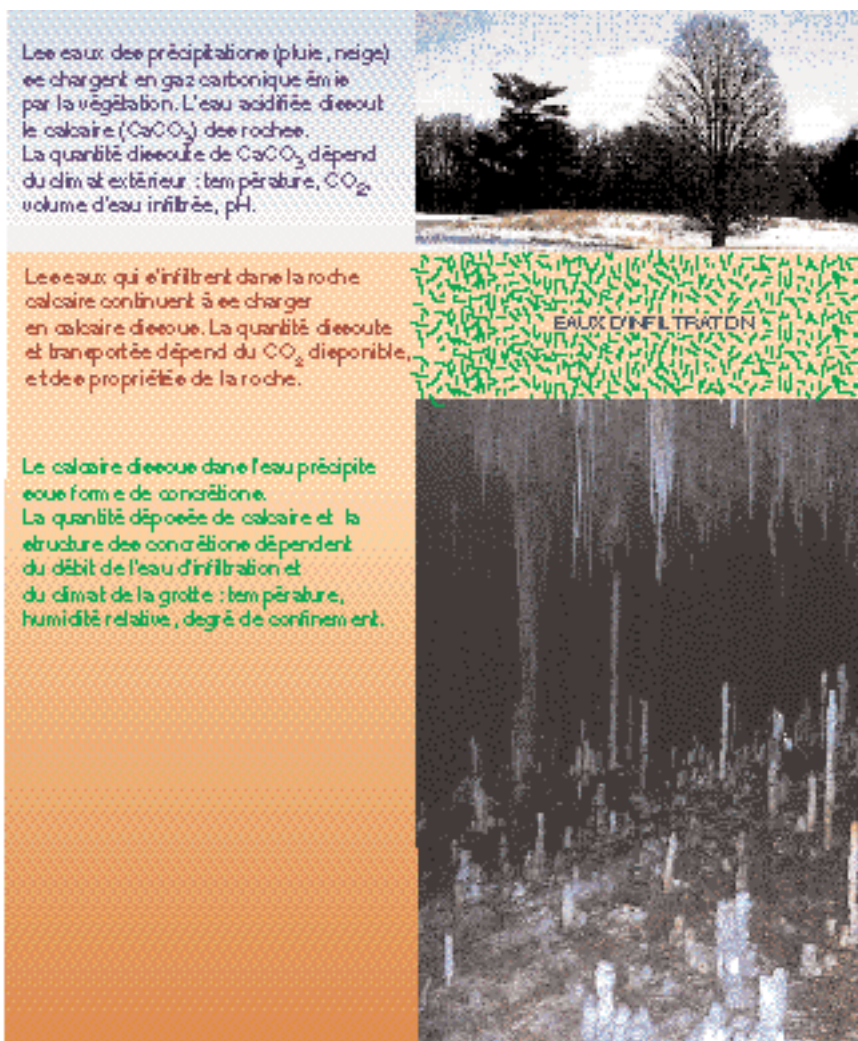
sédimentaires, nouvellement désignés sous le nom de «spéléothèmes», sont datés par les moyens classiques de la datation géologique. Le décryptage de ces «archives géologiques» qui nous renseignent sur l'histoire climatique et géologique locale a beaucoup progressé ces dernières années.

La vie de la grotte

Une grotte, comme tout système géologique, a une histoire : elle naît, vit et se développe, puis vieillit et disparaît lentement. La grotte apparaît et grandit quand un courant d'eau chargé de gaz carbonique creuse une roche calcaire. Les galeries de certains réseaux de grottes s'étendent sur des centaines de kilomètres (plus de 500 kilomètres à Mammoth Cave, aux États-Unis) et les dénivélés verticaux peuvent dépasser le kilomètre (1 602 mètres au gouffre Jean Bernard, en Savoie). Le vieillissement est lié au tarissement des courants et des eaux de creusement, et au comblement de la grotte par les sédiments et les concrétions.

Les dépôts détritiques des grottes résultent de l'accumulation des sédiments. Les dépôts endogènes, éboulements des parois et des plafonds, renseignent, quand on sait les dater, sur l'évolution de la grotte et, éventuellement, sur l'origine sismique de son comblement.

Les dépôts exogènes proviennent de l'extérieur de la grotte. L'agent de transport, le plus souvent l'eau, dépose des sédiments semblables à ceux trouvés dans les terrasses des rivières de surface. Leur étude met en évidence des séquences de dépôts liées à des crues avec conglomérats, grès et sables



Clamouse - GEOTER

1. LES CONCRÉTIONS sont formées par précipitation du carbonate de calcium dissous dans l'eau qui transite de la surface jusqu'au vide de la grotte.