

L'internationale fourmilière

Sur 6 000 kilomètres de côtes, de l'Italie au Portugal, une colonie géante de fourmis prospère, car ses membres sont devenus altruistes.

Dans un bocal, deux fourmis de l'espèce *Linepithema humile* s'épient. L'une provient des coteaux rocaillieux des environs de Perpignan, l'autre d'une forêt catalane, près de Barcelone. Elles se redressent et s'attaquent. La fourmi de Perpignan fiche ses mandibules dans le cou de son adversaire et... le sectionne. On introduit dans l'arène une autre adversaire, native du Portugal, à plus de 1 000 kilomètres de distance. Les fourmis s'observent, se frottent les antennes, et repartent chacune de leur côté sans se chercher querelle. Elles font partie de la même congrégation, une supercolonie, la plus grande du monde qui s'étend de Gènes à La Corogne, en passant par Marseille, Barcelone, Malaga, Lisbonne. Toutes les fourmis de cette colonie ont un comportement amical, quelle que soit la distance qui sépare leurs lieux d'origine, leur environnement, leur nourriture et leur patrimoine génétique. Une autre colonie ennemie vit en Catalogne.

Tatiana Giraud et ses collègues de l'Université Paris-Sud, à Orsay, ont testé les comportements d'agressivité des fourmis *Linepithema humile* selon leur lieu d'origine. Ils ont récolté 400 fourmis sur 20 sites, le long de la côte, et ont organisé des «rencontres». Les fourmis prélevées sur 17 sites de ce pourtour de 6 000 kilomètres ne manifestent aucun comportement d'agression.

Les biologistes ont tenté de comprendre ce qui codifie le comportement d'agressivité si manichéen des fourmis, alors

qu'elles appartiennent à la même espèce. Ils ont étudié leur matériel génétique, et ont constaté qu'il diffère entre les communautés, mais pas au-delà de la variabilité inhérente à une supercolonie.

Les fourmis d'une même supercolonie se fient-elles à des indices environnementaux pour discerner leurs «alliées»? Les biologistes ont laissé des fourmis catalanes, portugaises et françaises se reproduire en laboratoire, loin de leur environnement et des interactions existant au sein d'une fourmilière. Puis ils ont séparé les larves des parents et les ont laissé éclore dans un milieu où elles ne pouvaient apprendre aucun comportement. Une fois adultes, les fourmis développèrent les mêmes comportements d'agression ou de non-agression, en respect des lois en vigueur dans la supercolonie. Ainsi, les fourmis utilisent un autre mode de reconnaissance que les indices de l'environnement.

L'explication tient à l'histoire de l'espèce *Linepithema humile*. À l'origine, cette fourmi n'existait qu'en Argentine, où les colonies se battent, même lorsqu'elles sont éloignées de quelques mètres. Or cette espèce a été introduite en Europe, il y a quelque 80 ans. Les premières reines fondèrent des fourmilières sur les côtes de Madère, puis du Portugal. Sur leur cuticule, des molécules de reconnaissance leur permettent de s'identifier lors des contacts par les antennes. Ces molécules aidaient les fourmis d'Argentine à reconnaître leurs parents et à combattre les fourmis des autres colonies, la compétition pour les ressources alimentaires étant forte. En Europe, les fourmis ont trouvé un pays de cocagne où toute guerre était inutile, les ressources étant suffisantes et les prédateurs moins féroces. Dès lors, les fourmis dont les molécules cuticulaires ne provoquaient pas de réaction agressive furent avantagées, car elles dépensaient moins d'énergie à se battre et profitaient à loisir des richesses de cet environnement propice. Les gènes «pacifiques» furent sélectionnés et de grandes communautés se formèrent.

Bel hymne à la tolérance ! Hélas, la force de la supercolonie pourrait être aussi sa perte. Au fond des gènes, l'égoïsme veille... Au sein d'une fourmilière «normale», les ouvrières poursuivent un seul but : propager leurs gènes le plus efficacement possible dans la population. Étant donné qu'elles ne peuvent se reproduire (seule la reine peut pondre), elles sont condamnées à favoriser leurs sœurs en portant un soin particulier aux larves : les signaux chimiques assurant cette reconnaissance sont déterminants. Or, dans la supercolonie méditerranéenne, ces signaux de reconnaissance ont disparu. Pour une fourmi de cette communauté, toute larve est une sœur. Chaque ouvrière prend soin des enfants des autres comme de sa propre fratrie. Si, un jour, une mutation se produit chez une fourmi, prédisposant ses descendants à se transformer en reines plutôt qu'en ouvrières, le patrimoine génétique de la reine porteuse de la mutation va se reproduire très rapidement au détriment des autres génomes. On assistera à un appauvrissement de la diversité génétique et, simultanément, à une augmentation de la vulnérabilité (si toutes les fourmis ont le même génome, et que cette colonie devient vulnérable à un agent pathogène, toute la colonie disparaît). Une structure sociale classique, où chaque ouvrière s'occuperait égoïstement de ses sœurs, se mettrait en place. La structure hyperaltruiste de la supercolonie serait condamnée à disparaître.



Qui de la Catalane ou de la Marseillaise aura le dessus ? Ces deux fourmis sont de la même espèce, mais elles appartiennent à deux colonies géantes différentes ; dans chacune d'elle règne la paix, mais les individus des deux colonies se combattent.

Les géants du Chihuahua

Deux mineurs mexicains ont découvert les plus gros cristaux du monde.



Richard Fisher

Les cristaux de sélénite, une forme transparente de gypse, découverts dans une mine de la région de Chihuahua, au Mexique sont les plus grands que l'on connaisse : ils mesurent près de 17 mètres de hauteur et environ un mètre de diamètre.

Le nom de la région du Chihuahua, au Sud du Mexique, est le plus souvent associé à l'idée de petitesse, notamment celle des chiens. Cette association n'a plus lieu d'être depuis la découverte des plus grands cristaux de gypse connus au monde.

Ces cristaux ont été découverts par les frères Eloy et Javier Delgado alors qu'ils perçaient un nouveau tunnel à 300 mètres de profondeur dans la mine de Naica. Lors de leur exploration, ils ont découvert une «salle du trésor» en pénétrant par une petite entrée dans une cavité de 10 mètres de largeur sur 20 mètres de longueur. Elle abritait des cristaux de plus de 1 mètre de diamètre et d'environ 17 mètres de hauteur. Peu après, une autre équipe de mineurs a découvert une autre salle similaire avec des cristaux en forme de dents de requins. Comment de tels cristaux ont-ils pu se former, alors que la plupart de ceux que l'on connaît tiennent dans la paume de la main ?

Selon des géologues, une chambre contenant du magma s'étendrait à trois ou quatre kilomètres sous la mine. Ces roches en fusion seraient à l'origine des différents minéraux exploités dans la mine, tels l'or, l'argent, le plomb et le zinc dont les filons parcourent la roche calcaire de la région. La chaleur régnant dans la première salle des cristaux, environ 60 °C, confirme la proximité de la poche magmatique !

Les minéraux, riches en sulfates, ont été lessivés par les eaux circulantes, lesquelles ont dissous la roche calcaire. Les sulfates et le calcium se sont alors combinés et ont cristallisé en sulfate de calcium. Ces cristaux se seraient développés pendant 30 à 100 ans. Ce sulfate de calcium est de la sélénite, du nom de Séléné, la déesse grecque de la Lune, car les cristaux découverts et notre satellite partagent la même lueur pâle. La sélénite est une forme transparente de gypse, ce minéral qui compose les roses des sables et le plâtre, quand il est broyé.

En Europe, on connaît de gros cristaux de sélénite, notamment dans la région des Apennins, en Espagne et dans le Sud de la France, mais ils ne dépassent guère deux ou trois mètres de longueur. Le précédent record était détenu par des cristaux découverts dans la même région du Chihuahua. Et les habitants de cette région pensent que des cristaux encore plus extraordinaires sont à découvrir. Cet espoir est fondé, car l'eau de la caverne aux cristaux géants a été pompée pour faciliter l'exploration, arrêtant ainsi leur croissance, alors que d'autres, encore inconnus, continuent de se développer...

La société d'exploitation de la mine prévoit d'aménager d'ici quelques mois la salle, notamment d'installer l'air conditionné, afin de recevoir des touristes.

BRÈVES

L'espérance du temps jadis

Un bébé né en France, au XXI^e siècle, vivra-t-il réellement deux fois plus longtemps que ses ancêtres ? Non. En détectant un certain nombre de biais dans les estimations de l'âge de nos ancêtres, Claude Masset, de l'Université de Paris I, a montré que l'on a sous-estimé la longévité de nos ancêtres. Au XVII^e et au XVIII^e siècle, l'espérance de vie à la naissance était estimée à 25 ans, mais elle résultait d'une forte mortalité infantile : ceux qui survivaient jusqu'à 20 ans avaient encore une espérance de vie de 35 ans, c'est-à-dire qu'ils atteignaient en moyenne 55 ans. Une des causes d'erreurs tient au fait que pour évaluer l'âge du décès, on observe les sutures osseuses. Or on n'a pas tenu compte du fait que l'évolution des sutures est rapide chez l'adulte jeune, puis qu'elle ralentit avec l'âge. Une personne de 60 ans peut présenter les mêmes sutures osseuses qu'une de 30 ans, pour peu que cette dernière présente des signes de vieillesse prématurée !



L'Antarctique ne fond pas

Malgré le réchauffement climatique, la glace de l'Antarctique n'a cessé de s'étendre depuis 1980. Des océanographes américains ont mis en évidence une augmentation de sa surface totale de un pour cent tous les dix ans. Les chutes de neige ont augmenté, en raison d'une plus forte évaporation, due au réchauffement. Toutefois, l'expansion des glaces de l'Antarctique n'est pas uniforme : elle est surtout importante dans la mer de Ross. Au contraire, dans la péninsule Ouest, les glaces ont reculé. C'est dans cette région qu'un immense bloc de glace s'est récemment détaché du continent, avant de se morceler en icebergs.

Un siège pour les accouchements

Un siège utilisé lors des accouchements a été découvert dans le Sud de l'Égypte, par Joe Wagner et ses collègues, de l'Université de Pennsylvanie. Il mesure 42 centimètres sur 17, il est troué en son centre et porte des hiéroglyphes : ces derniers indiquent qu'il appartenait à Arnessent, épouse du gouverneur de la région sous le règne de Sénousret, pharaon de la XII^e dynastie (1991-1790 avant notre ère). Le siège est décoré de dessins colorés représentant une femme portant son nouveau-né, et la déesse Hathor, qui assistait les femmes en couches.

Un ruban de Möbius monocristallin

Des physiciens japonais sont parvenus à faire pousser un cristal sous la forme d'un ruban de Möbius. Le matériau de l'édifice, un composé de niobium et de sélénium, a la particularité de croître, lorsqu'il se condense, en filaments et en rubans. Les rubans ont poussé en s'enroulant autour d'une goutte de sélénium pur. Durant cette opération, certains rubans se sont tordus, puis leurs extrémités se sont rejointes, donnant une forme de ruban de Möbius à la construction. Malgré sa grande taille – une fraction de millimètre –, le ruban n'est constitué que d'un unique cristal. Cette réalisation offre une nouvelle voie pour tester les propriétés quantiques dans cette topologie si particulière d'un objet à une face.



Yoh Tsumeta

Vue panoramique assyrienne

Le roi Ashur-Nasir-Pal II vivait dans la cité assyrienne de Nimrud, dans l'actuel Irak. Son palais a été découvert en 1847, lors de l'expédition de l'archéologue Henry Layard. Le site ne comportait plus que des fondations et des restes de murs incomplets. Aujourd'hui, en reconstituant les volumes du palais par des logiciels de réalité virtuelle en trois dimensions, les informaticiens de l'Université de Buffalo ont fait une découverte en se «promenant» dans les couloirs du palais. En montant sur le trône du roi, un des informaticiens a découvert un bas-relief composé de trois éléments dispersés dans la salle, mais qui, observés de cette position, formaient la même scène. Les trois éléments en sont le roi, une colonne de courtisans et les dieux protecteurs de la cité. Un exemple de l'intérêt des reconstitutions qu'utilisent les archéologues-informaticiens d'aujourd'hui.

Un nouvel acide aminé

On connaissait 21 types d'acides aminés. Des biologistes américains viennent d'en découvrir un 22^e, la pyrrolysine, dans un micro-organisme du groupe des Archées, une branche primitive des bactéries. Cet organisme qui vit à proximité des sources chaudes des fonds océaniques utilise des enzymes pour transformer les amines en méthane. En étudiant la structure tridimensionnelle d'une de ces enzymes cristallisées, les biologistes ont détecté un acide aminé différent des 21 autres. Ils ont analysé le génome de la bactérie, et découvert... une erreur vieille de 30 ans : une courte séquence que l'on croyait être un signal d'arrêt de la synthèse des protéines est, en réalité, un signal de synthèse de cette nouvelle brique constitutive. Reste à chercher si ce 22^e acide aminé existe chez d'autres organismes vivants.

Le champagne nain

À la surface des feuilles d'un cépage de Champagne, des biologistes australiens ont identifié une mutation vieille de 400 ans. Survenue par hasard, elle a apporté une note particulière à certaines cuvées.

Sur les coteaux d'Épernay, au milieu du XVII^e siècle, un moine de l'Abbaye bénédictine de Hautvilliers se pencha sur un plant de vigne à l'allure bizarre. Ses feuilles étaient couvertes de poils, et les baies avaient un aspect mat. Intrigué, il étendit la vigne par bouturage et l'ajouta peu à peu à la composition des mélanges de champagne. Aujourd'hui, le Pinot Meunier est l'un des trois cépages utilisés pour la fabrication du champagne, ce breuvage dont Talleyrand disait qu'il était le «vin de la civilisation», et l'on a élucidé ses mystères morphologiques et génétiques.

Ce moine bénédictin, qui eut l'intuition de ne pas arracher le pied de vigne suspect, ignorait de quelles mutations ses plants étaient atteints. Au printemps, des cellules indifférenciées se forment sur les bourgeons. Quand un rayon de Soleil atteint une molécule d'ADN, ou qu'une substance chimique mutagène s'y dépose, ou encore lorsqu'un virus s'y introduit, le patrimoine génétique d'une des cellules peut être modifié. Cette cellule transmet la modification à toutes ses descendantes, si bien que la vigne est pourvue de cellules ayant un patrimoine génétique donné, et d'autres cellules dotées d'un autre patrimoine génétique.

Si le moine avait laissé la vigne se reproduire par germination des graines, il aurait perdu le bénéfice de la mutation, car les graines sont produites par des cellules de l'intérieur de la plante qui ne portent pas la mutation. Au contraire, en pratiquant le bouturage, il a assuré la reproduction de la plante à l'identique, avec toutes ses hétérogénéités histologiques, c'est-à-dire avec des cellules mutées en surface des tissus végétaux et des cellules non mutées à l'intérieur.

Aujourd'hui, on dispose de méthodes qui assurent la pérennité de cette originalité, voire qui transmettent la mutation à l'ensemble des cellules de la plante. Au Centre de recherche en viticulture de Glen Osmond, en Australie, Paul Boss et Mark Thomas ont prélevé des cellules de la partie supérieure de l'épave de la vigne. À cet endroit, certaines cellules portent la

mutation, d'autres en sont exemptes, et toutes ont la faculté de donner naissance à une plante entière lorsqu'elles sont cultivées dans un milieu nutritif adéquat. Les biologistes ont ainsi fait repousser deux vignes : l'une ne possédant pas la mutation (le Pinot Noir) et l'autre portant la mutation dans toutes ses cellules.

À leur stupéfaction, ils ont constaté que la vigne dont toutes les cellules portent la «mutation-champagne» est naine, et les vrilles sont remplacées par des fleurs et par des grappes (les vrilles sont ces excroissances qui aident la plante à s'agripper aux tuteurs). En somme, il s'agit d'un plant à la fois plus robuste et plus productif. La mutation correspond exactement à celle que les agronomes ont créée artificiellement dans le blé nain cultivé massivement aujourd'hui, et dont les rendements sont deux fois supérieurs à celui du blé classique.

Aurait-on trouvé une vigne qui produit plus, tout en gardant la saveur du champagne ? Si cette découverte éclaire les mécanismes des messagers chimiques à l'œuvre dans la plante (notamment les récepteurs hormonaux qui, mutés, ne reconnaissent plus l'hormone de croissance et convertissent les vrilles en fleurs), elle n'a pas révélé tous les secrets de la saveur d'un vin. Les arômes ne sont pas dus à la productivité d'un pied. Parfois, un petit nombre de grappes assure une concentration élevée en sucres, une assimilation différente des sels minéraux, et donc une plus forte influence du terroir. On a percé quelques mystères des mécanismes qui commandent la morphologie des vignes, ceux de la saveur du champagne restent entiers.



Mark Thomas

Le cépage de Pinot Meunier est un des constituants des champagnes. Les cellules de la surface des feuilles et des baies portent une mutation. Quand la mutation est présente dans toutes les cellules, les vrilles (a), qui permettent à la vigne de s'accrocher, sont remplacées par des grappes (b) ; la vigne, plus trapue, n'a plus besoin de tuteur.

Cavaliers en terre arverne

Une fosse contenant plusieurs squelettes révèle une pratique funéraire ou rituelle encore inconnue.

Une fosse rectangulaire contenant huit cavaliers, enterrés avec leurs chevaux, a été découverte sur le site de Gondole, dans le Puy-de-Dôme. Ulysse Cabezuelo, de l'Institut national de recherches archéologiques préventives, a dirigé les fouilles, entreprises avant la construction d'une portion d'autoroute qui contournera la ville de Clermont-Ferrand par le Sud-Est.

Sur le site de Gondole, à la confluence de l'Allier et de l'Auzon, se dressait autrefois l'une des trois plus importantes places fortes des Arvernes. Les deux autres, celle de Gergovie et celle de Corent, en sont éloignées de quelques kilomètres. Les archéologues ont découvert trois fosses d'inhumation, dont une seule a été fouillée. Elle se situe à 300 mètres en dehors des remparts de terre de Gondole. Les hommes et les chevaux, alignés sur deux rangées, sont couchés sur le flanc droit, le corps orienté dans la direction Nord-Sud, la tête au Sud. Les hommes sont des adultes, dont le bras gauche repose sur le squelette qui les précède, à l'exception d'un adolescent, dont la main a été placée près du visage. Aucun objet n'accompagne les squelettes, ce qui rend difficile la datation de la tombe. Elle serait contemporaine de la place forte, occupée vers le milieu du I^{er} siècle avant notre ère. La petite taille des chevaux (1,20 mètre au garrot) semble le confirmer, car à l'époque romaine, la sélection des animaux a abouti à un allongement des membres.

Qui étaient ces hommes et pourquoi ont-ils été enterrés ensemble ? Peut-être sont-ils morts lors d'un conflit entre deux cités gauloises, ou lors des affrontements qui ont opposé Gaulois et Romains (la bataille de Gergovie ne s'est déroulée qu'à deux kilomètres). De plus, de nombreux ossements d'hommes et de chevaux avaient également été découverts sur le site au XIX^e siècle. Le nombre important de morts à enterrer expliquerait peut-être que l'on n'ait pas pris le temps de creuser une tombe pour chaque victime ni d'y déposer les armes, généralement accompagnées d'offrandes alimentaires, comme cela se pratiquait du moins pour les défunts de haut rang. Toutefois, les huit squelettes récemment découverts ne portent pas de blessures apparentes.

L'inhumation pourrait aussi relever d'une pratique rituelle. La mise en scène de Gondole n'a encore jamais été observée dans d'autres sites gaulois contemporains, notamment l'association de squelettes d'hommes et de chevaux. Toutefois, les archéologues ont récemment mis au jour, sur d'autres sites, des vestiges qui témoignent de la diversité des pratiques funéraires et rituelles gauloises. Par exemple, à Ribemont-sur-Ancre, dans la Somme, au III^e siècle avant notre ère, les restes de centaines d'individus ont subi un cycle de manipulations diverses (les corps, une fois décharnés, ont été démembrés, les os longs cassés, passés au feu et déversés dans des autels creux), tandis que d'autres ont été exposés dans un enclos sacré. D'après Jean-Louis Brunaux, qui a fouillé le site, les premiers seraient les ennemis, dont les dépouilles ont été offertes aux dieux, et les seconds seraient les guerriers morts dans le camp des vainqueurs. À Gournay-sur-Aronde, dans l'Oise, à la même époque, des armes et des animaux ont séjourné dans une fosse d'exposition au centre d'un enclos sacré, avant d'être enfouis dans les fossés de l'enclos. À Acy-Romance, dans les Ardennes, au II^e siècle avant notre ère, 19 jeunes hommes ont été enterrés roulés en boule, la tête entre les pieds, tandis que trois



Ulysse Cabezuelo / Inrap 2002

Dans la fosse découverte près de Clermont-Ferrand sont associés des squelettes d'hommes et de chevaux, enterrés sans doute un peu avant notre ère.

autres ont été momifiés naturellement, puis enterrés en position assise. On évoque dans ce cas l'hypothèse de suppliciés. À Vertault, en Côte-d'Or, on a observé une grande fosse du I^{er} siècle avant notre ère, où des cadavres de chevaux et de chiens ont été exposés à plusieurs reprises. Des datations au carbone 14 devraient bientôt confirmer l'âge des squelettes de Gondole. Reste également à fouiller les deux fosses voisines. Les archéologues espèrent ainsi découvrir de nouveaux indices sur l'identité des défunts et la cause de leur mort. Ils disposent encore de quatre ans, avant que l'autoroute ne recouvre le site.

L'origine des jets galactiques

Des observations récentes montrent que les jets galactiques trouvent leur origine dans de gigantesques disques de gaz chaud gravitant autour de trous noirs supermassifs.

Les noyaux de galaxies comptent parmi les astres les plus lumineux de l'Univers. Certains d'entre eux, les quasars, sont visibles à des milliards d'années-lumière de distance. Pourtant, ces sources très énergétiques sont des objets compacts dont le diamètre ne dépasse pas quelques jours-lumière. Pour expliquer cette débauche de rayonnement à partir de systèmes aussi petits, les astrophysiciens ont imaginé que les noyaux de galaxies abritent des trous noirs gigantesques de quelques milliers à un milliard de masses solaires. Par ailleurs, la plupart de ces objets émettent d'immenses jets de gaz ionisé dans la direction de leur axe de rotation et qui peuvent atteindre un million d'années-lumière de longueur. Ces jets ainsi que le rayonnement des noyaux galactiques seraient produits par un disque de gaz et de poussière qui ceinture chaque trou noir et y déverse des tombereaux de matière. Pendant près de trois ans, une équipe internationale dirigée par Alan Marscher, de l'Institut d'astrophysique de l'Université de Boston, a surveillé la galaxie 3C120 dans plusieurs domaines de longueurs d'onde, et a confirmé cette origine commune.

Les zones boréales verdissent

Les biogéochimistes, de l'Institut Max Planck de Jena, ont montré que la masse végétale dans les régions boréales augmente. Ils ont vérifié que leurs données biologiques étaient compatibles avec les images satellitaires obtenues depuis 20 ans. Effectivement, la couverture végétale a augmenté dans les zones boréales. Aujourd'hui, le printemps s'y déclenche environ une semaine plus tôt, ce qui favorise une plus grande densité de la végétation. Cette tendance générale a toutefois été interrompue entre 1992 et 1993, après qu'une éruption du volcan philippin Pinatubo a diffusé des aérosols dans l'atmosphère, contribuant à la refroidir.

L'eau de la comète

La comète Ikeya-Zhang, découverte en février 2002, est passée au plus près de la Terre le 29 avril dernier. À cette occasion, le radiotélescope de Nançay et le satellite *Odin* ont enregistré l'émission de molécules d'eau issues de la sublimation des glaces constituant le noyau cométaire. Ces molécules ne sont pas détectables de la Terre, car le signal qui les caractérise est absorbé

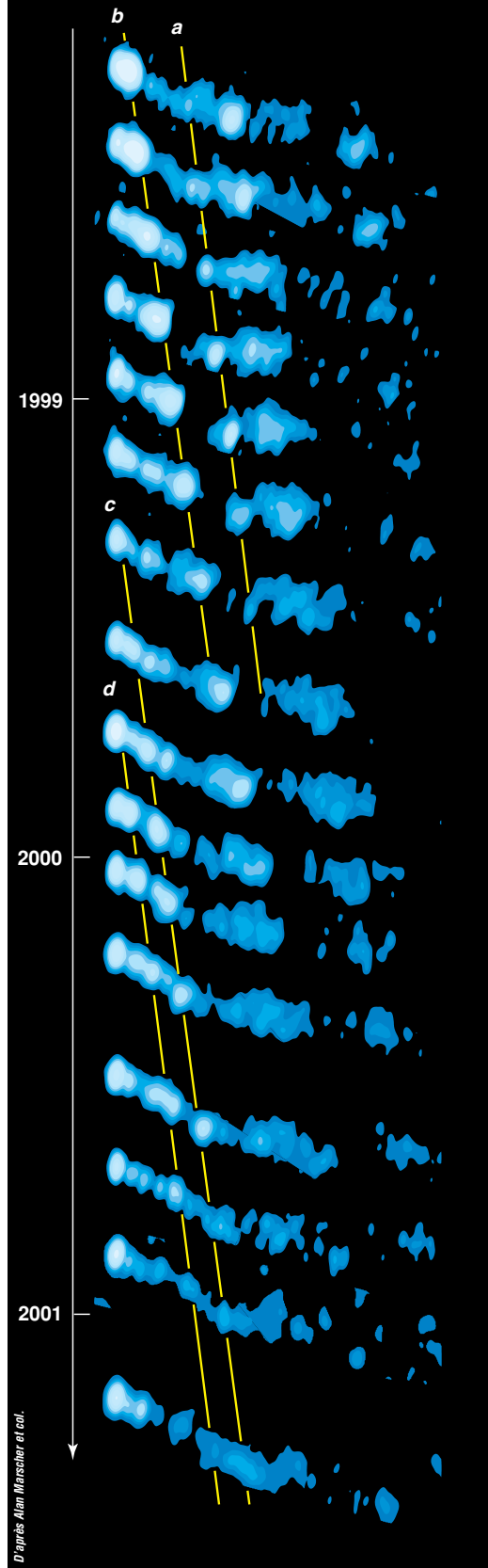
par la vapeur de l'atmosphère terrestre. Les mesures réalisées à Nançay reposaient sur l'émission radio du radical OH (produit par photo-dissociation des molécules d'eau). Elles confirment les mesures directes réalisées par *Odin* : la comète libère 2×10^{29} molécules (soit six tonnes d'eau) par seconde. Par ailleurs, le satellite a réalisé la première mesure spectrale du rapport de l'eau constituée d'oxygène 16 (l'isotope le plus courant) et de l'eau contenant de l'oxygène 18. Le résultat préliminaire est identique à celui qui fut mesuré *in situ* par la sonde *Giotto* dans la comète de Halley, et il est très proche de celui des océans terrestres.

Rhinocéros en augmentation

En 1960, on estimait le nombre des rhinocéros noirs à quelque 100 000 individus. En 1992, la population s'était effondrée à 2 400. En 2001, le nombre total des rhinocéros blancs et noirs atteignait 15 000, environ 1 500 de plus qu'en 1999. Ainsi on constate une augmentation lente, mais régulière de ces animaux. Des mesures ont été prises, notamment en Namibie et en Afrique du Sud, pour lutter contre la contrebande. De plus, la corne de buffle sert parfois de succédané, remplaçant celle de rhinocéros, par exemple pour les objets sculptés. Toutefois, la vigilance reste de mise, car, dans certaines sous-espèces, on ne dénombre plus que quelques individus.

À l'intérieur de notre Galaxie, certains trous noirs d'origine stellaire (les restes d'une étoile morte) émettent un flux intense de rayons X et présentent des jets de gaz le long de leur axe de rotation qui sont semblables – à une échelle considérablement réduite – à ceux des quasars et des noyaux actifs de galaxies. On qualifie ces trous noirs de «microquasars». Les caractéristiques des microquasars sont assez bien expliquées dans le cadre du modèle mis au point par les astrophysiciens. Selon ce modèle, le trou noir est entouré d'un disque de gaz et de poussière qui gravite à des vitesses très élevées, de sorte que la matière y est portée à d'énormes températures et émet des rayons X. Par ailleurs, ce gaz alimente les deux jets qui s'élèvent de part et d'autre du trou noir. Les mécanismes qui produisent ces jets sont encore discutés. Il se peut que les lignes de champs magnétiques attachées au plasma en rotation rapide s'enroulent fortement autour de l'axe de rotation du système et participent à la propulsion d'une partie du gaz. On pense également que le gaz tombant dans le trou noir émet un rayonnement si intense que la pression de radiation est suffisante pour sauver de l'engloutissement une petite fraction de la matière et la propulser au-dessus des pôles. Quoiqu'il en soit, l'origine commune de la matière constituant les jets et le disque a été établie par les observations, notamment celles de Félix Mirabel et de ses collègues du Service d'astrophysique du CEA. En effet, lorsque le gaz chaud franchit l'horizon du trou noir, son rayonnement s'éteint brusquement et l'on constate une courte chute d'intensité dans le flux de rayons X émis par le microquasar. Peu après, la fraction de matière arrachée au nuage de gaz englouti et propulsé vers les pôles apparaît comme un nodule brillant s'élevant le long des jets.

Bien que les noyaux de galaxies soient des dizaines de millions de fois plus grands et plus massifs que les microquasars, les astronomes espéraient que le même modèle expliquerait leurs propriétés. Toutefois, jusqu'à récemment, aucune observation ne leur montrait ce mécanisme à l'œuvre. A. Marscher et ses collègues ont surveillé le noyau de 3C120 de mars 1998 à avril 2001 dans plusieurs longueurs d'onde du domaine des rayons X à l'aide du satellite RXTE. Le jet de 3C120 était, quant à lui, observé dans le domaine radio par l'interféromètre américain VLBA. Ils ont constaté que chacune des quatre chutes d'intensité du flux X qui se sont produites sur cette période était suivie, environ 40 jours plus tard, par l'apparition d'un nodule brillant dans le jet de plasma. Cette observation importante établit que l'analogie entre microquasars et quasars est aussi pertinente qu'on l'avait espéré.



Le jet de plasma émis par le noyau de la galaxie 3C120 a été étudié pendant trois années. Sur cette image prise dans le domaine radio, on peut suivre la progression de quatre nodules de plasma éjectés à une vitesse proche de celle de la lumière par le trou noir tapi au centre de la galaxie (a, b, c et d). L'éjection de chacun de ces nodules a été précédée d'une chute d'intensité du rayonnement X émis par le disque de gaz en orbite autour du trou noir, confirmant ainsi que c'est bien la matière de ce disque qui alimente le jet.

La sieste pour la vue

Durant la sieste, le sommeil diffère de celui de la nuit, mais il suffit à restaurer certaines facultés mentales essentielles.

Après un repas plantureux et par temps chaud, se manifeste souvent le besoin impérieux d'une sieste. Sur un canapé, dans une pièce fraîche, on goûte alors la félicité d'une sieste réparatrice. Que se passe-t-il dans notre cerveau ?

Dans les premières minutes qui suivent l'assoupissement, un premier type de sommeil prend place : le sommeil à ondes lentes. Des ondes électriques de basse fréquence envahissent le cerveau. Jusqu'à présent, on pensait que ce sommeil à ondes lentes de la sieste se limitait à détendre les muscles et à stabiliser l'activité métabolique. S. Mednick et ses collègues de l'Université Harvard, à Boston, ont voulu étudier plus précisément les vertus de la sieste. Ils en ont examiné les conséquences sur les capacités d'attention au fil d'une journée. Ils ont soumis 130 étudiants de l'Université à un test cognitif. Ces derniers devaient observer un écran où étaient projetées, au centre, pendant 16 millisecondes, une lettre *L* ou *T* ; puis l'écran restait vide pendant une durée variable ; enfin des barres horizontales ou verticales apparaissaient pendant 16 millisecondes dans le coin inférieur gauche de l'écran.

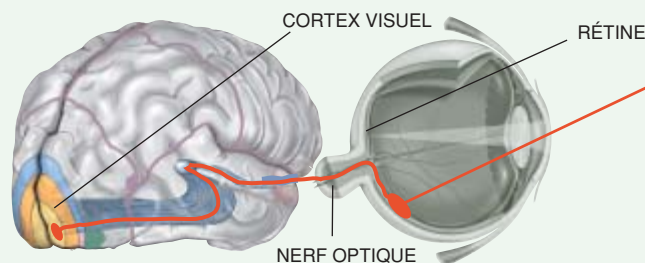
Après chaque projection, les étudiants doivent annoncer quelle lettre ils ont vue, puis si les barres étaient horizontales ou verticales. Ce test est une bonne mesure de l'état de concentration visuelle. Dans la première séance du matin, les personnes testées peuvent percevoir des informations séparées par un temps court, inférieur à 10 millisecondes. À 11 heures, des informations séparées par moins de 20 millisecondes ne sont pas analysées, et le soir... 40 millisecondes sont nécessaires. Quand ces personnes font une courte sieste, le temps de discrimination s'améliore notablement pour se rapprocher de celui du début de la matinée, et une sieste de une heure restaure un temps de perception de 10 millisecondes. L'essentiel de la récupération se fait au cours de la première demi-heure.

Le sommeil des étudiants a été analysé au moyen d'électrodes appliquées à la surface du crâne. Les mesures montrent que le sommeil à ondes lentes dure plus longtemps quand la sieste a lieu après une période de concentration visuelle. Au contraire, lors d'une sieste durant les congés, la durée du sommeil à ondes lentes est courte. Ainsi, le sommeil à ondes lentes est d'autant plus efficace que les tâches matinales ont stimulé les capacités d'attention. Il aurait peu d'effets sur la fatigue générale de l'organisme. Les biologistes sont même arrivés à une conclusion inverse : ce sont précisément les petits groupes de neurones, qui ont été sollicités lors d'une tâche d'attention visuelle, qui récupèrent le plus vite de leur fatigue.

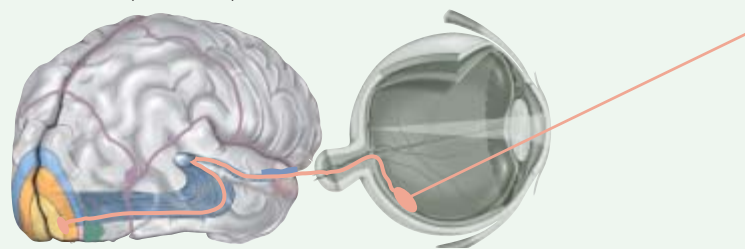
Cette notion est illustrée par une expérience très simple : lors de la dernière séance de travail, à sept heures du soir, on fait apparaître les barres horizontales, non plus dans le coin inférieur gauche de l'écran, mais dans le coin supérieur droit. Ce sont alors d'autres neurones, partant d'un autre endroit de la rétine et se projetant dans une autre zone du cerveau, qui sont mis en action. Ces neurones sont prêts pour l'exercice, même à la fin de la journée. Leur niveau de performance est identique à celui des neurones stimulés le matin. On en conclut que de petites groupes de neurones de travail sont «épuiés» par les exercices répétitifs, et ce sont ces assemblées de neurones que la sieste restaure. Cette étude a livré d'autres résultats surprenants : bien que le sommeil à ondes

lentes prédomine, on constate, chez certains sujets, l'apparition de rêves et, par conséquent, des périodes de sommeil dit paradoxal, durant les siestes courtes. Comment interpréter ce fait, et quel rôle attribuer à chaque type de sommeil ? Le sommeil entraîne des modifications physiologiques dans le cerveau, lesquelles influent à leur tour sur le psychisme. Le «repos» est la résultante de mécanismes cellulaires complexes : des hormones de croissance sont libérées pendant le sommeil, et incitent les cellules à produire des peptides réalisant un renouvellement des tissus. Cette régénération cellulaire et tissulaire se mettrait en place quand le besoin s'en fait sentir. Doit-on en conclure que l'on ne doit pas résister à la fatigue et à l'appel de la sieste ?

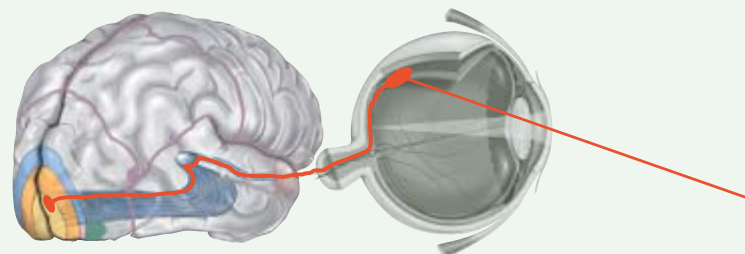
a : PERCEPTION VISUELLE NORMALE
(vers le haut)



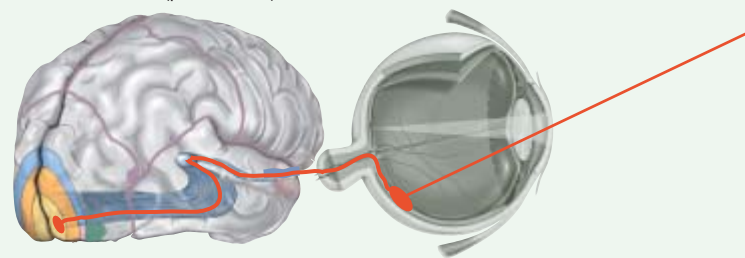
b : PERCEPTION VISUELLE DÉCLINANTE
(vers le haut)



c : RÉACTIVATION DE LA PERCEPTION VISUELLE
(par modification de la direction d'observation)



d : RÉACTIVATION DE LA PERCEPTION VISUELLE
(par la sieste)



Quand on fixe trop longtemps un même point, les mêmes voies nerveuses, de la rétine au cerveau, sont activées de façon répétitive (a), et la perception visuelle faiblit (b). On peut éviter cette fatigue en observant un autre point : l'image se projette alors en un autre endroit de la rétine et de nouvelles voies neuronales sont activées (c). On peut aussi... faire une sieste. Le sommeil permet aux neurones suractivés de «se reposer» : les performances sont restaurées (d).

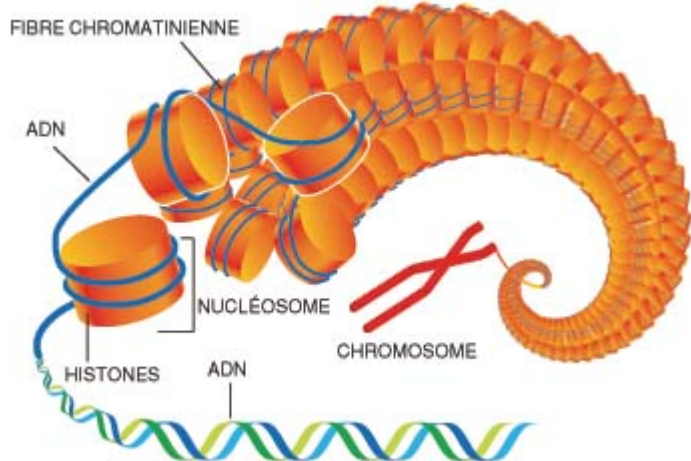
Le déroulement de l'enroulement

On a découvert une protéine qui participe à une voie inédite de l'enroulement de l'ADN dans le noyau des cellules.

Nous sommes composés d'environ 100 000 milliards de cellules et chacune contient dans son noyau un mètre d'ADN, une longue molécule qui porte les gènes : notre organisme contient ainsi 100 milliards de kilomètres d'ADN, soit l'équivalent de 600 fois la distance de la Terre au Soleil ! Ces longs filaments sont enroulés dans le noyau en chromatine. Outre la diminution de l'encombrement, cette structure confère à la cellule un moyen de contrôler l'expression des gènes, d'une part, en les laissant, ou non, accessibles aux facteurs de transcription, d'autre part, en rapprochant des séquences normalement éloignées. De nombreuses protéines, telles les histones, qui sont les protéines les plus abondantes du noyau, participent à l'enroulement de l'ADN en chromatine et l'on connaissait un unique mécanisme de cet assemblage. L'équipe de Geneviève Almouzni, de l'Institut Curie, a mis au jour une nouvelle voie d'enroulement indépendante de la précédente.

Déplions la chromatine. Le brin d'ADN s'enroule deux fois autour d'un complexe protéique composé en majorité d'histones et forme ainsi un nucléosome. Les nucléosomes se succèdent et constituent une sorte de collier de perles qui est replié à son tour en une spirale compacte nommée fibre chromatinienne. Quand la cellule se divise, ces fibres s'enroulent encore et forment les chromosomes.

Le premier mécanisme d'enroulement connu a lieu au moment de la réplication de l'ADN ou quand celui-ci est réparé, c'est-à-dire pendant deux événements où de l'ADN est synthétisé. Une protéine torique, nommée PCNA, glisse le long de l'ADN de la même façon qu'un anneau coulisse le long d'une tringle. Stoppée à l'extrémité du brin d'ADN en cours de synthèse, PCNA se lie à la protéine CAF1 associée au préalable à des histones. L'ADN s'enroule alors autour de ces dernières avant que les protéines CAF1 et PCNA, qui jouent le rôle de guide, ne soient libérées. Le mécanisme se répète et l'ADN est enroulé à mesure de sa synthèse.



Dans le noyau d'une cellule, la longue molécule d'ADN est agencée selon une organisation complexe. D'abord, elle s'enroule deux fois autour d'un groupe de protéines nommées histones : cette association est un nucléosome. Les nucléosomes forment une sorte de « collier de perles » qui s'enroule à son tour en une spirale nommée fibre chromatinienne. Enfin, pendant certaines phases de la vie cellulaire, cette fibre se condense encore pour constituer un chromosome.

Les biologistes ont identifié une nouvelle protéine, nommée HIRA, dont on connaissait l'affinité pour les histones sans autre précision. Dans une première étape, ils ont montré que la protéine HIRA, en présence d'histones et d'un fragment d'ADN, favorise *in vitro* la formation de nucléosomes. Ensuite, ils ont étudié l'apparition des nucléosomes dans un œuf de xénope, une grenouille d'Afrique du Sud : en l'absence de la protéine HIRA, seul l'ADN nouvellement synthétisé s'assemble en nucléosomes (fonction assurée par CAF1 et PCNA). Ainsi, cette protéine participe à l'enroulement de l'ADN selon une voie différente de celle où interviennent les protéines CAF1 et PCNA. La protéine HIRA résulterait de la fusion de deux protéines, HIR1 et HIR2, qui, chez la levure, influent sur la synthèse d'histones avec lesquelles elles interagissent. Ainsi, au moins deux mécanismes d'enroulement coexistent dans les cellules.

La ligne mentale des nombres

Dans notre esprit, les nombres sont disposés le long d'une ligne qui va de la gauche vers la droite.

Nous pensons tous comme Einstein. Interrogé sur la façon dont il raisonnait, le père de la relativité répondait que les mots ne jouaient aucun rôle dans ses pensées, au contraire de certaines images plus ou moins claires qui semblaient matérialiser des concepts. De même, de nombreux mathématiciens déclarent utiliser des représentations spatiales, en particulier pour les nombres, qu'ils se représentent non pas comme des êtres abstraits, mais comme des points de l'espace. Selon une étude de psychologues italiens, cette méthode n'est pas propre aux mathématiciens : même si nous n'en avons pas conscience, nous pensons les nombres en termes de points ordonnés sur une ligne droite.

Plusieurs indices suggèrent que nous utilisons des représentations spatiales pour les nombres. Notamment, lorsqu'on demande à un individu de lever la main gauche ou la main droite selon qu'un nombre est pair ou impair, il réagit plus rapidement de la main gauche pour les petits nombres (de 1 à 6), et de la main droite pour les plus grands. Ainsi, les petits nombres sont plus accessibles à la partie droite du cerveau, qui gouverne le circuit moteur gauche, et inversement pour les grands nombres. Comme si les nombres étaient disposés sur une ligne, devant nous (les petits nombres étant à gauche et les grands à droite), et que nous devions les saisir physiquement pour les manipuler mentalement.

Y a-t-il une part de vérité dans cette image ? Pour y répondre, Marco Zorzi et ses collègues du Département de psychologie générale de l'Université de Padoue ont travaillé avec des malades atteints d'héminégligence, une déficience de la perception gauche-droite due à une lésion d'un des hémisphères du cerveau. Les individus souffrant d'héminégligence privilégient l'un des côtés des personnes ou des objets qu'ils rencontrent, et négligent l'autre : ils ne se rasent qu'un côté du visage, n'habillent qu'une partie de leur corps... Quand on leur demande de trouver le milieu d'un segment, ils le placent trop à gauche ou trop à droite.

Les psychologues italiens ont soumis les malades à l'analogie mentale de cette dernière expérience. Ils leur ont demandé de déterminer la valeur centrale d'intervalles : 2 pour l'intervalle 1-3, 3 pour 1-5, etc. Alors que des sujets sains répondent convenablement dans tous les cas, les malades trou-



vent toujours des valeurs décalées par rapport au milieu : inférieures pour les intervalles courts (par exemple, 2 pour l'intervalle 1-5), et supérieures pour les longs intervalles. En fait, le résultat est d'autant plus décalé vers les grands nombres que l'intervalle est grand.

Ainsi, les patients atteints d'hémiparésie ne trouvent pas la juste valeur centrale, car leur système de repérage gauche-droite est défectueux. Il existe bien une autre maladie, l'acalculie pariétale, qui entrave elle aussi la localisation du milieu d'un segment, mais les patients qui en sont atteints éprouvent des difficultés à calculer, ce qui n'est pas le cas des patients hémiparésiques.

Cette étude prouverait que nous nous représentons inconsciemment les nombres sur une ligne orientée de la gauche vers la droite. Selon les psychologues, en utilisant consciemment ce mode de pensée, on exploiterait pleinement les capacités du cerveau en matière de calcul. C'est peut-être en procédant ainsi que certains mathématiciens jonglent si bien avec les nombres.

L'invention de la pierre taillée

Les éclats de pierre produits par les chimpanzés ressemblent à ceux des premiers hominidés.

Les chimpanzés sont les seuls animaux, avec l'homme, à utiliser des outils divers de façon régulière. Dans la forêt africaine, ils se servent de 42 types d'outils pour casser des noix, creuser le sol, aller à la pêche aux termites, chasser les mouches... On étudie leur comportement pour essayer de reconstituer comment nos ancêtres ont inventé leurs premiers outils. Deux archéologues de l'Université Georges Washington, aux États-Unis, et le primatologue Christophe Boesch, de l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutive, en Allemagne, sont allés plus loin dans cette démarche : ils ont fouillé un «site archéologique», qui avait été occupé par des chimpanzés pendant plusieurs années. Puis, ils ont comparé les vestiges exhumés à ceux issus de sites archéologiques occupés par des australopithèques, il y a 2,5 millions d'années.

Le site fouillé se trouve dans le Parc national de Taï, en Côte d'Ivoire. Il est au cœur de la forêt tropicale, à l'intérieur de l'un des méandres d'une petite rivière. Là, les chimpanzés cassaient une espèce de noix très dure, nommée *Panda oleosa*. En 1996, à la mort de l'arbre qui fournissait les noix, les chimpanzés ont abandonné le site, mais Ch. Boesch les y avait observés depuis 1975. Les chimpanzés utilisent les racines des arbres comme enclumes et des pierres de 3 à 15 kilogrammes (du granite, de la latérite, de la diorite, du quartz, du feldspath) comme marteau. Ils les ramassent aux alentours, à deux kilomètres à la ronde, puis les rapportent sur leur «lieu de travail». Un chimpanzé casse jusqu'à 100 noix par jour de février à août, et un jeune met sept ans à apprendre cette technique.

Les archéologues ont mis au jour six enclumes, 40 kilogrammes de coquilles de noix et quatre kilogrammes d'éclats de pierre, qui se sont détachés des «marteaux» lithiques lors de leur utilisation répétée. Ils ont comparé ces éclats obtenus par hasard aux pierres intentionnellement taillées par les australopithèques, dans des sites de la Vallée de l'Olduvai, en Tanzanie : ces deux groupes se caractérisent par une gamme de tailles et de paramètres morphologiques similaires. Les différentes sortes d'éclats, classés selon la typologie établie

sur des sites archéologiques classiques, sont présentes en proportions similaires, ainsi que les pierres plates ; la densité des éclats par mètre carré et les dimensions des amas de pierre sont voisines. On en déduit que certains sites archéologiques de l'Olduvai auraient été des sites de cassage de noix. Les australopithèques auraient d'abord utilisé comme outils des éclats de pierre produits accidentellement, puis ils auraient essayé de les reproduire intentionnellement.

Ainsi, les activités des chimpanzés laissent des traces archéologiques détectables, qui devraient permettre d'étudier le développement de la culture des chimpanzés et des hominidés et de répondre à plusieurs questions encore ouvertes : le comportement lié au cassage des noix est-il ancien ? Les chimpanzés et les humains ont-ils hérité d'une culture commune dans ce domaine ou bien l'ont-ils acquise séparément ? Les chimpanzés sont-ils sur le point de tailler leurs premières pierres ?



Dans la forêt de Taï, en Côte d'Ivoire, les chimpanzés cassent des noix (*Panda Oleosa*) avec des pierres.

L'énergie de l'air

Les manchots utilisent l'air de leur système respiratoire et celui que contient leur plumage pour améliorer leur flottaison et leurs performances en plongée.

Friands de poissons, les manchots royaux plongent jusqu'à 300 mètres de profondeur pour capturer leurs proies. Longtemps inaccessibles, les prouesses sous-marines de ces oiseaux sont depuis peu révélées par des appareils enregistreurs miniatures fixés sur ces animaux et qui transmettent des informations sur leur profondeur, leur vitesse ou leurs accélérations. Par exemple, on a récemment découvert qu'en plongée, la température corporelle des manchots royaux diminue dans les organes qui ne sont pas sollicités par la locomotion : ils restent en apnée huit minutes alors que le volume de leurs poumons n'autorise, en théorie, que quatre minutes. L'équipe d'Yvon Le Maho, du Centre d'écologie et de physiologie énergétiques de Strasbourg, en collaboration avec celle de Katsufumi Sato, de l'Institut polaire japonais, a utilisé de tels appareils pour mettre en évidence le déroulement des plongées et pour révéler le rôle de l'air emprisonné dans les poumons et dans le plumage.

Les manchots descendent vers les profondeurs à une vitesse de deux mètres par seconde en battant vigoureusement des ailerons. Ils doivent lutter contre la poussée d'Archimède qui tend à les faire remonter en surface : l'air emmagasiné augmente leur flottaison. À mesure de la descente, la pression de l'eau environnante augmente : le volume de l'air emprisonné diminue, augmentant la densité de l'animal jusqu'à ce que la poussée d'Archimède soit compensée. Au-dessous d'un certain palier, la descente continue passivement sans battement d'ailerons. Les battements ne reprennent qu'au moment de la chasse quand les manchots poursuivent leurs proies.

La chasse terminée ou bien l'oxygène épuisé, les manchots remontent vers la surface. La première partie de cette remontée nécessite des battements pour rejoindre la profondeur où la poussée d'Archimède est suffisante pour qu'ils remontent sans effort, soit environ -135 mètres pour les manchots royaux et -73 mètres pour les manchots Adélie. Au-dessus de cette profondeur critique, l'air qui est resté dans leurs poumons ou qui est emprisonné dans les plumes les aide à remonter sans qu'ils aient à mouvoir leurs ailerons. Si la première partie de la remontée est verticale, la seconde partie de l'ascension – passive – est inclinée, et ils remontent plus len-

tement qu'au début. Ce comportement éviterait les accidents de décompression, qui peuvent se produire quand les plongées sont rapprochées, comme cela a lieu, par exemple, chez les pêcheurs de perles qui plongent en apnée.

Les biologistes ont calculé que, chez les manchots royaux et chez les manchots Adélie, l'air enfermé dans le système respiratoire ou sous le plumage favorise la remontée passive et économise l'énergie des animaux qui, ainsi, peuvent rester plus longtemps immergés que s'ils devaient consommer de l'énergie pour la remontée. Les appareils enregistreurs ont révélé que plus les oiseaux plongent profondément, plus la remontée passive commence tôt (les battements d'ailerons s'arrêtent tôt lors de la remontée) : on peut en déduire qu'ils adaptent la profondeur de leur plongée à la quantité d'air emmagasiné et qui servira à la remontée passive. Ces observations indiquent que les manchots adaptent leur flottaison aux performances requises, c'est-à-dire à la durée et à la profondeur de la plongée en apnée.

Oxygène en orbite

Un satellite d'observation de la magnétosphère a révélé qu'un immense nuage d'atomes ionisés entoure la Terre lors des orages magnétiques.

A chaque tempête solaire, le Soleil pare la chevelure magnétique de la Terre d'une couronne d'oxygène. Le satellite IMAGE, lancé il y a deux ans par la NASA afin d'étudier la magnétosphère terrestre, a été témoin du phénomène et a pris la première photographie complète de cette couronne. L'ampleur du phénomène – la couronne entoure toute la planète – confirme le rôle de l'atmosphère terrestre dans les orages magnétiques.

Les atomes d'oxygène concernés, qui proviennent de la plus haute couche de l'atmosphère, l'ionosphère, sont en quelque sorte expulsés de l'atmosphère par le vent solaire, ce flux permanent de particules venant du Soleil et constitué essentiellement d'électrons, de protons et d'atomes d'hélium ionisés. À proximité de la Terre, le vent solaire est dévié par le champ magnétique terrestre et circule en spirale autour des lignes de champ. Quand il pénètre dans l'ionosphère, ce courant de particules chauffe l'atmosphère. Lors d'une tempête solaire, le vent solaire est brusquement plus dense ou plus rapide. L'échauffement est alors si important que des atomes d'oxygène de l'ionosphère sont éjectés dans l'espace.

Une fois éjectés de l'ionosphère, les atomes d'oxygène ne sont plus excités par le courant de particules et n'émettent pas de lumière. Comment peut-on alors les détecter ? Les précédentes sondes embarquées à bord de satellites les récoltaient sur leur passage. Le satellite IMAGE a pu observer le phénomène dans sa globalité en détectant les atomes d'oxygène après leur interaction avec le peu d'atmosphère neutre présente à cette altitude. Dans l'ionosphère, les atomes d'oxygène sont présents sous forme d'ions O^+ . Après leur éjection due au chauffage, ils rencontrent des atomes neutres de l'atmosphère ou des ions du vent solaire. Quand les ions oxygène captent un électron, ils se neutralisent et sont, dès lors, insensibles au champ magnétique terrestre : ils suivent une trajectoire rectiligne. Un satellite rencontre ainsi des atomes neutres d'oxygène qui proviennent de toutes les régions emplies par les ions originaires de l'ionosphère. En analysant les trajectoires des atomes recueillis par IMAGE, les physiciens ont trouvé la région dont ils proviennent et ont cartographié la répartition des atomes : comme le



Nicolas Chatelein

Les manchots adaptent leur flottaison grâce à l'air présent dans leurs poumons et à celui qui est emprisonné dans leur plumage (on voit ici des bulles d'air s'échapper du plumage).