

L'ecstasy

La drogue entraîne une élévation parfois mortelle de la température corporelle.

Cette substance est apparue sur le marché de la drogue, il y a une dizaine d'années, et le nombre de consommateurs augmente (25 000 personnes auraient déjà consommé cette drogue, en France, 500 000 en Grande-Bretagne). Elle est responsable d'intoxications aiguës et d'hyperthermie, c'est-à-dire d'une augmentation de la température qui dépasse, parfois, les limites compatibles avec la vie.

L'ecstasy est un dérivé de l'amphétamine qui entraîne un fort désir de se lier à autrui. La réduction des inhibitions sociales libèrent l'expression des sentiments et de l'émotivité. L'ecstasy a été qualifiée de «pilule de l'amour», bien qu'elle inhibe les capacités sexuelles. Comme tous les dérivés de l'amphétamine, l'ecstasy augmente la vigilance, améliore l'humeur et donne l'impression d'avoir une énergie musculaire décuplée : les consommateurs dansent pendant des heures.

Elle est généralement consommée lors des soirées rave (du verbe anglais délirer) : des centaines d'adolescents se rassemblent dans des bâtiments désaffectés pour danser toute la nuit au rythme des décibels. L'ecstasy est volontiers associée à d'autres produits tels que l'amphétamine, la cocaïne ou le LSD, mais jamais à l'alcool qui en inhibe les effets.

Outre les effets recherchés, l'ecstasy entraîne de nombreux effets indésirables : une hypertension, des troubles du sommeil, une perte de l'appétit, une agitation accompagnée de douleurs musculaires et de tremblements, une contraction des mâchoires, une sudation abondante...

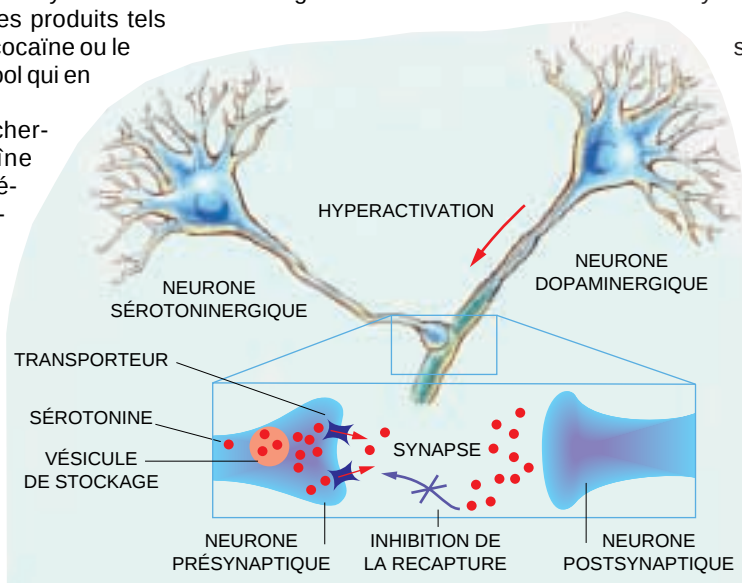
De surcroît, la consommation de la drogue déclenche une forte augmentation de la température corporelle. L'hyperthermie peut atteindre des valeurs extrêmes (au-delà de 42 °C). Les études chez l'animal

ont montré que cette augmentation est d'autant plus forte que la température extérieure est élevée, l'atmosphère confinée, l'environnement bruyant et l'animal déshydraté. Ainsi, l'hyperthermie serait favorisée par les conditions extrêmes qui règnent dans les soirées rave.

ECSTASY, SÉROTONINE ET DOPAMINE

Les études chez l'animal montrent que l'hyperthermie et les troubles comportementaux résultent de l'hyperactivité des neurones qui libèrent la sérotonine, les neurones sérotoninergiques. Ces neurones qui participent à divers mécanismes physiologiques, tels le sommeil, l'agressivité, l'anxiété, l'humeur, ou encore les comportements alimentaires et sexuels, commandent aussi la régulation de la température corporelle.

Les personnes qui succombent à une prise d'ecstasy ne meurent pas directement de l'hyperthermie, mais de ses conséquences, notamment de la coagulation du sang dans de nombreux vaisseaux, et d'une insuffisance rénale aiguë.



En présence d'ecstasy, les neurones sérotoninergiques libèrent tout leur stock de sérotonine ; les transporteurs déversent le neuromédiateur vers l'extérieur, au lieu d'en assurer la recapture, c'est-à-dire le stockage dans le neurone présynaptique. L'accumulation de sérotonine dans la fente synaptique est responsable de l'hyperactivation du système dopaminergique, le système du plaisir et de la récompense.

Comment l'ecstasy déclenche-t-elle ses effets euphorisants ? La plupart des drogues, telles que l'héroïne, la cocaïne, l'amphétamine, mais aussi la nicotine et sans doute l'alcool, agissent directement sur le système dopaminergique, le système de la récompense et du plaisir. Contrairement à ces drogues, l'ecstasy agit d'abord, nous l'avons souligné, sur les neurones sérotoninergiques, dont l'activation aboutit, *in fine*, à celle des neurones dopaminergiques.

Les neurones stimulés libèrent les neuromédiateurs dans la fente synaptique, l'espace qui sépare deux neurones. Les neuromédiateurs libérés activent les neurones postsynaptiques qui transmettent les signaux.

Normalement, les concentrations en neuromédiateurs sont contrôlées par divers mécanismes qui les maintiennent constantes. Les neuromédiateurs sont recaptés par les neurones présynaptiques et stockés dans des vésicules. Des «transporteurs», des molécules qui sont localisées sur la membrane neuronale, assurent cette recapture.

L'équilibre est perturbé par l'ecstasy qui, d'une part, entrave la recapture et, d'autre part, entraîne la libération massive des vésicules qui se vident de leur contenu. Les neuromédiateurs sont alors déversés dans la fente synaptique par les transporteurs qui inversent leur fonction : au lieu de conduire les neuromédiateurs de l'extérieur du neurone vers l'intérieur, ils les relarguent dans la fente synaptique.

Le déséquilibre du système sérotoninergique entraîne celui du système dopaminergique qui subit également une inhibition de la recapture et une inversion du transporteur. Les concentrations en sérotonine et en dopamine augmentent notablement dans le cerveau, ce qui explique l'hyperactivité du système dopaminergique.

À long terme, chez le singe, on constate une dégénérescence de certains neurones sérotoninergiques ; les autres subissent des réarrangements anormaux de leurs terminaisons. Les neuropathologistes recherchent si ces anomalies, observées chez le singe, surviennent également chez l'homme.

Sylvain PIROT, Association pour la neuro-psychopharmacologie, Paris

Poisson-éléphant

Il a un cerveau très gourmand en oxygène, peut-être en raison de son système, très élaboré, de réception et d'analyse des signaux électriques.

Le poisson-éléphant ou *Gnathonemus petersii* vit dans les eaux douces des rivières et des lacs d'Afrique tropicale, mais s'adapte aisément en aquarium. Ce petit poisson électrique est caractérisé par un prolongement mentonnier – une sorte de trompe – qu'il utilise pour chercher sa nourriture. Or, Göran Nilsson, à l'Université d'Uppsala, a découvert que le cerveau de ce poisson consomme proportionnellement plus d'oxygène que le cerveau humain.

La consommation d'oxygène du cerveau d'un vertébré est comprise entre deux et huit pour cent de l'oxygène absorbé ; elle atteint 11 à 13 pour cent chez certains primates ; l'homme détenait le record avec 20 pour cent, mais *Gnathonemus petersii* est inégalable : son cerveau consomme près de 60 pour cent de l'oxygène total absorbé !

Pourquoi cette «gourmandise» en oxygène ? G. Nilsson l'attribue à la taille exceptionnelle du cerveau qui représente environ 3,1 pour cent du poids total du poisson (celui de l'homme représente 2,3 pour cent et celui d'un poisson «standard» un pour cent au plus) – et à sa très grande vascularisation. Par ailleurs, le

cervelet, anormalement développé par rapport à celui des autres poissons électriques, pourrait aussi être responsable de la surconsommation d'oxygène. Enfin, ce poisson est doté d'un système de traitement des informations électriques très élaboré.

Gnathonemus petersii est pourvu d'un organe électrique, placé près de la queue et dont les cellules, les électrocytes, émettent de l'électricité. Sous le contrôle d'un centre «rythmeur», situé à l'arrière du cerveau, cet organe produit de brèves impulsions de fréquence variable, qui permettent aux poissons de communiquer entre eux ou de s'orienter.

Quelles sont les particularités de l'activité électrique du poisson-éléphant ? L'équipe de Kirsty Grant, à l'Institut Alfred Fessard, du CNRS à Gif-sur-Yvette, s'intéresse aux mécanismes de la perception et a étudié les circuits électro-sensoriels du cerveau de *Gnathonemus petersii*. Les poissons de la famille des mormyridés, à laquelle il appartient, ont trois types d'électrorécepteurs cutanés : les organes ampoulaire, sensibles aux ondes électriques de basse fréquence qu'engendre tout mouvement en milieu aquatique ; les knollenorganes,

qui servent à la communication ; les mormyromastes qui, à la façon des radars, sont utilisés pour la navigation.

SENS ÉLECTRIQUE

Lorsque le centre rythmeur émet des ordres de décharge le long de la moelle épinière jusqu'aux électromotoneurones, ces derniers excitent les électrocytes et provoquent la décharge de l'organe électrique. Le champ créé autour du poisson est déformé par les obstacles dont la conductivité diffère de celle de l'eau ; ces signaux électriques, modulés par l'environnement, sont captés par les récepteurs cutanés, lesquels donnent au cerveau une représentation de la forme du champ extérieur.

Quelles qu'elles soient, les informations sensorielles utiles doivent être distinguées du bruit de fond ambiant. Pour discerner ses propres signaux de ceux d'autrui, le poisson-éléphant se sert d'un «sens électrique», un système sensoriel qui filtre les messages perçus.

Simultanément au signal émis dans la moelle, le générateur cérébral en transmet une copie vers le cerveau : ce double de l'ordre moteur, nommé décharge corollaire, informe les centres sensoriels cérébraux du poisson de sa propre émission électrique et de l'arrivée imminente d'un signal en retour. En comparant le signal émis et le signal reçu, le poisson sélectionne les informations utiles.

Le sens électrique de *Gnathonemus petersii* fonctionne grâce à ces deux circuits indépendants. Le principe de l'analyse des signaux est similaire pour les trois types d'électrorécepteurs, mais la décharge corollaire est traitée différemment : lorsque le poisson «converse» avec ses congénères, la décharge corollaire masque les émissions du poisson, lequel est comme sourd à sa propre décharge, pendant de brefs instants ; lorsqu'il observe, immobile, les alentours, le système de traitement des informations de *Gnathonemus petersii* fait la soustraction de l'image réémise par l'environnement et de la décharge corollaire, détectant ainsi tout mouvement étranger ; enfin, lorsqu'il se déplace, le poisson-éléphant amplifie le signal en retour, afin de mieux percevoir toute perturbation de son propre champ.

Tout en mémorisant des images de référence, *Gnathonemus petersii* s'adapte instantanément à un environnement changeant. Les chercheurs de Gif-sur-Yvette étudient comment se font ces ajustements «dynamiques» des filtres neuronaux.

Marie-Thérèse LANDOUSY



Gnathonemus petersii, le poisson-éléphant, a un cerveau qui consomme beaucoup d'oxygène.

Les adaptations des Sherpas

Les Sherpas optimisent la fabrication de l'énergie dans leurs muscles.

En 1875 à bord d'une montgolfière qui atteint l'altitude record de 8 600 mètres, Eustache Crocé-Spinelli et Théodore Sivel meurent d'une syncope due à la diminution de l'oxygène dans l'organisme. Aujourd'hui, en grim pant plus progressivement, l'homme résiste au manque d'oxygène. Cependant, tous les alpinistes ne s'adaptent pas de la même façon : Peter Hochachka et ses collègues de l'Université de Vancouver ont montré que le cœur des Sherpas, peuple montagnard du Népal, utilisaient l'oxygène de manière plus efficace que les natifs de basse altitude.

Lors de l'effort, la contraction des fibres musculaires est assurée principalement par la dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP), le carburant des muscles. Or, l'organisme ne dispose que d'une petite réserve d'ATP. Deux métabolismes, contrôlés par des enzymes, fabriquent ce carburant : le métabolisme anaérobie et le métabolisme aérobie. Le premier mécanisme fabrique de l'ATP en l'absence d'oxygène par dégradation du glucose (glycolyse anaérobie). L'acide lactique, produit final de ce mécanisme biochimique, inhibe l'activité des enzymes responsables de la glycolyse, limitant la production de l'ATP.

Durant les efforts longs, l'ATP est surtout fabriquée par le métabolisme aérobie. Les glucides et les lipides y sont dégradés pour former de l'ATP. La capacité de cette transformation, mesurée par la consommation maximale d'oxygène, est limitée en altitude : à 8 800 mètres, la pression partielle en oxygène est trois fois inférieure à sa valeur au niveau de la mer.

Les performances physiologiques des Sherpas sont supérieures à celles des alpinistes. Les Sherpas ont une plus grande capacité de travail pour une même consommation limitée d'oxygène. De plus, ils produisent moins d'acide lactique pour une même puissance développée. Ces paradoxes traduisent une adaptation

structurelle et fonctionnelle des cellules des muscles.

La structure des muscles des Sherpas a été comparée à celle de sujets caucasiens après un séjour en altitude : le type et l'organisation des fibres sont identiques. En revanche, l'activité enzymatique des fibres musculaires explique pourquoi ces populations peuvent porter de lourds fardeaux sur les sentiers himalayens. En étudiant l'activité des enzymes présentes dans le muscle, on constate une diminution de l'activité de la pyruvate kinase, une enzyme qui intervient dans la glycolyse anaérobie, et de la lactate déshydrogénase enzyme qui forme ensuite l'acide lactique. De plus l'activité de l'enzyme citrate synthase qui contrôle la glycolyse aérobie est également diminuée. À quoi est due l'endurance exceptionnelle des Sherpas si leurs capacités aérobies et anaérobies sont inférieures ?



Ces Sherpas, marchant en altitude, utilisent de faibles quantités d'oxygène plus efficacement que les alpinistes.

L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION D'ATP

P. Hochachka et ses collègues ont montré que les cellules musculaires des Sherpas optimisaient la production d'énergie musculaire. L'optimisation peut se faire de trois manières : par augmentation de la production d'ATP par quantité de glucide ou de lipide dégradé, par optimisation de la production d'ATP par molécule d'oxygène consommée et par augmentation du travail musculaire par molécule d'ATP consommée.

La baisse de l'activité de la lactate déshydrogénase confirme le premier point : pour chaque molécule de glucose oxydée, la formation d'acide lactique est diminuée chez les Sherpas et, ainsi, la fabrication d'ATP se fait préférentiellement par la voie aérobie. Celle-ci est plus efficace car chaque molécule de glucose fournit 36 molécules d'ATP, alors que la dégradation par la voie anaérobie n'est pas complète et ne produit que trois molécules d'ATP.

Le second point vient d'être également confirmé par cette même équipe, qui a étudié le métabolisme musculaire cardiaque de Sherpas par tomographie en émission de positons. Cette étude a montré que le cœur des Sherpas utilise préférentiellement le glucose plutôt que les acides gras libres. Or, le rendement, par molécule d'oxygène, de la glycolyse aérobie est supérieur à celui de la dégradation des acides gras (la lipolyse) : par rapport aux muscles des natifs de basse altitude, les muscles des Sherpas produisent entre 25 et 60 pour cent d'ATP en plus pour chaque molécule d'oxygène consommée.

Cette modification serait un critère d'adaptation à l'altitude d'origine probablement génétique, puisque le cœur des Sherpas utilise plus de glucose non seulement en altitude, mais également plusieurs semaines après un séjour au niveau de la mer. Les Sherpas produisent donc plus d'ATP avec une moindre production d'acide lactique, bien que leurs capacités maximales aérobies et anaérobies soient diminuées. D'autres études seront nécessaires pour savoir si le rendement musculaire (augmentation du travail musculaire par molécule d'ATP consommée) est accru dans cette population.

G. SAVOUREY et J. BITTEL
Centre de recherches du Service de santé des armées, Grenoble

JEU-CONCOURS

N°25

PIERRE TOUGNE

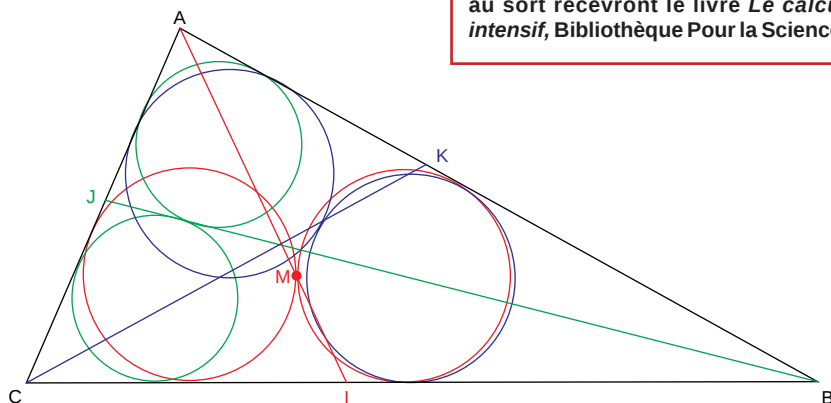
DROITES CONCOURANTES DU TRIANGLE

Jusque dans les années 1960, avant l'arrivée des mathématiques modernes, les propriétés du triangle jouaient un grand rôle dans l'enseignement des mathématiques. Peut-être exagéré, car un livre était paru sur les 273 propriétés du triangle... Pourquoi ce chiffre 273? Pour rappeler les propriétés du zéro absolu?

Nous vous proposons ce mois un problème désuet sur le triangle. Dans un triangle ABC , on trace deux cercles égaux (en rouge), le premier étant tangent aux cotés AB et BC et l'autre aux cotés

AC et BC , ces deux cercles étant, de plus, tangents entre eux, au point M . On trace AM . On effectue la même opération pour les cercles verts et bleus, et l'on trace les droites CK et BJ , passant par les points de contact des paires de cercles. Démontrez que ces trois droites sont concourantes.

Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de juillet 1996, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Le calcul intensif*, Bibliothèque Pour la Science.



RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°23

Si a et b désignent respectivement les chiffres des dizaines et des unités d'un nombre, son carré se terminera comme le carré de $10a + b$, c'est-à-dire comme $100a^2 + 20ab + b^2$. Donc ses deux derniers chiffres seront ceux de $b(10a + b)$ mod 100 (reste après division par 100).

On doit donc résoudre $b(200 + b) \equiv 11x \pmod{100}$ avec $x = 0, 1, 4, 5, 6, 9$ (seuls chiffres terminant un carré). Il est facile de voir qu'il n'y a de solution que pour $x = 4$ et que les terminaisons possibles sont 0, 12, 38, 62 et 88. Les nombreux lecteurs qui ont résolu le problème seront peut-être fiers de savoir que s'ils l'avaient fait en 1871, leur nom serait apparu dans la monumentale histoire de la théorie des nombres d'Eugène Dickson (1919)!

Pour la deuxième question, rectifions d'abord trois «coquilles» : le dernier nombre entier de 1 à 100 par ordre alphabétique est 23 et non 0, dans la liste en chiffres romains : il faut glisser CCCIC entre CCCI et CCCII, enfin le premier nombre impair par ordre alphabétique est cent billions cent cinq. Pour trouver le premier cube par ordre alphabétique, on remarque que les candidats doivent commencer par cent billions puis cent ou cinq ou cinquante, etc. Les cubes croissants très vite, on trouve rapidement que ce nombre est $100\,155\,921\,984\,000 = (46\,440)^3$, soit cent billions cent cinquante cinq milliards neuf cent vingt et un million neuf cent quatre vingt quatre mille (ouf!). En chiffres romains, un lecteur me fait remarquer qu'il faut aller chercher bien moins loin, soit $343 = 7^3$, c'est-à-dire CCCXLIII.

Écriture ancienne

Des inscriptions en linéaire A retrouvées en Turquie.

Toutes les langues disparues n'ont pas trouvé leur pierre de Rosette. C'est notamment le cas du linéaire A découvert par l'archéologue britannique Arthur Evans, au début du siècle, à Cnossos, en Crète. Des vestiges similaires viennent d'être mis au jour en Turquie.

Evans avait fait ressortir de terre le palais de Cnossos, en Crète, et y avait trouvé de nombreuses tablettes d'argile couvertes d'inscriptions mystérieuses, qu'il dénomma le linéaire A et le linéaire B. Pendant 20 ans, il tenta en vain, avec ses collègues, de décrypter ces tablettes. En 1952, un jeune architecte britannique, Michael Ventris, décoda le linéaire B, et conclut que ce langage était un grec archaïque. En revanche, le linéaire A, plus ancien et moins bien conservé, semblait d'une origine différente, inconnue.

Certains archéologues pensent que le linéaire A était la langue des Hittites



Des poteries minoennes ont été découvertes en Turquie. Les inscriptions (en haut) sont en linéaire A. Elles ressemblent à celles découvertes en Crète, vers 1900. Les Minoens de Crète étaient peut-être originaires de Turquie.

qui, il y a 4 000 ans, dominaient le territoire correspondant aujourd'hui à la Turquie. Selon d'autres, les symboles du linéaire A représenteraient des mots sémitiques. Enfin, le mystérieux dialecte des Minoens n'est peut-être lié à aucun des langages connus.

On ignore quasiment tout de l'origine et de l'expansion de la civilisation minoenne, si bien que les découvertes récentes de Wolf-Dietrich Niemeier, de l'Université de Heidelberg, ont particulièrement intéressé les archéologues : il a mis au jour, en Turquie, des vestiges minoens qui portent des inscriptions en linéaire A. La connexion entre les anciens habitants de la Crète et ceux du continent, à l'Est de l'île, semble établie. Les Minoens étaient-ils originaires de la Turquie, à l'Est de la Crète ?

UN EMPIRE MARITIME ?

W.-D. Niemeier a commencé à travailler sur les ruines de Milet, en 1994. Il a continué les fouilles entreprises par des équipes allemandes au cours des années 1950 et 1960. Il a installé de puissantes pompes pour évacuer l'eau qui recouvrait les vestiges ; cela lui a permis d'atteindre des couches encore plus profondes que ses prédécesseurs. Quand il découvrit un vestige portant des inscriptions en linéaire A, au cours de sa première campagne de fouille, il ne mesura pas l'importance de sa découverte. Il songea qu'il s'agissait de graffitis sans signification.

La deuxième année, deux nouvelles pièces, qui portaient des inscriptions similaires, furent extraites. Il reconnut alors qu'elles étaient en linéaire A. La pièce découverte l'année précédente s'adaptait parfaitement à ces deux nouveaux fragments. Les trois fragments portent trois inscriptions, ce qui est insuffisant pour progresser dans le décodage de cette écriture.

Des vestiges minoens ayant été trouvés sur diverses îles de la mer Égée, les archéologues s'interrogent : il y a 3 600 ans, les Minoens régnaient-ils sur un empire maritime qui s'étendaient de la Turquie à la Crète ? Les îles de la mer Égée étaient-elles des colonies minoennes ? Les Minoens se contentaient-ils d'y exporter leurs objets manufacturés ? On trouve des porcelaines chinoises dans l'Angleterre victorienne, ce qui ne signifie pas que la Chine ait dominé les îles britanniques !

D'après le type d'argile utilisée pour les poteries, les objets étaient fabriqués à Milet. Les symboles en linéaire A y étaient inscrits avant la cuisson. Le mystère du linéaire A reste entier, mais la découverte de nouveaux vestiges devrait aider les archéologues à le déchiffrer. □

Des intrus d'Amérique

Des insectes d'une famille naguère inconnue en France s'attaque aux arbres fruitiers du Midi.

La découverte d'une nouvelle espèce d'insectes n'est pas extraordinaire : chaque année, les entomologistes en décrivent, environ, une dizaine en France. Cependant l'apparition d'une nouvelle famille est un fait beaucoup plus rare, qui mérite une mention particulière. Or, depuis quelques années, trois espèces de flatides ont été reconnues sur notre territoire.

Cette famille, proche de l'ensemble pucerons, cigales, etc., est surtout présente dans les régions tropicales, et comprend des espèces assez grandes (de l'ordre du centimètre) aux couleurs souvent vives. Certaines présentent un mimétisme qui les rend difficiles à distinguer dans leur environnement : les unes se regroupant de façon à simuler une grappe florale, d'autres se plaquant sur les écorces envahies de lichens.

On n'a longtemps connu aucun flatide français. En 1965, on en récolte une

espèce. Puis William Della Giustina, de la Station INRA de Versailles, décrit une nouvelle espèce de Corse, *Phantia michelina*. Parallèlement il suit l'invasion d'une espèce américaine, *Metcalfa pruinosa*, attirant ainsi l'attention sur la famille des flatides.

Le «flatide pruineux» venu d'Amérique est largement répandu dans le Nouveau Monde, du Canada au Brésil, y compris dans certaines îles des Antilles. En Europe, il a été détecté pour la première fois en 1979, autour de Trévise, d'où il s'est d'abord dispersé dans une partie de l'Italie du Nord. Poursuivant son extension, il a atteint la Suisse et la France. Puis, il a d'abord colonisé un territoire compris entre la frontière italienne et le Petit-Rhône, puis est venu occuper la moitié occidentale du pourtour méditerranéen, jusqu'à la frontière espagnole. Le flatide pruineux remonte aujourd'hui vers le Nord.

Cet insecte de sept à neuf millimètres de long a un corps sombre, recouvert par une pruinosité blanchâtre. Les larves, plus claires, s'entourent également d'exsudations cireuses pâles.

Sous nos climats, après l'accouplement, la femelle pond en septembre dans les infractuosités de l'écorce de divers arbres et arbustes. Après l'hivernation sous la forme d'œufs, les éclosions se succèdent du début juin à la mi-juillet, et les larves passent par cinq stades avant de devenir adultes, à partir de la mi-juillet. En septembre, le cycle recommence et les accouplements s'effectuent pendant la nuit, principalement entre minuit et le lever du jour. Aux premiers jours de novembre, les adultes disparaissent. Il n'y a qu'une génération par an.

SUCEUR DE SÈVE

Ce flatide envahisseur vit sur de nombreuses plantes : citronnier, oranger, vigne, pêcher, pommier, poirier, figuier, prunier, frêne, platane, peuplier, laurier-rose, rosier, aubépine, ronce, vigne-vierge... Comme tous les hémiptères, il est piqueur : avec son rostre, il prélève la sève des plantes et rejette un liquide sucré, le miellat, qui favorise le développement de champignons (fumagines), lesquels recouvrent les tissus végétaux d'une sorte de suie noire.

Une conséquence imprévue de cette invasion est l'attraction des abeilles pour le miellat, excrété à une époque où les fleurs sont rares dans le Sud-Est. Le miel ainsi produit a un goût agréable, qui le fait rechercher par les apiculteurs.

Cependant, l'insecte est gênant, car il affaiblit les plantes en suçant leur sève. L'échelonnement des éclosions et la présence du revêtement cireux le font échapper aux insecticides chimiques, qui doivent de surcroît épargner les abeilles, utiles pollinisatrices. Une lutte biologique serait-elle possible ? On a observé que divers prédateurs indigènes se sont adaptés à cette nouvelle proie (coccinelles, chrysopes...), mais elles ne limitent pas suffisamment les populations de flatides. Aussi les biologistes se tournent vers des prédateurs ou des parasitoïdes qui vivent dans les pays d'origine de ce *Metcalfa*. Les agronomes italiens ont ainsi importé des États-Unis l'hyménoptère *Neodryinus typhlocibae* : ces guêpes, dont les pattes antérieures sont transformées en pinces, saisissent leurs jeunes proies et les piquent en y déposant un œuf. Celui-ci donne naissance à une larve qui vivra en ectoparasite et, en fin de développement, achèvera sa victime en la dévorant.

Jacques d'AGUILAR



Le flatide pruineux, venu d'Amérique, envahit le Sud de l'Europe. Suçant la sève des arbres, il produit un miellat qui bonifie le miel, mais il affaiblit les arbres fruitiers.

Marmottes infanticides

Des mâles tuent la progéniture de leur compagne.

Cronos, le Temps qui broie tout sur son passage, dévorait ses enfants. La réalité rejoint parfois le mythe : de nombreux animaux tuent ou dévorent leurs petits. Leurs raisons sont toutefois plus prosaïques que celles du père (malgré lui) des dieux. Des marmottes mâles qui intègrent un nouveau groupe tuent des petits de leur nouvelle femelle : ils s'assurent ainsi qu'elle leur donnera une descendance.

La marmotte alpine vit en groupe : un couple d'adultes reproducteurs est entouré d'individus issus de ses portées successives. Lorsque le mâle reproducteur n'est pas visible sur son territoire pendant quelques heures, qu'il en explore les limites, qu'il reste dans un terrier ou qu'il soit mort, un mâle d'un autre groupe tente parfois de le remplacer. S'il y parvient, ce nouveau mâle, potentiellement reproducteur, tue des jeunes du groupe, nés dans l'année.

Quelle est la cause de ces agressions ? Des réponses diverses ont été proposées pour d'autres espèces de Sciuridés (la famille de rongeurs à laquelle appartient la marmotte) qui pratiquent aussi l'infanticide, mais elles ne sont pas satisfaisantes

dans le cas de la marmotte. Les jeunes ne sont pas tués pour être mangés : les corps retrouvés ne portent qu'une morsure à la nuque. L'adulte ne tue pas non plus pour éviter de prodiguer des soins : le mâle reproducteur a surtout une activité de surveillance du territoire et les jeunes ne le sollicitent pas particulièrement. Enfin, ces actes ne sont pas commis par des individus pathologiquement violents : nous avons observé des infanticides commis par plusieurs mâles et seulement dans le cas où ils intègrent un nouveau groupe.

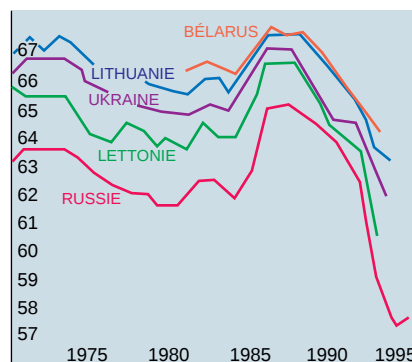
Chez certains primates et chez les lions, l'infanticide favorise la reproduction du mâle nouveau venu : la perte des jeunes accélère le retour de la femelle à la réceptivité sexuelle. Cette stratégie est inapplicable chez la marmotte alpine : le rut n'a lieu qu'une fois par an, au début du printemps, juste après l'hibernation. Le nouveau mâle ne peut donc hâter la naissance de sa progéniture. En revanche, il peut s'assurer que sa partenaire sera en état de se reproduire le moment venu.

Pendant l'hibernation, qui rassemble tout le groupe, la présence de jeunes entraîne une dépense énergétique supplémentaire pour les parents. Lors des réveils périodiques où la température corporelle des animaux redevient à peu près normale, les adultes réchauffent les plus jeunes : ces derniers économisent leurs réserves de graisse et leurs chances de survie augmentent. Si la mère dépense ainsi trop d'énergie, elle est épuisée et incapable de se reproduire à la sortie de l'hibernation. En pratiquant l'infanticide, le nouveau mâle réduit ce risque et préserve ses chances d'avoir une descendance.

Catherine PERRIN

La mortalité en Russie

Elle est en forte diminution depuis 1990.



Espérance de vie masculine à la naissance.

Le recul de l'espérance de vie, en particulier masculine, a amené de nombreuses spéculations sur la dégradation du système de santé russe, sur l'alcoolisme, sur les tensions sociales et politiques. La dégradation semble s'être interrompue en 1995, année où l'on observerait une diminution du nombre de décès (2197 mille en 1995 contre 2301 mille en 1994), ce qui correspondrait à une augmentation de l'espérance de vie, 58,1 ans pour les hommes et 72,0 pour les femmes, contre 57,6 et 71,2 en 1994.

En 1993, on était revenu à la situation qui prévalait au début des années 1980, avant que la politique de lutte contre l'alcoolisme ne diminue provisoirement la mortalité. Avant 1980, l'espérance de vie diminuait constamment et lentement, depuis le milieu des années 1960. Si cette dégradation s'était poursuivie, on serait proche de la situation actuelle. Les décès de personnes qui, en l'absence de la lutte contre l'alcoolisme, n'auraient pas survécu, expliquent-ils que la mortalité soit aujourd'hui plus importante que s'il n'y avait eu que continuation de la dégradation ? Ou bien l'augmentation observée en 1993 et 1994 reflète-t-elle une réelle dégradation des conditions de vie et des conditions sanitaires ? L'analogie des évolutions russes et de celles observées dans les autres États européens de l'ex-URSS confirme que la dégradation est un prolongement des tendances longues et le reflet des changements récents.

Extrait de l'article de Alain BLUM dans *Population et Sociétés* Juin 1996. INED



Cette jeune marmotte a été tuée d'une morsure à la nuque. Son agresseur, un mâle qui a remplacé le reproducteur du groupe, améliore les conditions d'hibernation de la femelle en éliminant les plus jeunes individus : il s'assure ainsi qu'elle pourra se reproduire au printemps suivant.

Les vraies dents du filtreur

Un ptérosaure utilisait un dispositif à fanons pour retenir les animalcules dont ils se nourrissaient.

Apparentés à la fois aux crocodiles et aux dinosaures, les ptérosaures, ou reptiles volants, furent les premiers vertébrés supérieurs à acquérir la maîtrise du vol aérien. L'un d'entre eux, *Pterodaustro*, avait une mandibule portant de très nombreux fanons, avec lesquels il filtrait les animalcules aquatiques. On croyait que ces fanons étaient des expansions cornées, mais des études histologiques, au microscope électronique à balayage, ont montré que ces fanons étaient des dents allongées.

Pterodaustro fait partie de ce groupe animal qui apparut il y a 220 millions d'années et qui prospéra, avec des tailles et des morphologies variées, pour disparaître avec les dinosaures, il y a 65 millions d'années. *Pterodaustro*, étymologiquement l'«aile du Sud», fut découvert en 1970 dans des terrains datés de 140 millions d'années, en Amérique du Sud. C'était un animal de taille moyenne, d'une envergure de 1,50 mètre environ. Il se nourrissait en filtrant l'eau à l'aide d'un bec fortement courbé vers le haut et portant, sur

toute sa longueur, une extraordinaire quantité de longs «fanons», fines baguettes juxtaposées, très serrées : 25 par centimètre en moyenne, soit plus de 1 000 sur toute la mandibule.

Extrêmement fines, ces baguettes, plus de 100 fois plus hautes que larges, semblaient être des formations cornées plutôt que des dents. De surcroît, chez les vertébrés supérieurs filtreurs (certains reptiles, oiseaux et mammifères), les dents assurent rarement la fonction de filtration. Aujourd'hui, seul le phoque crabier *Lobodon carcinophagus* filtre, dans une certaine mesure, les petits crustacés dont il se nourrit grâce à de vraies dents, mais celles-ci sont larges et découpées. Le plus souvent, la filtration est réalisée par des structures de remplacement cornées, en grand nombre, qui ont l'avantage d'atteindre des tailles considérables tout en conservant une souplesse (les fanons des cétacés mysticètes, les lamelles du bec de certains oiseaux limicoles). La disparition des dents et la présence d'un bec corné étant connues chez certains ptérosaures, on avait imaginé que *Pterodaustro* était muni de fanons cornés flexibles.

Grâce à une étude histologique sur un nouveau spécimen argentin, L. M. Chiappe, du Muséum d'histoire naturelle de New York, et A. Chinsamy, au Cap, ont prouvé que la mandibule de *Pterodaustro* portait de vraies dents : l'observation au microscope de coupes fines a mis en évidence une structure typiquement dentaire, avec une mince couche d'émail entourant la dentine, elle-même creusée d'une cavité pulpaire. La dentine est percée de nombreux canaux qui s'organisent radialement autour de la cavité pulpaire.

Certains poissons filtreurs, tel le requin pèlerin, possèdent également des dents modifiées, très allongées, mais aucun vertébré supérieur n'a des dents aussi fines que *Pterodaustro*, qui détient également le record du nombre des dents. La dentition de *Pterodaustro* est d'autant plus originale et étonnante que les quelque 500 dents portées par la mâchoire supérieure sont nettement différentes des dents inférieures, de forme spatulée, plus classique et de petite taille.

Cette découverte amènera à réinterpréter le fonctionnement de cet appareil filtreur pour expliquer comment ces dents, qui mesurent moins de deux dixièmes de millimètre à la base pour une hauteur de plusieurs centimètres, résistaient aux contraintes mécaniques et assuraient leur fonction de filtre.

Sylvain DUFFAUD, Laboratoire de paléontologie des vertébrés et de paléontologie humaine, Université Paris VI



Fossile de *Pterodaustro* complet. Le quatrième doigt des ptérosaures, allongé, servait à soutenir la membrane ailaire.



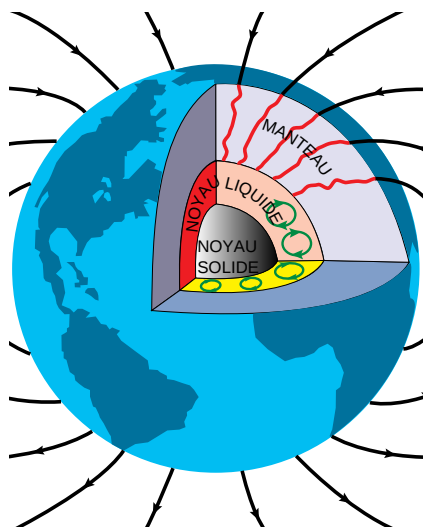
Reconstitution classique, mais désormais caduque, du crâne de *Pterodaustro*, avec ses fanons souples.

«Voir» le noyau

Le manteau terrestre est très transparent au champ magnétique produit dans le noyau.

Le champ magnétique mesuré à la surface de la Terre reflète-t-il le champ créé dans le noyau ? Grâce à l'étude des enregistrements magnétiques obtenus depuis une cinquantaine d'années, nous avons montré que le manteau terrestre est un bon isolant électrique : il est donc très «transparent» aux signaux magnétiques, ce qui confirme le fait que nous sommes en mesure de voir «en direct» ce qu'il se passe à la surface du noyau.

Parce que, jusqu'à aujourd'hui, aucun forage n'a dépassé 15 kilomètres de profondeur, nous n'avons accès qu'à des informations indirectes sur la Terre profonde, fournies par la sismologie, la géodésie ou la géochimie. L'exploitation combinée de ces informations indique qu'à la suite de sa formation la Terre s'est différenciée en un manteau de silicate et un noyau de fer et de nickel liquide. Le refroidissement de cet alliage fait lentement croître une graine solide et engendre des mouvements de convection dans le liquide. Ces mouvements d'un liquide conducteur électrique à travers le champ magnétique



Le champ magnétique de la Terre est engendré à l'intérieur du noyau liquide par les mouvements du fer. L'altération de certains signaux magnétiques par le manteau terrestre permet de mesurer sa conductivité électrique.

terrestre induit un courant électrique qui permet d'entretenir ce champ magnétique, extraordinaire témoin de la dynamique terrestre.

Avant de parvenir à la surface de la Terre, le champ magnétique est altéré par la traversée du manteau, faiblement conducteur. En régime variable, le champ magnétique et le champ électrique sont couplés : une variation du champ magnétique dans le manteau fait donc apparaître un champ électrique. Dans le manteau conducteur, ce champ électrique induit un courant électrique qui crée à son tour un champ magnétique, qui s'ajoute au champ initial. Pour apprécier l'importance de cette altération du champ magnétique, il est essentiel d'estimer la conductivité électrique du manteau.

On mesure, en laboratoire, la conductivité électrique du silicate du manteau à très hautes pression et température (plusieurs dizaines de milliers d'atmosphères, 400 °C). Le comportement semi-conducteur des silicates permet alors d'extrapoler les mesures aux conditions du manteau profond (100 000 atmosphères, 2 000 à 3 000 °C). C'est ainsi qu'une autre équipe de notre Institut avait déjà estimé une conductivité électrique d'environ 10 siemens par mètre pour le manteau profond, 10 000 fois inférieure à celle du fer.

Avec des collègues de l'Université de Rennes, nous avons maintenant estimé cette conductivité en étudiant directement la façon dont le manteau déforme un signal magnétique qui provient du noyau. Nous avons exploité le fait que le champ principal présente à intervalles irréguliers de brusques changements de tendance, les «secousses magnétiques». Reprenant 50 années d'observations magnétiques, nous avons caractérisé la secousse magnétique qui se produisait en 1970 : celle-ci peut être décrite presque parfaitement au moyen de ce que les mathématiciens nomment une singularité (l'apparition d'un pic ou d'une marche dans un signal sont des exemples de singularités, la secousse magnétique étant d'une nature un peu différente). Comme la conductivité du manteau ne pouvait qu'atténuer ces signaux et non les engendrer, la secousse a été créée dans le noyau. Nous avons alors mesuré le champ parasite résultant qui correspond à l'écart, par rapport à une singularité parfaite, de la secousse magnétique observée. Cela nous a permis d'estimer une conductivité moyenne pour le manteau inférieur (15 siemens par mètre), en remarquable accord avec la valeur obtenue en laboratoire.

M. ALEXANDRESCU et G. HULOT,
Institut de Physique du Globe de Paris

Poumon et fluor

Des liquides fluorés pour soigner les poumons.

Les sociétés pharmaceutiques Alliance Pharmaceutical et Hoechst Marion Roussel s'allient pour mettre au point un nouveau traitement des syndromes de détresse respiratoire. Pourquoi cet intérêt ? L'histoire commence en 1966, quand Leland Clark plonge un rat dans un fluorocarbure liquide (dont les molécules sont composées d'atomes de carbone, d'hydrogène et de fluor), saturé d'oxygène : l'animal survit, parce qu'il trouve dans le liquide assez d'oxygène pour respirer : l'acte de respirer, c'est-à-dire de gonfler les poumons, ne sert qu'à y faire entrer de l'air, enrichi en oxygène, puis à faire sortir de l'air chargé de dioxyde de carbone. Les absorptions d'oxygène et les rejets de dioxyde de carbone, au contact des alvéoles pulmonaires, sont des diffusions de molécules sans relation avec l'acte mécanique de la respiration. Or le fluorocarbure utilisé était inerte, bon solvant des gaz respiratoires, et il s'étalait bien sur les alvéoles pulmonaires, ce qui facilitait les échanges des gaz dissous en grande quantité.

Pendant que diverses équipes cherchaient à utiliser les composés fluorés afin d'obtenir du «sang artificiel», quelques équipes cherchaient à utiliser des fluorocarbures pour véhiculer des médicaments jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Comme de nombreux médicaments ne sont pas solubles dans les fluorocarbures, Jean Riess, Marie-Pierre Krafft et Véronique Sadtler, à Nice, ont cherché des émulsions inverses, où l'eau est dispersée dans le fluorocarbure sous la forme de gouttelettes séparées par des molécules tensioactives, avec une extrémité soluble dans l'eau et une extrémité soluble dans le fluorocarbure.

De telles émulsions inverses stables ont été obtenues en mars 1996, grâce à des molécules tensioactives composées d'une longue chaîne constituée seulement d'atomes de carbone et de fluor, liée à une partie rendue très soluble dans l'eau par l'association d'atomes d'oxygène, d'azote et de phosphore. Diverses substances actives (antibiotiques, bronchodilatateurs, corticostéroïdes, agents mucolytiques ou anticancéreux) y ont déjà été incorporées. Les émulsions inverses formées sont aujourd'hui évaluées chez l'animal. □