

Le sixième sens des blattes

Les cafards réussissent (trop) souvent à échapper au coup rageur qui devrait les écraser. Des physiciens de l'Université de Princeton ont montré



que les blattes portent, sur deux appendices postérieurs, des poils minuscules qui leur permettent de détecter la direction et la vitesse du vent. Ces capteurs sensoriels transmettent l'information à des neurones qui commandent les réactions de l'animal. Ce mécanisme de détection ultra sensible les protège des prédateurs.

Anti-VIH et nécrose de la hanche

Les antiprotéases, qui empêchent le virus responsable du SIDA de se multiplier, ont notablement augmenté l'espérance de vie des personnes séropositives. Pourtant, l'administration régulière de ces molécules aurait quelques conséquences néfastes pour la santé : on a constaté que les personnes traitées souffrent parfois d'une nécrose douloureuse de la tête du fémur. Les antiprotéases perturbent le métabolisme des graisses : la quantité de graisse dans le sang augmente, de sorte que, pour un même flux sanguin, les os sont moins bien irrigués et se dégradent. Quand cette nécrose est diagnostiquée assez tôt, on sait la traiter ; sinon, on doit implanter une prothèse de hanche, mais l'opération n'est pas dénuée de risques chez les personnes immunodéprimées.

Rotation de la graine

La partie solide du noyau terrestre, la graine, tourne plus vite que le reste de la Terre : elle effectue une révolution supplémentaire autour de son axe tous les 2 400 ans. En 1996, après l'analyse des enregistrements, en Alaska, d'ondes sismiques provenant de tremblements de terre survenus dans les îles Sandwich, en 1968 et en 1996, on avait déjà supposé l'existence de ces mouvements surprenants du cœur de la Terre : les ondes étaient parvenues plus vite en Alaska en 1996 qu'en 1968 ! John Vidale et ses collègues de l'Université de Californie ont analysé les ondes produites lors de deux essais nucléaires soviétiques qui ont eu lieu en 1971 et 1974. L'analyse de la réflexion de ces ondes sur des hétérogénéités dans la graine confirme que la rotation différentielle de la graine par rapport au manteau et à l'écorce terrestre est de 0,15 degré par an.

Des villes englouties

Découverte de deux cités antiques égyptiennes au large d'Alexandrie

Deux ville égyptiennes, datant probablement du VI^e siècle avant notre ère, ont été découvertes sur les fonds sous-marins de la baie d'Aboukir, à quelques kilomètres d'Alexandrie. Après deux ans de repérages, les équipes de l'explorateur Frank Goddio et du Conseil supérieur des antiquités égyptiennes ont sorti les premières statues de la Méditerranée, où elles gisaient à moins de dix mètres de profondeur. Notamment, une tête de pharaon, un buste du dieu Séraphis et une statue décapitée d'Isis en granite noir ont été mis au jour.

Les nombreux vestiges découverts sont répartis sur deux sites. Le premier se trouve à deux kilomètres au large d'Aboukir et comporte des fondations de monuments, des statues, principalement liées au culte d'Isis, et de nombreux objets (céramiques, pièces de monnaie, bijoux...). Les plongeurs ont aussi retrouvé les parties manquantes du «Naos des décades», une chapelle de basalte dont un fragment, trouvé à Aboukir en 1777, est exposé au Musée du Louvre. Cette chapelle, du IV^e siècle avant notre ère, était gravée de tableaux et d'inscriptions représentant et commentant les 36 décades, des périodes de dix jours déterminées par l'apparition et la dispa-

rition dans le ciel d'étoiles nommées décans. Elle témoigne des origines de l'astrologie classique, où les décans sont devenus des subdivisions des douze signes du zodiaque. Le second site, à six kilomètres des côtes, correspond aux vestiges d'une cité entière, en parfait état de conservation, répartis sur un kilomètre carré : on y a notamment identifié des ruines d'habitations, de temples, d'infrastructures portuaires. La statuaire y est également largement représentée.

Dès 1929, on avait établi, d'après l'étude des textes anciens, que les villes d'Hérakleion et de Ménouthis devaient se trouver sous les eaux, à quelques kilomètres des côtes. La présence de Ménouthis fut confirmée quelques années plus tard par des observations aériennes et par celles d'un scaphandrier. Celui-ci avait même récupéré la base du Naos des décades, exposée au Musée gréco-romain d'Alexandrie. Cependant, la plupart des vestiges, recouverts d'une épaisse couche de sédiments, avaient échappés au repérage que les instruments modernes de détection ont enfin permis. En revanche, la cité d'Hérakleion n'avait jamais été repérée.

La lecture des papyrus et des épigraphes anciens enseigne que le Nil avait autrefois une branche dans la région d'Aboukir, au bord de laquelle se trouvait la ville de Canope, reliée à Alexandrie par un canal. Puis venait Ménouthis, faubourg de Canope et enfin Hérakleion, à l'embouchure. Port maritime de l'Égypte sur la Méditerranée au Nouvel Empire, c'était une ville douanière au commerce florissant, mais qui fut ensuite sup-



Les plongeurs ont retrouvé des fragments du Naos des décades, une chapelle couverte de hiéroglyphes, qui sont les plus anciens témoins connus de l'astrologie classique.

Christoph Gerigk, Hill Foundation/Frank Goddio/Discovery Channel



Christoph Gerick, Hilti Foundation/Frank Goddio/Discovery Channel

Dans la baie d'Aboukir, Frank Goddio et son équipe ont découvert les restes de deux villes réputées pour leur richesses et leurs œuvres d'art, telle cette tête de pharaon.

plantée par Alexandrie, à partir de 331 avant notre ère. Ces villes, réputées pour leur richesse, leurs œuvres d'art et leurs nombreux temples érigés aux dieux Séraphis, Isis et Osiris, où les pèlerins accouraient pour consulter les oracles, sont cités par les auteurs anciens : l'historien grec Hérodote, qui a visité le temple d'Hérakleion en 450 avant notre ère, le géographe grec Strabon, qui a décrit leur situation géographique et leur mode de vie luxueux, et le philosophe romain Sénèque, qui a condamné leurs mœurs corrompues.

Pourquoi ces villes sont-elles aujourd'hui englouties ? La montée des eaux de la Méditerranée, de lents mouvements d'affaissement de l'écorce terrestre et, finalement, de brusques effondrements de terrain, provoqués par des séismes, expliqueraient leur engloutissement. La position des colonnes et des murs, tous effondrés dans la même direction, semblent confirmer cette dernière hypothèse. Au IV^e siècle, à l'époque chrétienne, une basilique et deux sanctuaires furent construits près du temple d'Isis, à Ménouthis, alors enseveli dans le sable. Puis, au VI^e siècle, le sanctuaire de Ménouthis fut mis à sac par les chrétiens : à cette époque, Hérakleion et Ménouthis étaient encore sur la terre ferme. La découverte dans les ruines sous-marines de monnaies byzantines et islamiques du VIII^e siècle prouve qu'elles n'ont pas été englouties avant cette date.

L'équipe de F. Goddio, à laquelle se sont joints des archéologues et des géologues, compte établir les plans de Ménouthis et d'Hérakleion et apporter, grâce aux fouilles, des précisions quant au mode de vie de ces cités : les plongeurs remonteront divers objets qui gisent au fond de l'eau et les égyptologues déchiffreront les hiéroglyphes.

Le morse du manchot

Pour se reconnaître dans une colonie, les manchots émettent des « syllabes » caractéristiques.

Les manchots, dont les 17 espèces vivent toutes dans l'hémisphère Sud, sillonnent les océans en quête de pêches miraculeuses. Ils recherchent les zones poissonneuses où se mêlent eaux froides et eaux chaudes. Pour nicher, ils se regroupent à terre, par espèce, sur un territoire, où règne un vacarme assourdissant. Les partenaires font alors un va-et-vient incessant entre terre et mer : tandis que l'un couve, l'autre va chercher la nourriture et *vice versa*. Comment le manchot nourricier retrouve-t-il « sa famille », le parent qui reste couvrir ayant pu se déplacer avec l'œuf de plusieurs dizaines de kilomètres ? Thierry Aubin, du laboratoire de neurobiologie de l'apprentissage et de la mémoire du CNRS, à la Faculté des sciences d'Orsay, et Pierre Jouventin, au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive du CNRS, à Montpellier, ont montré que les manchots émettent des sons, une signature spécifique qui assure la reconnaissance.

Pendant la période de reproduction, l'archipel des Crozet devient le fief du manchot royal dont la plus vaste colonie – un million et demi d'individus – recouvre entièrement l'une des îles. Pour se nourrir, le manchot royal parcourt parfois jusqu'à 300 kilomètres, ce qui lui prend trois semaines. Quand il revient, le ventre plein de poissons, il retrouve les siens et les nourrit en régurgitant. Dès qu'il prend pied sur la terre ferme, le manchot se met à crier, tout en parcourant la colonie, car le son, vite arrêté par les congénères qui font écran, ne porte pas à plus de huit mètres. Le par-

tenaire (ou le poussin) à l'écoute, répond, dès qu'il entend l'appel du voyageur, et, grâce à un guidage acoustique, l'attire jusqu'à lui.

Pour élucider les modalités d'une telle reconnaissance sans faille, P. Jouventin a obturé les oreilles ou clos le bec de plusieurs manchots, et a vérifié que chaque espèce a un cri – un chant de cour – particulier, où chaque individu introduit sa caractéristique acoustique.

Trois paramètres caractérisent ce son : l'intensité, la fréquence et la durée. Les chants de cour ont été enregistrés en fonction de ces paramètres : on constate qu'ils sont organisés en syllabes (voir la figure), des motifs, constitués d'une fréquence fondamentale et d'harmoniques, qui se répètent. En enregistrant les chants de nombreux manchots, T. Aubin et ses collègues ont constaté que la variation chez un même individu est bien inférieure à la variation entre individus. Les petits ne s'y trompent pas : on enregistre le chant du parent, on en modifie un des paramètres, puis on le rediffuse ; on constate que le poussin s'approche du haut-parleur jusqu'au moment où un des paramètres fondamentaux a été modifié.

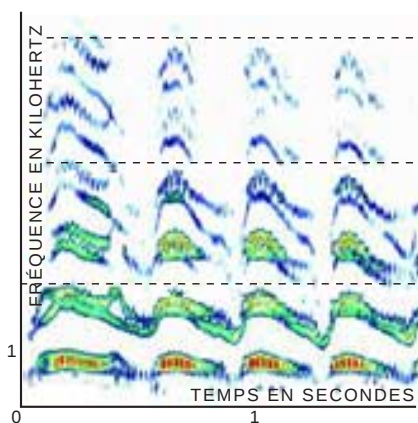
L'équipe a réalisé différents mixages du cri d'un parent et de ceux d'autres parents. Dans cet exercice, le manchot royal se montre particulièrement performant : le poussin est capable d'extraire la voix de son parent même lorsque son intensité est inférieure de six décibels au brouhaha ambiant ! L'effet « cocktail » joue à plein : l'animal sait extraire du bruit de fond les sons qui ont un sens pour lui. Pour ce faire, il applique la « théorie mathématique de la communication » de Shannon et Weaver : pour faire passer une information dans le bruit, il faut être redondant, c'est-à-dire la répéter plusieurs fois. Ce que font les manchots.

T. Aubin et ses collègues ont constaté que la tactique acoustique des



T. Aubin

Lorsqu'ils couvent leur poussin entre leurs pattes, sous un repli de la peau, les manchots se déplacent. Pour que les partenaires se retrouvent, chacun répète inlassablement une syllabe qui lui est propre.



Sur cet enregistrement de la signature acoustique d'un manchot, on constate la répétition de quatre «syllabes» constituées d'une fréquence fondamentale (*en bas*) et de plusieurs harmoniques. L'animal émet ce son dont l'amplitude, la fréquence et la durée sont spécifiques. De surcroît, la montée en intensité et la variation de fréquence entre le début et la fin de l'émission sont également spécifiques. La combinaison de tous ces paramètres garantit l'unicité de la signature acoustique.

manchots diffère selon qu'ils ont ou non un nid. Les manchots avec nid, qui bénéficient de repères visuels, tels les manchots Papou ou Adélie, sont sensibles à la fréquence : lorsqu'elle varie de plus de 10 pour cent vers le grave ou vers l'aigu, l'oiseau ne reconnaît plus «son» manchot. Pour les manchots sans nid, dépourvus de repères visuels, tels les manchot empereurs et royaux, la fréquence n'est pas primordiale et peut même varier de 50 pour cent sans conséquence sur le repérage. En revanche, les manchots royaux sont sensibles aux modulations de fréquence du chant, tandis que les manchots empereurs le sont aux modulations d'amplitude.

En outre, la signature vocale est très courte chez ces manchots sans nid. Elle se réduit à la montée en fréquence du cri : une demi syllabe suffit. Dès lors, pourquoi les chants sont-ils si longs, comprenant trois à sept syllabes ? Pour être redondants ! Pour vaincre le vent et le charivari ambiant, les manchots doivent «bégayer» : ils ont plus de chances de bénéficier d'une accalmie qui laissera passer leur message.

Des colonies bruyantes d'autres oiseaux marins, tels les mouettes rieuses ou les flamands roses, vont également être étudiées. La communication acoustique chez des mammifères sociaux, tels les éléphants de mer et les otaries est également à l'étude. Chez ces dernières, la reconnaissance acoustique semble fondée sur la fréquence, comme chez les manchots sans nid.

Marie-Thérèse LANDOUSY

La forêt en danger

À Madagascar, la déforestation pour la culture du maïs sur brûlis est irréversible.

La forêt recouvre plus de 20 pour cent du territoire malgache, soit 13 millions d'hectares environ. Toutefois 200 000 à 300 000 hectares disparaissent chaque année, surtout dans l'Est et le Sud-Ouest de l'île, à cause du défrichement de parcelles dédiées à la culture du maïs. Vivrière à l'origine, elle est devenue commerciale : depuis quelques dizaines d'années, elle a pris de l'ampleur et gagne sur la forêt. Michel Grouzis, Pierre Milleville et leurs collègues de l'Institut de recherche pour le développement et du Centre national de recherche sur l'environnement ont étudié comment les Malgaches exploitent la forêt et comment celle-ci réagit. Leurs conclusions sont sans appel : elle ne se régénère pas après l'abandon des parcelles cultivées.

Pour cultiver le maïs, sur «abattis-brûlis», l'agriculteur défriche sommairement une parcelle de forêt, brûle les restes et sème le maïs dès les premières pluies. Les agronomes ont calculé le rendement de parcelles d'âges variés : pendant les trois premières années, il atteint 1 500 kilogrammes de grains par hectare, mais après cinq à six ans de culture, il est inférieur à 500 kilogrammes par hectare. Les analyses d'échantillons de sols montrent que plus la parcelle est cultivée longtemps, plus les quantités de carbone, d'azote, de phosphore et de sels minéraux sont faibles. D'année en année, les mauvaises herbes envahissent les parcelles, appauvrissant encore le sol. Les agriculteurs se contentent de brûler les mauvaises herbes séchées au lieu de s'en débarrasser par sarclage. Après avoir cultivé une même parcelle pendant cinq à dix ans, ils l'abandonnent et en défrichent une autre.

Les écologues ont suivi l'évolution de la végétation sur plusieurs parcelles abandonnées depuis 2 à 30 ans. Aux cultures se substitue une savane boisée. La comparaison de photographies aériennes ou prises par satellite entre 1960 et 1999 montre que la forêt ne gagne pas de terrain. Cette situation est contraire à ce qui se passe dans la plupart des milieux tropicaux humides, où les lisières avancent à mesure que les graines tombent au pied des arbres ou sont dispersées par la faune

Les agriculteurs malgaches défrichent sommairement des parcelles de terrain dans la forêt. Ils y mettent le feu afin de détruire les plantes restantes et d'y cultiver le maïs.

et le vent. À Madagascar, plusieurs phénomènes détruisent les jeunes pousses d'espèces forestières : au Sud de l'île, l'humidité du sol est plus faible que dans le reste de l'île et limite le développement des plantes de forêt. Les parcelles abandonnées sont ravagées par les feux de défrichement qui s'y propagent accidentellement ou par les feux volontairement allumés, pour détruire les herbes sèches et favoriser la repousse des pâturages. De plus, dans ces parcelles et dans la forêt environnante, les habitants prélèvent des jeunes plantes qui fournissent des substances médicinales, du bois de construction (notamment pour les pirogues), des fruits et des racines comestibles, des résines pour fabriquer de la colle... (sur 146 espèces identifiées dans la forêt, seules 40 n'ont aucun usage). Ainsi, la déforestation est irréversible et menace 75 pour cent des espèces endémiques.

Pour protéger la forêt, les agronomes envisagent d'autres types de cultures, tels le labour, avec lesquels la pratique des brûlis disparaîtrait et, avec elle, la prolifération des mauvaises herbes : les parcelles seraient exploitées plus longtemps, mais le temps de travail des agriculteurs augmenterait considérablement. L'arrêt de la déforestation semble dépendre de mesures politiques contraignantes.



Bernard Mozo, IRD

Masse confirmée

Les neutrinos oscillent toujours.

Continuellement des milliards de neutrinos nous traversent, heureusement sans que nous ne nous en rendions compte : les neutrinos interagissent très peu avec la matière. Les physiciens se sont longtemps interrogés sur la masse de cette particule insaisissable dont il existe trois sortes : les neutrinos électroniques, muoniques, tauïques.

Un neutrino sans masse se propage inchangé, mais un neutrino massif oscille lors de sa propagation : un neutrino électronique peut se changer en neutrino muonique, et réciproquement. Annoncée en juin 1998, la découverte de cette oscillation demandait confirmation,

car la source de neutrinos utilisée était mal caractérisée. C'est maintenant chose faite : l'équipe qui avait fait la première annonce vient de confirmer le résultat à l'aide d'une source de neutrinos créée par un accélérateur de particules.

Dans le détecteur *SuperKamiokande*, situé à 250 kilomètres de Tokyo, on avait comparé le flux des neutrinos muoniques qui émanaient de l'atmosphère au-dessus du détecteur à celui des neutrinos muoniques qui avaient préalablement traversé la Terre. Ce dernier flux était plus faible, preuve que certains neutrinos muoniques se seraient transformés en un autre type de neutrino pendant la traversée de la Terre. Ces résultats étaient probants, mais ils présupposent une bonne connaissance des neutrinos atmosphériques. Or, les incertitudes sur le flux de ces neutrinos sont voisines de 15 pour cent.

Pour confirmer les oscillations, les physiciens ont dirigé un faisceau de neutrinos muoniques produits par l'accélérateur KEK, près de Tokyo, vers le détecteur de *SuperKamiokande*. Le flux de neutrinos muoniques était mesuré précisément à la sortie de l'accélérateur, puis remesuré dans *SuperKamiokande*, 250 kilomètres plus loin. Si les neutrinos muoniques n'avaient pas oscillé, on aurait dû observer le même flux de neutrinos muoniques lors de leur production et dans *SuperKamiokande*. Au lieu de 28 neutrinos au départ, les physiciens n'en ont observé que 17 à l'arrivée : les neutrinos oscillent bien.

Reste à caractériser cette oscillation. Ce sera le travail d'une expérience menée entre le CERN et le détecteur de neutrinos de Gran Sasso, à 730 kilomètres de là. Cette expérience permettra de savoir en quels neutrinos se transforment les neutrinos muoniques.

La santé du monde

On peut vivre longtemps, très longtemps, mais peut-on comparer une vie de 60 ans sans problème majeur de santé et une autre de 85 ans dont 20 passés à lutter contre une maladie grave ? À l'échelle d'un pays, peut-on comparer l'espérance de vie d'un pays industrialisé où les principales causes de décès sont les accidents cardio-vasculaires et celle d'un pays en développement ravagé par une épidémie de paludisme ? Pour rendre plus pertinentes les statistiques et pondérer l'espérance de vie totale calculée à partir des taux de mortalité par l'espérance de vie en bonne santé, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié un nouveau classement des pays selon l'espérance de vie des enfants nés en 1999. Pour ce faire, les statisticiens ont mis au point un indicateur nommé DALE (l'« espérance de vie ajustée aux invalidités ») pour lequel

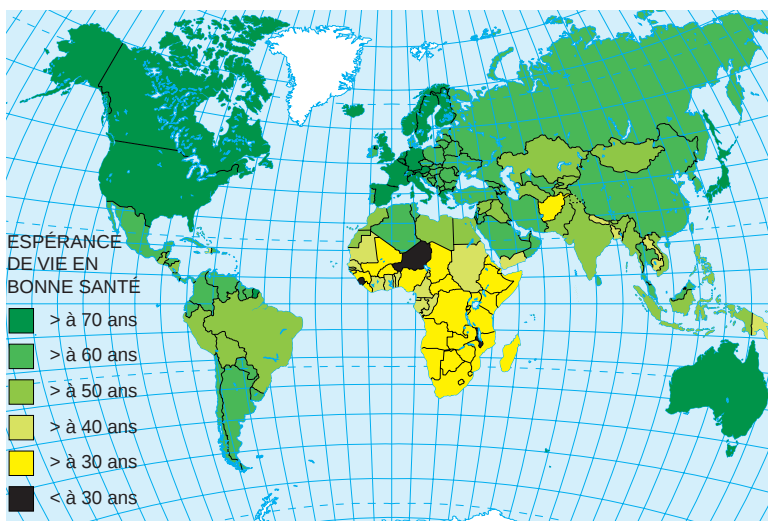
les années de maladies, pondérées selon leur gravité, sont soustraites à l'espérance de vie totale. Par exemple, en France, l'espérance de vie totale d'une femme est de 83,6 ans, mais elle passera en moyenne l'équivalent de 6,7 ans malade : son espérance de vie en bonne santé est donc de 76,9 ans. Quel est le palmarès ? Le Japon arrive en tête avec une espérance de vie saine de 74,5 ans, suivi par l'Australie avec 73,2 ans. La France, avec 73,1 ans, est en troisième position. Selon les chiffres publiés, un Français passera en moyenne 5,6 ans malade et une Française 6,7. Parvenu à l'âge de 60 ans, un Français peut espérer vivre encore 16,8 ans en bonne santé, et une Française 21,7.

Parmi les 24 pays dont l'espérance de vie en bonne santé dépasse 70 ans, on trouve la plupart des pays industrialisés d'Amérique du Nord et d'Europe occidentale et, au 24^e rang...

les États-Unis. Selon les experts de l'OMS, le « mauvais classement » de la première puissance économique mondiale s'explique par les conditions de vie des minorités ethniques, l'épidémie du SIDA et une violence notable.

L'espérance de vie en bonne santé dépasse 60 ans dans 79 autres pays, tels ceux d'Europe de l'Est, de l'ex-URSS, la Chine et les deux tiers de l'Amérique latine. Elle est supérieure à 50 ans dans la majorité de l'Asie du Sud-Est et de l'Asie Centrale.

Au bas du tableau, les habitants de l'Afrique Sub-saharienne ont une espérance de vie en bonne santé inférieure à 50 ans, le Malawi (29,4 ans), le Niger (29,1 ans) et la Sierra Leone (25,9 ans) détendant le triste record. Le SIDA, qui a tué plus de deux millions d'Africains en 1999 est devenu la première cause de mortalité dans ces pays. Dans les zones où le VIH est très répandu, 60 pour cent des jeunes qui parviennent à l'âge de 15 ans mourront du SIDA, et ce risque est de 40 pour cent pour le reste de l'Afrique.



Pour chaque pays, l'espérance de vie en bonne santé a été calculée à partir de l'espérance de vie totale dont on a retranché le nombre d'années de maladie pondérées selon la gravité. En bas du tableau, le Malawi, le Niger et la Sierra Leone (en noir).