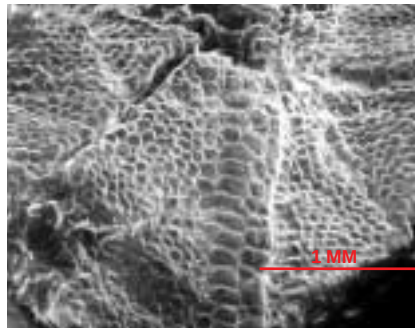
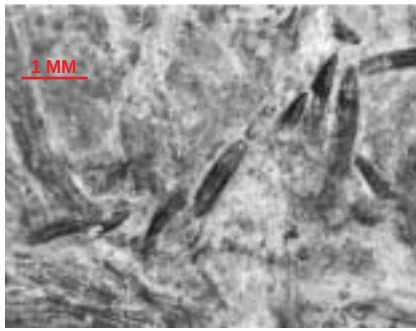




À gauche, les dents de l'embryon de titanosaure et à droite l'empreinte de la peau.

les frottant l'une contre l'autre. Ces dents ressemblent tout à fait à celles des sauropodes de la famille des Titanosauridae, qui sont très abondants dans le Crétacé supérieur d'Amérique du Sud, et les restes osseux identifiants confirment qu'il appartient à des sauropodes : ces embryons, les premiers embryons de dinosaures sauropodes jamais signalés, sont bien ceux de titanosaures et cela suffit à conférer à cette découverte une importance considérable. On dispose enfin d'informations concrètes sur les tout premiers stades de la vie de ces animaux au long cou et à la longue queue, les plus grands de tous les dinosaures.

La surface de la peau, telle qu'elle est révélée par ces empreintes d'une grande finesse, montre une mosaïque de petits tubercules, parfois disposés en rosettes, sillonnée de rangées d'écailles plus grandes. La mosaïque d'écailles ou de tubercules présente chez ces embryons rappelle l'arrangement des plaques osseuses qui couvraient le corps de *Saltsaurus loricatus*, un titanosaure provenant aussi du Crétacé supérieur d'Argentine (des plaques osseuses dermiques sont fréquentes chez les titanosaures ; on en connaît par exemple chez *Ampeiosaurus atacis*, un dinosaure fréquent dans le Crétacé supérieur du Sud de la France). Chez les embryons de Patagonie, on n'a trouvé aucune trace d'ossification de ces écailles et tubercules, ce qui ne signifie pas que les adultes n'en possèdent pas : les embryons et les nouveau-nés du lézard actuel *Cordylus*, ainsi que le crocodile du Nil ne présentent pas non plus d'os bien formés dans leur peau, les plaques osseuses ne se développant qu'au cours de la croissance. Tout porte à croire que la cuirasse de plaques osseuses des titanosaures ne se développait qu'après la naissance.

Les œufs, de volume égal à 800 centimètres cubes, ne sont pas particulièrement grands, puisqu'on trouve couramment dans le Crétacé supérieur du Sud de la France des œufs de trois litres. La microstructure de la coquille de ces œufs, dont l'épaisseur est en moyenne de 1,4 millimètre, a été étudiée en détail. La rareté

des œufs fossiles contenant des embryons a contraint les paléontologues à classer les œufs selon les seuls caractères de la coquille et, en particulier, selon la forme et la disposition des prismes de calcite qui la composent. De nombreux noms de «familles», de «genres» et d'«espèces» désignant des types de coquilles ont ainsi été proposés, mais leur attribution à des types précis d'animaux ovipares est souvent incertaine, en l'absence d'association indiscutable avec des restes d'embryons identifiants. C'est le cas notamment des innombrables œufs trouvés dans le Crétacé supérieur du Sud de la France, qui jusqu'à maintenant n'ont pas livré d'ossements embryonnaires. Les œufs d'Auca Mahuevo correspondent bien, par la taille, la forme, l'ornementation et la microstructure de la coquille, au type d'œuf appelé Megaloolithidae, connu dans le Jurassique des États-Unis et du Portugal, et dans le Crétacé de France, d'Espagne, d'Inde, de Roumanie et d'Argentine. Certains paléontologues avaient supposé que des œufs de ce type avaient été pondus par des sauropodes, mais en l'absence d'association claire avec des embryons de ces dinosaures, la supposition manquait de fondement. L'exemple de certains œufs fossiles du Désert de Gobi, attribués pendant 70 ans au dinosaure *Protoceratops* avant la découverte à l'intérieur de l'un d'entre eux d'un embryon d'Oviraptor, un dinosaure tout à fait différent, incite à la plus grande prudence en cette matière. Un des grands intérêts des œufs d'Auca Mahuevo est de montrer enfin que certains au moins des œufs de type mégaloolithidé ont bien été pondus par des sauropodes.

Il y a quelques années, le paléontologue américain Robert Bakker avait supposé que les sauropodes étaient vivipares, son argument principal étant que les nouveau-nés auraient été trop gros pour tenir à l'intérieur d'un œuf. La découverte de ces embryons de sauropodes de Patagonie démontre la fausseté de cette hypothèse. Comme les autres dinosaures, les sauropodes naissaient très petits par rapport à leur taille adulte.

Eric BUFFETAUT

BRÈVES

Ancêtre complet

Un squelette d'australopithèque de 3,2 à 3,6 millions d'années vient d'être présenté par Ron Clarke et ses collègues de l'Université de Witwatersrand à Johannesburg. L'individu, dont on a trouvé des os des pieds, deux tibias, un fragment de bras et une bonne partie du crâne, mesurait 1,2 mètre et pouvait grimper aux arbres. C'est l'un des hominidés fossiles les plus complets que nous connaissions, et le plus ancien mis au jour en Afrique du Sud. Il est probable que d'autres os de cet australopithèque seront bientôt dégagés.

Rats et peuplement

Les Polynésiens qui colonisèrent les archipels du Pacifique il y a environ 5 000 ans transportèrent avec eux des animaux, en particulier des rats, peut-être pour les manger. L'analyse de l'ADN des descendants de ces rats a permis à E. Matissso-Smith et à ses collègues, de l'Université d'Auckland, de retracer les itinéraires maritimes empruntés lors du peuplement de cette région. Ils notent en particulier qu'à l'exception des îles Chatam, en Nouvelle-Zélande, et des Marquises, deux archipels relativement isolés, des relations existaient entre les différents archipels pendant la période préhistorique.



Enfants battus

Lorsqu'un enfant a un traumatisme crânien, les parents prétendent toujours qu'il s'agit d'un accident. Comment le médecin distingue-t-il un accident d'un sévère ? Une équipe américaine vient de montrer que des enfants maltraités ont, dans leur liquide céphalo-rachidien, une concentration en acide quinolinique supérieure à la concentration détectée chez les enfants victimes d'un accident. Cette substance est produite par les cellules du système immunitaire après une blessure et diffuse lentement dans le cerveau : chez un accidenté rapidement hospitalisé, il n'a pas le temps de pénétrer dans le système nerveux central. Chez un enfant maltraité, il s'accumule au fil des jours. Un seul élément ne suffit pas à établir une maltraitance, mais devrait aider les médecins à la dépister.

Suite page 24

Altitude et population

Comment les hommes se répartissent-ils à la surface de la Terre? L'«individu moyen» vit à 194 mètres d'altitude; 33,5 pour cent de la population mondiale vivent à moins de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer, près du littoral ou dans des plaines fluviales, soit une superficie correspondant à seulement 17 pour cent des terres émergées.

Coquillages et céphalées

De petites protéines analogues aux toxines produites par des coquillages venimeux tels que les cônes des mers tropicales seront peut-être utilisées dans le traitement de la douleur. B. Olivera, de l'Université de l'Utah, a isolé une substance issue de *Conus magus*, qui a de puissantes propriétés antalgiques. Dans le liquide céphalo-rachidien baignant la moelle épinière, cette protéine bloque l'entrée du calcium dans les cellules nerveuses, empêchant ainsi la propagation du signal de la douleur.



Chimie et moteur

On connaissait le moteur électrique. Depuis peu, les revues scientifiques présentent les nanomoteurs, déposés à la surface de silicium. Jean-Pierre Sauvage et ses collègues de Strasbourg ont fait mieux : ils ont confectionné une molécule composée de deux anneaux entrelacés, qui peuvent se lier en deux points. Quand on éclaire la solution qui contient ces molécules, les deux anneaux tournent l'un par rapport à l'autre, et changent de point d'attache. Ainsi un signal (lumineux) déclenche le mouvement de ce moteur moléculaire.

Le mâle qui répand la terreur

Une femme enceinte sur 200, environ, souffre, au cours du troisième trimestre de grossesse, d'éruptions cutanées. Ces manifestations disparaissent après l'accouchement. Sélim Aractingi et ses collègues de l'Hôpital Tenon et de l'Hôpital Saint-Louis ont montré que le trouble est dû à des cellules fœtales qui envahissent la peau de la mère : ils ont trouvé de l'ADN masculin dans les lésions des femmes enceintes qui portaient un fœtus mâle (ils n'en ont pas trouvé dans la peau de femmes témoins indemnes de toute lésion cutanée et qui attendaient aussi un garçon).

Suite page 26

La puce et l'aveugle

Une puce électronique a permis à des aveugles de voir pendant quelques minutes.

La rétine est une couche de cellules qui tapisse l'intérieur du globe oculaire. L'extrémité (en forme de cônes ou de bâtonnets) de chacune de ces cellules contient des pigments qui convertissent l'énergie lumineuse des images en signaux électrochimiques que l'autre extrémité, nerveuse, véhicule vers le nerf optique. Les informations parviennent ainsi au cerveau, qui les analyse et construit l'image. Certains cas de cécité sont dus à une dégénérescence d'une partie de la rétine. Par exemple, la rétinite pigmentaire rend les parties cellulaires contenant les pigments inefficaces tout en laissant intacts les segments nerveux. La rétine conserve ses propriétés de transmission électrique, mais le codage du signal à l'entrée n'est plus effectué.

Le 31 mai 1996, un patient atteint de rétinite pigmentaire a vu, pour la première fois, pendant quelques minutes grâce à une puce électronique en silicium greffée sur sa rétine par Mark Humayun, de l'Hôpital Johns Hopkins de Baltimore.

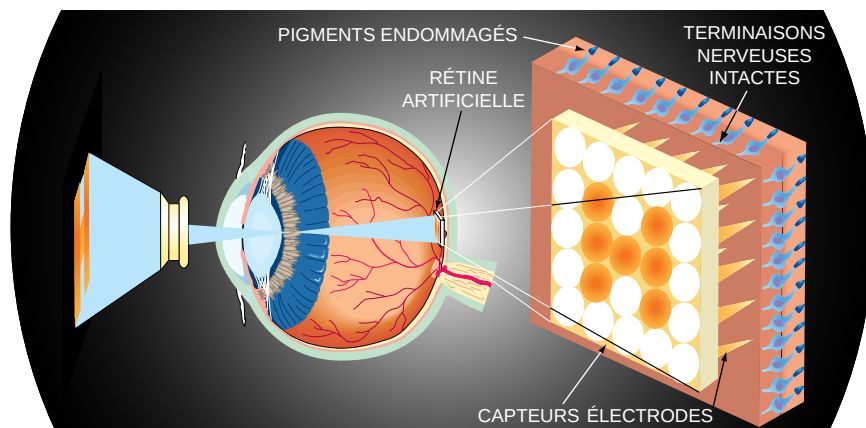
L'idée est née en 1988 lorsque le chirurgien a démontré que des aveugles «voient» des points lumineux quand les parties nerveuses des cellules rétiniennees endommagées sont stimulées par des impulsions électriques : les organes véhiculant les informations sensorielles sont fonctionnels. Les images peuvent-elles être artificiellement traduites?

En collaboration avec l'équipe de Wentai Liu, professeur à l'Université de Caroline du Nord, M. Humayun a construit et

mis au point une rétine artificielle. Ce système est composé d'une surface mince de quatre millimètres carrés, tapissée de capteurs sensibles à la lumière, qui convertissent une image en 25 points, ou pixels, chacun émettant une impulsion électrique. Ces impulsions sont transmises aux terminaisons nerveuses par l'intermédiaire de 25 électrodes. L'information est véhiculée par le nerf optique jusqu'au cerveau. Le dispositif reçoit son énergie d'une pile photovoltaïque, qui transforme l'énergie d'un faisceau laser en énergie électrique.

Ainsi, quinze patients opérés ont aujourd'hui, pendant deux heures, retrouvé une vue imparfaite, très floue, grâce à ces implants. Des images simples telles que des lettres ou des figures géométriques étaient enregistrées par une caméra placée sur une paire de lunettes. Cette caméra projetait ensuite vers l'implant les images réduites. Cependant, la puce n'a été laissée sur la rétine que deux heures, car le dispositif n'est pas encore assez fiable et trop de questions restent posées. Résiste-t-il à l'humidité et à la salinité de l'humeur vitrée, le liquide qui emplit la cavité du globe oculaire? L'œil supportera-t-il la chaleur dégagée par l'implant? Bien que l'œil soit un organe tolérant, acceptera-t-il une puce plus grande, sans la rejeter? L'opération est un succès, mais elle ne représente que le stade expérimental d'un traitement des cas de cécité où la rétine a conservé ses propriétés conductrices.

Selon Jean-Philippe Nordmann, à l'Hôpital Tenon à Paris, cette première d'un œil bionique représente un espoir pour les aveugles. Grâce aux progrès techniques, la résolution des images sera sans doute améliorée. Les greffés ne verront jamais parfaitement, mais ils pourraient détecter des mouvements, des formes simples ou des éclairages différents.



Une caméra projette une image réduite sur une puce de quatre millimètres carrés. Cette puce est implantée dans une rétine dont les pigments, détériorés, ne sont plus sensibles à la lumière. Les capteurs électroniques traduisent l'information lumineuse en impulsions électriques que 25 électrodes transmettent aux terminaisons intactes des cellules rétiniennees. Le cerveau reçoit ainsi des signaux électriques qu'il interprète comme une image.

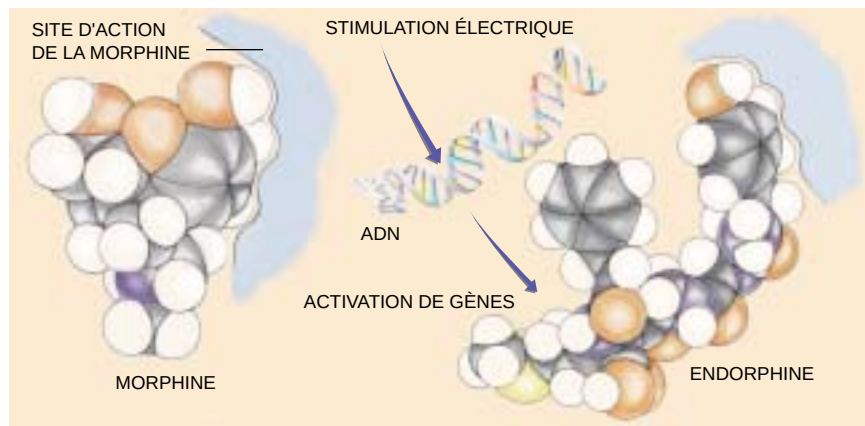
Électricité contre douleurs

Certaines douleurs rebelles cèdent à la stimulation électrique.

Les douleurs chroniques, associées notamment aux cancers, finissent par devenir insupportables et, à terme, seuls les opiacés les soulagent. Malheureusement, ces substances ont des effets secondaires désagréables, tels des vomissements, et on doit souvent augmenter les doses, car l'effet de tolérance diminue leur efficacité. Or, l'électrostimulation cérébrale, par des courants de haute fréquence, potentialise l'action analgésique de la morphine.

L'électrostimulation cérébrale transcutanée a été découverte en 1972 par Aymé Limoge, à l'Université Paris V. On place une électrode (le pôle négatif) au-dessus du nez et deux autres derrière les oreilles (pôles positifs). Le courant appliqué a une fréquence égale à 166 kilohertz (d'après des calculs théoriques, cette fréquence serait la plus efficace pour les tissus biologiques), et correspond à des courants de 100 milliampères délivrés 100 fois par seconde. Cette stimulation est parfaitement indolore ; elle peut être appliquée en continu pendant plusieurs jours (cinq en moyenne).

La méthode est utilisée depuis plusieurs années, notamment dans les services de psychiatrie de l'Hôpital Charles Perrens de Bordeaux, pour éviter le syndrome de sevrage, lors des cures de



L'ÉLECTROSTIMULATION activerait certains gènes, vraisemblablement ceux qui codent les endorphines, des substances analgésiques naturellement synthétisées par l'organisme et qui, pour agir, se fixent sur le site d'action de la morphine.

désintoxication des personnes dépendantes de l'héroïne ou de la morphine. Plus de 6 000 sevrages ont ainsi été réalisés sous électrostimulation. On a également constaté que la méthode renforce les effets des substances anesthésiques et les effets analgésiques de la morphine.

Quel sont les mécanismes de cette action ? Si l'effet est prouvé, les mécanismes restent à démontrer. Luis Stinus, de l'unité CNRS UMR 5541, à Bordeaux, a reçu le prix 1998 de l'Institut électricité santé, pour poursuivre l'étude des mécanismes neurobiologiques responsables de l'action de l'électricité contre les douleurs chroniques rebelles. Aujourd'hui, quelques hypothèses sont à l'étude. Il semble que la stimulation électrique déclenche la production des substances analgésiques que le système nerveux produit naturellement, les endorphines. Les premières expériences ont montré, sur l'animal, qu'une stimulation électrique active certains gènes : c'est le cas du

gène *c-fos*, un gène précoce, c'est-à-dire parmi les premiers à s'exprimer au cours d'une cascade d'activation génique. Un tel marqueur d'activation indique que des gènes sont activés par une stimulation électrique. Puisque cette stimulation calme la douleur, des médiateurs de l'analgésie, notamment des endorphines, sont vraisemblablement produits. Outre la libération d'endorphines, d'autres mécanismes interviennent peut-être, telle l'inhibition des systèmes anti-opiacés : certains neurones s'opposent à l'action des morphiniques, et la stimulation électrique les inactiverait.

Cette méthode ne suffit pas, à elle seule à inhiber une douleur rebelle, mais, associée à la morphine, elle en potentialise l'effet analgésique, ce qui permet de diminuer les doses et, par conséquent, les effets secondaires. La stimulation électrique n'engendre aucune accoutumance ni aucun syndrome de sevrage. Reste à préciser son mode d'action.

Du mou au dur

On comprend la fossilisation des tissus mous.

Que reste-t-il des animaux fossiles ? Bien trop souvent, les paléontologues se contentent de reconstituer la forme, la biologie et l'aspect de l'animal à partir de fragments d'os ou de coquille. Ils ont trop rarement la chance de découvrir des gisements fossilifères où les parties molles des organismes vivants sont conservées, minéralisées avec de nombreux détails, comme dans les schistes de Burgess, au Canada, et dans les schistes de Soom, récemment découverts en Afrique du Sud. Plusieurs équipes britanniques ont étudié le

mécanisme de fossilisation dans ces gisements.

Les schistes de Soom contiennent des fossiles de l'Ordovicien (il y a 510 à 440 millions d'années), parmi lesquels des animaux sans squelette, que l'on ne sait rattacher à aucun groupe connu, vivant ou éteint. Les détails d'autres fossiles précisent la structure d'animaux déjà connus, tels les conodontes, ancêtres possibles des vertébrés. Les restes du conodonte géant *Promissum*, dont la longueur totale est estimée à 40 centimètres, permettent ainsi de localiser son œil, au-dessus et en avant de l'appareil buccal, réseau de 19 éléments denticulés avec lesquels l'animal saisissait et écrasait ses proies, et d'identifier les muscles oculaires et les muscles du corps. La musculature de l'œil, indique que ces animaux primitifs possè-

dent déjà une ébauche de tête, qui contient une partie du système nerveux central.

L'étude au microscope électronique des fibres musculaires de ce conodonte révèle des ressemblances avec des muscles de poissons conservés dans la Formation Santana, au Brésil. La précision des détails anatomiques va jusqu'au niveau macromoléculaire : les fibres du muscle strié sont conservées, montrant les fibrilles et même les noyaux cellulaires le long des fibres musculaires.

Dans la Formation Santana, comme dans les gisements de Holzmaden, en Allemagne, et de Voltzia, dans les Vosges, les tissus mous ont été remplacés par du phosphate de calcium. Après la mort d'un organisme, celui-ci est recouvert d'un voile bactérien, qui, en particulier, maintient une acidité favorable à la minéralisation. Les

Un nouvel antiviral.

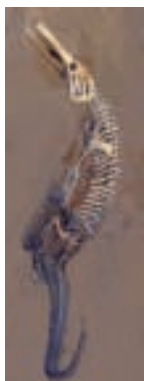
Pour empêcher le VIH, le virus du SIDA, de se multiplier, on dispose de substances qui inhibent des enzymes indispensables à la réplication : la transcriptase inverse et la protéase. Une nouvelle cible possible serait la protéine Tat qui participe à la régulation de l'expression de certains gènes du virus. Une cellule saine en fabrique peu, mais une cellule infectée par le VIH en synthétise une quantité telle, qu'une partie sort de la cellule. La fraction extracellulaire perturbe alors les réactions immunitaires des cellules non infectées. Des chercheurs marseillais et nantais ont étudié la structure de la protéine Tat, puis ils ont modélisé et synthétisé une famille de petites molécules nommées TDS : ces dernières se fixent, *in vitro*, sur la protéine Tat et bloquent son activité en modifiant sa conformation.

La générosité paye

Si l'on s'interroge toujours sur l'influence de l'attention parentale sur le devenir des enfants, il semblerait que l'on ne puisse douter de l'effet bénéfique sur les parents des soins apportés aux enfants. John Allman, de l'Institut de Technologie de Californie, a montré que chez 10 espèces différentes de primates, les parents qui élèvent leurs enfants vivent plus vieux, quelque soit leur sexe, que ceux qui s'en désintéressent. Ainsi les singes mâles titi, qui s'occupent de leur petits, vivent-ils 20 pour cent plus longtemps que les femelles.

Pôle chaud

À la fin du Crétacé, il y a entre 92 à 86 millions d'années, le climat de l'Arctique était plus clément qu'aujourd'hui : la température moyenne annuelle était d'environ 14 °C. C'est la conclusion à laquelle sont parvenus J. Tarduno, de l'Université de Rochester, et ses collègues. Ils ont en effet constaté la présence, dans l'île Axel Heiberg, alors à une latitude voisine de 72 degrés Nord (plus au Nord que le Nord de la Norvège actuelle), de fossiles de champsosaures, reptiles semi-aquatiques ressemblant aux crocodiles et qui n'auraient pas prospéré à des températures plus froides.



Les muscles du corps et de l'œil de ce conodonte de 440 à 510 millions d'années ont été préservés avec beaucoup de détails dans les schistes de Soom, en Afrique du Sud (en haut, taille réelle). On observe même les fibres musculaires (à gauche, grossissement 2 200 ; la flèche indique une fibrille qui se détache de la fibre principale). Dans les heures qui ont suivi la mort de l'animal, des minéraux argileux se sont liés aux tissus organiques mous et, en cristallisant, en ont préservé les formes.

tissus mous (la peau, les muscles, les branchies et les organes internes) se décomposent sous l'action des bactéries, libérant du phosphate de calcium, qui cristallise en place. Cette cristallisation semble favorisée par la présence des mêmes bactéries. L'environnement fournit aussi du phosphate, qui permet la minéralisation complète des tissus. Ce mécanisme ressemble aux processus de biominéralisation qui interviennent, chez les vertébrés, dans la formation des os, constitués d'apatite, un phosphate de calcium.

Dans les schistes de Soom, comme dans ceux de Burgess, l'empreinte des structures organiques est conservée dans des minéraux argileux (des silicates hydratés). Des paléontologues ont pensé que l'argile avait remplacé des cristaux de phosphate de calcium déposés, comme dans la Formation Santana, lors d'une première étape de fossilisation. Toutefois, selon Sarah Gabbott, de l'Université de Leicester, lors du dépôt, l'environnement géochimique du bas-

sin sédimentaire, notamment la forte acidité, était défavorable à la concentration et à la précipitation des phosphates. Par ailleurs, un remplacement du phosphate par de l'argile aurait conduit à une perte des détails, avec des particules plus grosses. Or, la taille des particules argileuses, de un nanomètre à un micromètre, est du même ordre que celle des cristaux de phosphate de calcium dans la Formation Santana. Comme, en milieu acide et en présence d'ions chargés positivement, les silicates se fixent sur les substrats organiques, les tissus mous des organismes des schistes de Soom ont certainement été remplacés directement par des minéraux argileux.

Une légende juive rapporte que l'on peut insuffler la vie à un golem, créature modelée dans l'argile, à l'aide d'un verset de la Bible. Aujourd'hui, ce sont au contraire les «golems» inanimés de Soom et de Burgess qui apportent de précieuses connaissances sur l'origine de la vie animale.

Valérie MARTIN-ROLLAND

Cent millions de débris sous la mer

On compte les déchets solides le long des côtes.

L'activité humaine produit des déchets, dont une partie est déversée dans la mer, directement, par des navires, ou indirectement, par des rejets côtiers. La répartition et l'abondance des déchets flottants, et leur accumulation sur les plages, sont assez bien connues. Cependant, depuis quelques

années, l'utilisation massive de matières plastiques a augmenté le nombre des déchets solides, qui tombent au fond de la mer. Que deviennent ces déchets «invisibles»? L'IFREMER a entrepris leur comptage au large des côtes européennes : ils sont importants et inégalement répartis.

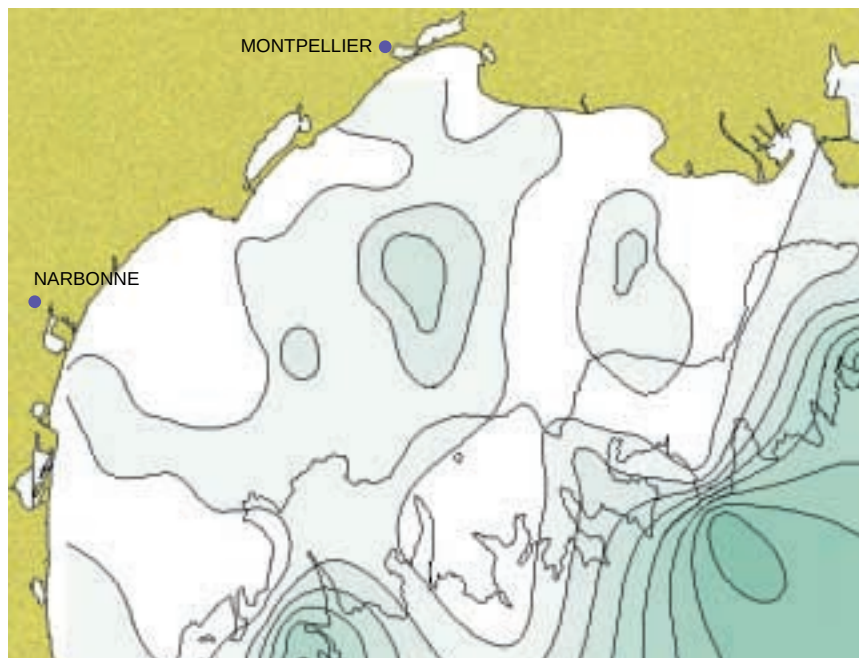
Entre 1992 et 1998, nous avons mené plus de 25 campagnes de mesure des déchets. Nous avons surtout utilisé le chalutage : les déchets ramassés au fond sont remontés et comptés. Dans les zones où le fond marin est trop irrégulier et profond, nous avons aussi compté directement les objets visibles sur le fond, avec les submersibles CYANA et NAUTILE.

Les quantités de déchets ainsi répertoriés varient selon les bassins : ils sont très abondants en Méditerranée et moins nombreux en Europe du Nord et dans la Manche. Au total, il y en aurait plus de 300 millions, 85 millions et 100 millions respectivement pour le bassin Nord-Ouest de la Méditerranée, et pour les plateaux continentaux de la mer Celtique et de la mer du Nord, soit des densités moyennes de 19,35, 0,18 et 1,55 débris à l'hectare.

Les répartitions sont toutefois hétérogènes. Ainsi, on trouve de grandes zones d'accumulation au large, notamment en mer du Nord (à 370 kilomètres à l'Ouest du Danemark), dans le Sud de la mer Celte, à 50 kilomètres au large de la Gironde et dans le lit profond de certains fleuves méditerranéens, le Rhône par exemple. Ces accumulations sont dues principalement à l'apport des courants marins et à celui des grands fleuves côtiers (pour la Gironde et le Rhône). L'homme contribue aussi à leur formation par des rejets directs, sur des zones de pêche ou sur des routes de navires très fréquentées.

À une échelle de quelques dizaines de kilomètres, des différences de répartition existent aussi. Des concentrations urbaines et des fleuves régionaux, tels que le Var ou l'Adour, sont à l'origine d'accumulations. Des structures géomorphologiques, des îles ou des canyons littoraux par exemple, rassemblent aussi les déchets dans des zones de faible turbulence et de grande profondeur. Nous avons ainsi mesuré des densités supérieures à 500 débris à l'hectare dans la plaine abyssale méditerranéenne, et les densités les plus importantes (plus de 1 000 débris à l'hectare) sont trouvées sur la côte française Sud-Est.

Comme nous le pressentions, les objets et les fragments de matières plastiques sont largement majoritaires parmi ces débris : plus de 80 pour cent.



Dans le golfe du Lion, en Méditerranée, les déchets solides des activités humaines (du plastique pour 80 pour cent des objets), rejetés le long des côtes, par les fleuves, ou directement par les navires, s'accumulent dans des canyons littoraux (la couleur verte est d'autant plus intense que la densité de déchets est grande).

Les emballages (bouteilles, sacs...) en fournissent la plus grande part. Toutefois, localement, les débris issus de l'activité de pêche – fils, cordages ou morceaux de filets – peuvent être majoritaires.

Nous ne mesurons pas encore toutes les conséquences de la présence de ces déchets. Nous savons toutefois que les déchets flottants menacent les grands animaux marins, cétacés, thons et tortues, qui s'étranglent ou s'étouffent lorsqu'ils les absorbent. L'équilibre de la faune qui vit dans les premières couches de sédiments a aussi été modifié, localement, sous des accumulations de débris. Dans les zones profondes, ces modifications seront durables : dans l'obscurité et avec de faibles concentrations en oxygène, les plastiques se dégradent lentement. Ailleurs, en raison de leur abondance et de leur constitution chimique, les plastiques pourraient modifier le cycle du carbone.

Peut-être les conséquences plus immédiates de ces déchets sur la navigation permettront-elles de prendre en compte ce risque écologique à moyen et long terme : les pêcheurs voient leurs filets colmatés par des débris solides, et les organismes de sécurité maritime secourent de plus en plus d'embarcations dont l'hélice est bloquée ou dont les prises d'eau sont obstruées par des déchets.

François GALGANI, IFREMER

État de veille prolongé

Une substance extraite d'algues stimule la protection des plantes contre les agents pathogènes.

La question de la dégradation de l'environnement par l'utilisation massive de pesticides est récurrente. Comment peut-on préserver la qualité des sols et des réserves d'eau sans diminuer les rendements ? Les Laboratoires Goëmar, à Saint-Malo, proposent une solution : un extrait d'algue stimule les réactions naturelles de défense des plantes.

Les plantes sans cesse soumises aux agressions de divers agents pathogènes, tels les insectes ou les champignons, ont élaboré des moyens de défense. Le déclenchement des réactions de défense, très efficaces, est spécifique de l'agent infectieux. La reconnaissance est immédiate et les réactions sont alors si violentes que, localement, les cellules infectées meurent ; de vigoureuses réactions de défense se mettent en place dans les cellules voisines, qui sont bien protégées. En plus des réactions locales, violentes, se met en place, dans toute la plante, un « état de veille » qui prépare la plante à mieux réagir à toute nouvelle agression.

Dès qu'un agent pathogène est détecté, les barrières de résistance mécanique des cellules sont renforcées : la paroi cellulaire s'épaissit, et des mécanismes de polymérisation la rendent plus résistante aux enzymes des micro-organismes pathogènes qui, sinon, la digèrent et pénètrent dans les cellules. Cette réaction, immédiate, s'accompagne de la production de substances oxydantes très réactives (telle l'eau oxygénée, H_2O_2). Elle est suivie, plusieurs dizaines de minutes à quelques heures plus tard, d'autres réactions, telle la stimulation de certaines voies métaboliques secondaires (par exemple la libération d'acide salicylique) et, enfin, de la production de substances qui ont

Laboratoires Gœmar



Les laminaires sont des algues contenant une substance, la laminarine, qui stimule les défenses naturelles des plantes cultivées.

une activité antimicrobienne. Lorsque les réactions de défense sont déclenchées, la panoplie est suffisante pour venir à bout de l'attaquant. Pourquoi toutes les plantes ne parviennent-elles pas à se défendre seules ? Parce qu'elles ne reconnaissent pas toujours qu'elles sont menacées. On peut améliorer cette reconnaissance grâce à des substances nommées éliciteurs, qui déclenchent le système d'alarme.

Parmi les composés excrétés par les micro-organismes pathogènes et qui déclenchent les réactions de défense,

certains ressemblent à des substances présentes dans les algues marines, notamment à la laminarine, extraite des laminaires. La laminarine améliore-t-elle la reconnaissance des agents pathogènes ? Bernard Fritig et ses collègues de l'Institut de biologie moléculaire des plantes, à Strasbourg, ont montré que tous les stades de la cascade des réactions de défense sont effectivement activés : on constate, par exemple, la libération de substances oxydantes (H_2O_2), d'acide salicylique et de

protéines antimicrobiennes. La laminarine stimule les défenses naturelles de l'immunité générale des plantes.

Quelques jours après l'application de laminarine, même à très faible dose, la plante se met en état de veille : lors de l'attaque d'un micro-organisme pathogène, moins de cellules sont infectées et les sites infectés sont plus rapidement circonscrits. La résistance vis-à-vis des agents pathogènes est accrue. La stratégie de mise en veille permanente a l'intérêt de ne pas mobiliser sans cesse les défenses.

Des essais ont été conduits sur le blé atteint de septoriose, un champignon qui fait jaunir les feuilles et détruit une partie de la récolte. La pulvérisation de laminarine renforce l'action du fongicide, de sorte que les quantités nécessaires diminuent notablement. Trois jours sont nécessaires pour l'activation des réactions de défense et l'efficacité maximale est atteinte en sept jours. La laminarine donne à la plante la possibilité de s'autoprotéger contre les champignons pathogènes, elle potentialise l'efficacité des fongicides associés, elle n'est pas toxique et ne modifie pas les critères de qualité du blé traité, par exemple la qualité des graines ou de la farine. De surcroît, elle peut être purifiée en abondance à partir des algues.

D'Afrique en Asie

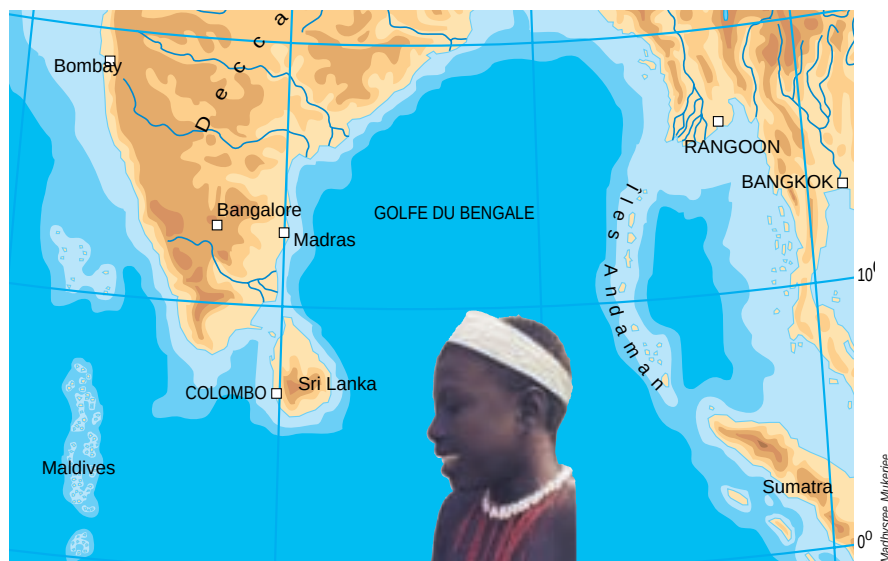
Des analyses génétiques relient des chasseurs-cueilleurs asiatiques aux pygmées africains.

La ressemblance des indigènes des îles Andaman, dans le golfe du Bengale, avec les pygmées africains a été notée depuis longtemps. Des environnements forestiers et tropicaux analogues auraient-ils favorisé l'émergence des mêmes caractéristiques physiques, telles que la pigmentation brune et la petite taille ? Une étude génétique indique que les deux populations sont en fait très proches : les habitants des îles Andaman descendraient directement des premiers hommes qui ont migré d'Afrique en Asie.

Carlos Lalueza Fox, à l'Université de Cambridge, a extrait de l'ADN de 42 échantillons de cheveux d'indigènes des îles Andaman, collectés en 1907 par l'anthropologue britannique Alfred Radcliffe-Brown. Il en a isolé et analysé un petit segment provenant des mito-

chondries, organites responsables de la respiration cellulaire. L'ADN des mitochondries, moins directement responsable des caractéristiques physiques des individus que l'ADN des chromosomes, serait moins sensible aux pressions de

la sélection naturelle. La comparaison avec le segment d'ADN équivalent d'autres populations révèle une proximité plus grande avec les populations africaines, surtout avec les pygmées Sud-africains, qu'avec les populations asiatiques.



Les habitants des îles Andaman, dans le golfe du Bengale, ressemblent aux pygmées Sud-africains : ils descendent directement des premiers hommes qui ont peuplé l'Asie.

Ce résultat est un argument de plus en faveur de la théorie de l'origine africaine de l'homme : les premiers hommes seraient partis d'Afrique il y a 100 000 ans, entrant en Asie il y a 60 000 ans. Selon Peter Bellwood, de l'Université de Canberra, certains de ces chasseurs-cueilleurs ont migré vers le Sud, en Nouvelle-Guinée et en Australie, pendant la dernière glaciation, il y a 40 000 ans : une partie de l'eau des océans était prise dans les calottes polaires et dans des glaciers, et le niveau de la mer était plus bas qu'aujourd'hui. L'Asie était alors beaucoup plus étendue, et de nombreuses îles actuelles étaient accessibles à pied sec.

Les plus anciennes traces d'occupation humaine dans les îles Andaman n'ont que 2 200 ans. Toutefois, P. Bellwood pense qu'elles ont été peuplées dès la première vague de migration humaine, il y a au moins 35 000 ans. Puis la mer est

remontée et les a isolées. Le niveau de la mer a ensuite varié plusieurs fois : il a atteint sa position actuelle il y a 10 000 ans. La mythologie des îles Andaman décrit de violents orages et un déluge qui a noyé les îles, obligeant les survivants à se réfugier au sommet des collines.

Presque tous les premiers colonisateurs de l'Asie ont été supplantés par des migrants postérieurs ; seuls ont survécu ceux qui étaient dans des régions isolées et bien défendues. Les habitants des îles Andaman durent leur survie, au moins jusqu'à l'époque moderne, à leur opposition déterminée à tout débarquement d'étrangers. Aujourd'hui encore, les habitants de la petite île Sentinelle septentrionale attaquent à coups de flèches toute embarcation qui approche.

La théorie de l'origine africaine a reçu récemment un autre soutien d'une étude génétique de la population chinoise. La

diversité de l'ADN prélevé dans 28 groupes ethniques de Chine et de Taïwan est très faible : ces groupes auraient eu peu de temps pour se différencier, et ils descendraient tous de migrants africains.

La théorie adverse, l'évolution multirégionale, soutient que les hommes actuels sont issus de l'évolution simultanée dans différentes parties du monde de populations d'*Homo erectus*, espèce aussi originaire d'Afrique, mais qui en est sortie il y a un ou deux millions d'années. Ces groupes n'auraient constitué qu'une seule espèce grâce à des échanges de gènes entre eux. Pour certains paléanthropologues, cette théorie serait confortée par une continuité des fossiles découvertes en Chine entre *Homo erectus* et les populations chinoises actuelles. L'étude de C. Lalueza Fox semble, une fois de plus, leur donner tort.

Cultures de cellules souches embryonnaires

On saura bientôt cultiver des lignées cellulaires dérivées de cellules souches humaines.

Les cellules souches embryonnaires dérivent de cellules totipotentes des embryons précoces de mammifères ; elles peuvent proliférer, *in vitro*, dans un milieu de culture approprié, sans se différencier. C'est ainsi que l'on sait maintenant, *in vitro*, des cellules non différenciées de souris et, en changeant les conditions de culture, déclencher la différenciation en divers types cellulaires.

Si l'on disposait de réserves de cellules humaines différenciées, peut-être

pourrait-on, un jour, transplanter des neurones détruits par la maladie de Parkinson, des cellules cardiaques endommagées par un infarctus, des cellules de Langerhans qui ne produisent plus d'insuline chez les diabétiques, ou encore des cellules de peau pour les grands brûlés. Or, James Thomson et ses collègues du Centre de recherche sur les primates de Madison, de l'Université du Wisconsin et du Centre médical de Haifa ont réussi à obtenir cinq lignées de cellules souches embryonnaires indépendantes à partir des cellules internes d'embryons humains de six jours, nommés blastocystes.

Ces lignées cellulaires non différenciées ont été cultivées pendant cinq à six mois sur des cellules épithéliales de souris qui fournissent les facteurs de croissance indispensables à la réplication cellulaire, et en présence d'un facteur inhibant la différenciation. Des clones de cellules totipotentes ont ainsi été obtenus. On constate une intense activité de la télomérase : cette enzyme assure que le télomère (l'extrémité des chromosomes empêchant qu'ils ne « s'effilochent ») conserve une longueur correcte. Dans les cellules dépourvues de télomérase, les télomères raccourcissent avec l'âge et les cellules entrent en sénescence après un nombre limité de réplifications. Au contraire, une lignée qui synthétise assez de télomérase est quasi immortelle. Le génome des lignées de cellules totipotentes obtenues est normal, et ces cellules expriment les marqueurs spécifiques des cellules souches.

Pour s'assurer que les cellules cultivées ne perdent pas leurs propriétés de totipotence, J. Thomson et ses collègues

ont injecté quelques cellules dans des souris immunodéficientes, c'est-à-dire qui ne rejettent pas les tissus greffés. Ces cellules se sont différenciées en donnant naissance à tous les tissus embryonnaires.

Après s'être multipliées pendant plusieurs mois sans se différencier, les cellules souches embryonnaires conservent la possibilité de se différencier en cellules épithéliales, en cellules musculaires, osseuses ou cartilagineuses, ou en neurones. Pour disposer de telles cellules, encore faudra-t-il imposer la différenciation des cellules totipotentes c'est-à-dire trouver comment produire, « à la demande » tel ou tel type de cellules. Si on les obtient, on pourrait éviter le rejet de ces cellules en disposant de banques de cellules ayant des complexes majeurs d'histocompatibilité bien établis ; on pourrait même créer des lignées de cellules souches qui seraient modifiées pour contenir le génome du receveur (l'organisme les considérerait alors comme faisant partie de soi, et ne les rejeterait pas).

Ces recherches soulèvent la question éthique des recherches sur les embryons humains : peut-on prélever des cellules embryonnaires ? Quels sont les risques de clonage humain ? Quels sont les risques de modification des lignées germinales (les cellules qui se différencient en cellules sexuelles) ? Aux États-Unis, les recherches sur les cellules souches sont autorisées à condition que l'embryon ne soit pas créé à des fins de recherches. Dans le cas présent, les embryons utilisés ont été produits par fécondation *in vitro* et les couples concernés ont donné leur consentement pour que des recherches soient entreprises sur les embryons surnuméraires.



CNRI

On sait désormais maintenir en vie des lignées de cellules embryonnaires humaines dérivées de tels embryons, au stade de quelques cellules.