



Thierry Parant/Roland Durand

Fils et grumeaux

HERVÉ THIS

Ils se forment parce que l'eau diffuse lentement dans les gels et dans les empois.

Les grumeaux? La honte du cuisinier! À son désespoir, ils apparaissent dans les sauces qu'il lie à la farine, telles les sauces béchamel. Les auteurs d'ouvrages de cuisine préconisent diverses façons de les éviter : certains conseillent de faire d'abord un roux, par cuisson de beurre et de farine, puis d'y ajouter du lait, froid selon certains, bouillant selon d'autres ; pour d'autres encore, on devrait suivre la méthode inverse, qui consiste à verser le roux dans du lait, froid ou bouillant selon les écoles.

Quelle méthode adopter? Osons gâcher un peu de farine, de beurre et de lait pour tester les quatre possibilités : nous découvrons alors que la formation des grumeaux est une question de vitesse. Quand on ajoute progressivement le roux au lait ou le lait au roux, les grumeaux n'apparaissent pas. En revanche, quand on mélange les deux ingrédients d'un coup, des grumeaux se forment, surtout quand on verse le roux dans le lait bouillant.

Cette expérience nous donne une méthode, mais elle n'explique pas le phénomène. Poursuivons l'étude en simplifiant la situation : le beurre sert principalement à cuire la farine, afin d'éviter son goût fade par création de molécules

aromatiques (le brunissement correspond aux réactions chimiques qui forment ces molécules aromatiques), mais il n'est pas la cause des grumeaux, qui s'obtiennent également par mélange de farine et d'eau. Pourquoi? La farine est principalement composée de grains d'amidon, eux-mêmes formés de molécules d'amylose et d'amylopectine. Ces deux molécules sont des polymères, c'est-à-dire des enchaînements (linéaires pour l'amylose et ramifiés pour l'amylopectine) de molécules de glucose. Ces molécules sont peu solubles dans l'eau froide, mais elles le sont dans l'eau chaude : les grains d'amidon gonflent alors, formant un gel que l'on nomme un empois.

Cette description nous donne alors une première piste, pour la compréhension des grumeaux : un bloc de farine qui tombe dans de l'eau chaude s'entourerait-il d'une couche empesée qui limiterait alors la diffusion de l'eau vers le cœur sec du grumeau? L'explication est insuffisante, car si l'eau diffuse dans la périphérie des grumeaux, pourquoi n'atteindrait-elle pas aussi leur cœur?

Nous avons vu que tout est affaire de vitesse. Pour mesurer cette vitesse d'empesage, simplifions encore le problème : faisons un grumeau à une seule dimension et dont on puisse observer le cœur. À cette fin, plaçons de la farine dans une éprouvette et versons de l'eau au-dessus de la farine (si l'eau est colorée, on suit sa diffusion dans la farine en observant un front coloré). Ce système, à la température ambiante, montre que l'eau s'infiltre très lentement dans la farine : moins d'un millimètre par heure.

Quand on chauffe l'eau à l'aide d'une résistance chauffante, l'eau fait gonfler les grains, et c'est la diffusion de l'eau dans la partie empesée qui limite la progression du front coloré. La vitesse de diffusion atteint alors plusieurs millimètres par heure.

Conclusion : c'est la lenteur de la diffusion de l'eau dans la périphérie empesée des grumeaux qui explique que le cœur reste sec. Quand l'eau a diffusé et empesé les grains d'amidon, ceux-ci, soudés, font une couche qui ralentit tant la diffusion vers le cœur sec que celui-ci reste sec. Autrement dit, un

bloc de farine d'un centimètre de diamètre tombant dans l'eau chaude s'empesé sur un ou deux millimètres, en périphérie, mais le cœur reste sec pendant un temps supérieur aux durées courantes de préparation culinaire.

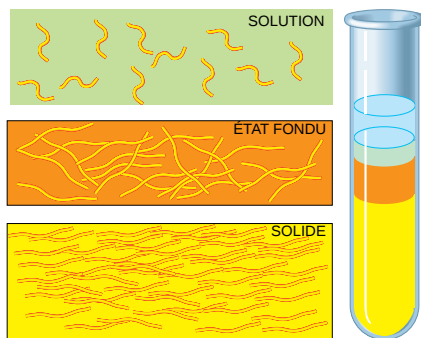
Comment se débarrasser des grumeaux? Aucune physique fondamentale n'est nécessaire pour le savoir : il suffit de diviser les grumeaux, à l'aide d'un fouet, par exemple, en blocs plus petits que l'épaisseur de la couche empesée.

Cette théorie des grumeaux de farine s'applique-t-elle à des grumeaux d'autres types? Par exemple, les cuisiniers savent que les feuilles de gélatine doivent tremper dans l'eau froide avant d'être utilisées dans un liquide chaud : celui qui contrevient à cette règle obtient des fils aussi difficiles à éliminer que des grumeaux. Ces fils seraient-ils composés d'un cœur sec et d'une gaine où les molécules d'eau et de gélatine sont mêlées? Pour le savoir, mesurons d'abord la diffusion de l'eau dans une gelée froide en déposant de la poudre de café en un point de la surface : une zone colorée hémisphérique s'étend à une vitesse d'un centimètre par jour environ : c'est très lent.

Puis répétons l'expérience que nous avons faite avec la farine, mais en remplaçant cette dernière par de la gélatine. On observe alors que le front de l'eau colorée ne s'enfonce que très lentement dans la gélatine... mais un nouveau phénomène apparaît : sous la couche où la gélatine est en solution, le matériau est à l'état fondu.

De même, dans un bouillon chaud, une feuille de gélatine qui n'a pas trempé se dissout mal et conserve une partie centrale fondue, dont les molécules adhèrent entre elles, formant les redoutables fils. En revanche, quand la feuille a trempé, l'eau a lentement diffusé jusqu'au cœur, et le chauffage provoque la dissolution : point de fils!

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 22 décembre 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Des fils apparaissent quand on place une feuille de gélatine dans l'eau chaude, parce que l'eau ne diffuse que lentement dans la feuille et que, au centre de la feuille, la gélatine est à l'état fondu. On observe ce phénomène quand on chauffe l'eau (en bleu) qui recouvre de la gélatine dans un tube : les molécules d'eau diffusent et forment une solution sur une très petite épaisseur (en vert), tandis que la chaleur qui est transmise à la gélatine fond cette dernière (en orange).

Un détecteur de fossiles

Il repère les ossements enfouis grâce à leur radioactivité.

Les paléontologues rêvent d'une technique qui leur permettrait de repérer les fossiles invisibles parce qu'encre enfouis dans le sol. Jusqu'à présent, seuls les chercheurs fictifs (et peu crédibles) du film *Jurassic Park* disposaient d'un tel équipement (inspiré des méthodes de prospection sismique utilisées notamment dans la recherche pétrolière). Dans la réalité, nombre de techniques avaient été essayées, entre autres lors de l'extraction du squelette de *Seismosaurus*, un très grand dinosaure sauropode trouvé au Nouveau-Mexique, dans les années 1980. Du radar au magnétomètre, en passant par le sismographe et le compteur Geiger, toute la panoplie déployée n'a pas donné de résultats plus convaincants que la baguette de sourcier, préconisée par certains, au même titre que le pendule.

Des résultats beaucoup plus prometteurs viennent cependant d'être présentés par Ramal Jones, de l'Université de l'Utah à Salt Lake City. Ce physicien a mis au point et expérimenté depuis 1993 un équipement de détection des ossements fossiles, qui donne des résultats satisfaisants, à condition que les os soient radioactifs. Or beaucoup d'os le sont, car ils ont concentré les sels d'uranium ou de vanadium lors de la fossilisation. En milieu réducteur, par exemple en présence de restes animaux ou végétaux en décomposition, les ions uranium solubles s'unissent à l'oxygène pour former un oxyde d'uranium, l'uraninite. Ainsi les os en cours de fossilisation s'enrichissent en uraninite, qui est piégée dans la structure osseuse cristalline, ou qui précipite dans les vides et dans les fissures du fossile. La teneur des os en uraninite, et donc leur radioactivité, dépend de la concentration en ions uranium dans l'eau qui circule dans les roches.

Les os fossiles radioactifs ne sont pas rares ; la meilleure preuve en est que plusieurs sites paléontologiques importants, de la Thaïlande aux États-Unis en passant par le Niger, ont été découverts par des prospecteurs d'ura-

nium. Le détecteur inventé par R. Jones repère les ossements fossiles enfouis dans la roche en mesurant l'intensité du rayonnement gamma qu'ils émettent. Hélas, quand ces rayonnements traversent la roche, ils perdent de leur intensité, ce qui limite la profondeur à laquelle il est possible de détecter des os. Une des difficultés est le « bruit de fond » provoqué par les rayonnements gamma issus de l'uranium diffus dans la roche, qui peuvent « noyer » le signal radioactif émis par les fossiles. Le compteur de rayonnements gamma utilisé par R. Jones a été isolé par un blindage de plomb, qui ne laisse qu'une petite fenêtre de 2,5 centimètres de diamètre par où se font les mesures, ce qui élimine sensiblement le bruit de fond radioactif lorsque l'appareil est promené à une dizaine de centimètres de la surface du sol.

Lors de son exploration radiologique, un site est quadrillé, des mesures étant effectuées à chaque intersection du quadrillage. Le résultat est une carte de l'intensité du rayonnement gamma sur le site. Pour vérifier que les zones de plus forte radioactivité correspondent à des fossiles, il faut creuser, car il existe des concentrations en uranium non liées à

des fossiles. Toutefois la technique s'est révélée efficace : le premier site exploré, dans des roches du Crétacé de l'Utah, a été découvert par R. Jones et son épouse, Carol, avec les moyens habituels (détection de restes osseux en surface). L'exploration radiologique du site a d'abord localisé un groupe d'ossements appartenant à un hadrosaure. Une seconde campagne de prospection sur le même site, après l'extraction de l'hadrosaure, a révélé la présence d'autres ossements à 90 centimètres de la surface : un squelette d'ankylosaure, qui n'aurait sans doute jamais été trouvé sans le détecteur.

Sur un important gisement jurassique de l'Utah, où la plus grande partie du squelette d'un dinosaure carnivore avait été découvert, le crâne faisait défaut. Grâce à son appareil, R. Jones a localisé ce dernier à quelque distance du reste de l'animal. À l'échelle des temps géologiques l'uranium se concentre assez rapidement dans les ossements : aussi cette technique est applicable à des sites paléontologiques beaucoup plus récents que les gisements de dinosaures. Elle a, par exemple, donné de bons résultats sur un site contenant des chevaux fossiles et remontant à l'époque pliocène (-5 à -1,8 million d'années).

L'appareil inventé par R. Jones n'est pas infallible. Les conditions *sine qua non* sont que les fossiles recherchés soient radioactifs (plus ils le sont, meilleures sont les chances de les repérer), qu'ils soient de bonne taille et qu'ils ne soient pas trop profondément enfouis. D'ores et déjà, cet instrument permet de concentrer les fouilles sur les endroits vraiment prometteurs et ainsi d'économiser du temps et de l'énergie (de l'énergie musculaire, principalement, car la fouille paléontologique est un exercice largement physique). Il évite ainsi des accidents fâcheux pour l'intégrité des fossiles lors de leur extraction : tout paléontologue de terrain a eu des surprises désagréables en rencontrant un os là où il ne l'attendait pas et où il fouillait donc avec un peu trop de vivacité... La technique de prospection radiologique mise au point par R. Jones, certes susceptible d'être améliorée, réalise déjà, en grande partie, le rêve des paléontologues.

Eric BUFFETAUT



Ramal Jones (à gauche) démontrant l'efficacité de son détecteur de fossiles sur un site du Crétacé de l'Utah, où son appareil a permis de découvrir deux squelettes de dinosaures.

Graines de plastiques

Des plantes transgéniques produisent des polymères biodégradables qui concurrenceront peut-être un jour les plastiques de synthèse.

Trop chers ou imparfaits, les plastiques biodégradables n'ont pas eu le succès escompté. Des chercheurs misent sur le développement des plantes génétiquement modifiées pour leur donner une nouvelle chance en abaissant les coûts de production.

Parmi les polymères biodégradables, la vaste famille des PHA (ou polyhydroxyalkanoates) intéresse les industriels. Naturellement produits par de nombreuses bactéries qui les utilisent comme réserve d'énergie ou de carbone, les PHA présentent des aspects très différents, de rigides et cassants à souples et résistants. Ils permettent ainsi de réaliser nombre de produits, des couverts jetables pour la restauration rapide aux cartes de crédit, en passant par les films pour l'emballage de denrées alimentaires. Ces plastiques sont, en outre, totalement biodégradables : une bouteille en PHA est dégradée à 80 pour cent en 15 jours dans les conditions requises pour la production à grande échelle de compost (action simultanée de forces mécaniques et de micro-organismes à haute température).

Aujourd'hui, seul un polymère de la famille des PHA est commercialisé. Produit dans les fermenteurs industriels à partir d'une bactérie et d'un sucre (le glucose), son prix de revient le confine à des marchés de niche à haute valeur ajoutée. D'où l'idée de produire ce polymère, non plus à partir de bactéries, mais directement dans des plantes cultivées en plein champ, comme le colza ou la canne à sucre. «Cela revient à remplacer le sucre utilisé en fermentation par le gaz carbonique de l'atmosphère. La photosynthèse transforme ensuite gratuitement la plante en usine à plastique», explique le responsable du programme

industriel qui affirme avoir produit le polymère dans des graines de colza. Le seuil de rentabilité se situant entre 15 et 20 pour cent du poids sec de la graine (aujourd'hui la proportion n'excède pas cinq pour cent de la masse sèche), la commercialisation du plastique végétal n'est pas prévue avant cinq à dix ans.

Selon Yves Poirier, à l'Université de Lausanne, le défi scientifique réside dans le contrôle de la composition des polymères produits par les plantes : on cherche à obtenir des molécules aussi variées que leurs concurrentes d'origine fossile. Le biologiste est en passe de relever ce défi puisqu'il est parvenu à produire différents polymères dans une plante – *Arabidopsis thaliana* – bien connue des généticiens pour la simplicité de son génome (ensemble des gènes d'un organisme vivant).

Avec deux collègues de l'Institut californien Carnegie, Y. Poirier s'est tout d'abord intéressé au PHB (polyhydroxybutyrate), un polymère de la famille des PHA composé d'une seule séquence répétée un grand nombre de fois, et produit par plus de 100 genres de bactéries. Grâce aux techniques classiques du génie génétique, les chercheurs ont transféré dans le génome d'*Arabidopsis thaliana* les gènes de la bactérie *Ralstonia eutropha* et codant les enzymes responsables de la synthèse du PHB.

La production du polymère n'est possible que dans les compartiments cellulaires possédant la molécule (dite précurseur) sur laquelle agit la première enzyme de la chaîne de biosynthèse. Dans le cas présent, il s'agit de l'acétyl-coenzyme A, une molécule présente notamment dans le cytoplasme (milieu visqueux contenant les composants de la cellule) et dans les plastes (organites des cellules végétales, sites de la photosynthèse ou de l'accumulation des réserves) des cellules. Dans le cytoplasme, le résultat s'est révélé décevant : la concentration en PHB n'excédait pas 0,1 pour cent du poids sec des feuilles d'*Arabidopsis*, dont la croissance était en outre anormale. Dans les plastes, au contraire, la concentration en PHB a atteint 14 pour cent du poids sec. Fort de ces résultats, le chercheur lausannois a étudié un autre polymère de la famille des PHA, plus flexible que le PHB. Le transfert d'un seul gène provenant, cette fois, de la bactérie

BRÈVES

Régénérescence de neurones

Le dogme selon lequel les quelque 100 milliards de neurones du cerveau humain disparaissent progressivement sans être remplacés est caduc. Une équipe américaine a montré que des neurones de personnes décédées contenaient des substances que seules les cellules qui se divisent incorporent : ces neurones avaient été produits peu avant le décès. Environ 500 nouveaux neurones se différencieraient chaque jour. Cette découverte fait naître des espoirs quant aux possibles réparations des lésions cérébrales et ouvre de nouvelles voies de recherches sur les maladies neuro-dégénératives, telles la maladie de Parkinson ou celle d'Alzheimer : la perte de neurones traduit une attaque destructrice, mais peut-être aussi un défaut de régénération.

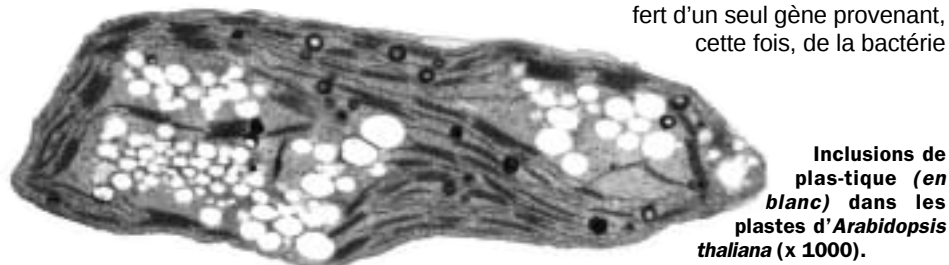
Risques professionnels

Une cinquantaine de joueurs de football hollandais et 23 nageurs et athlètes, tous professionnels, ont subi plusieurs tests cognitifs. Les joueurs de football ont eu des résultats inférieurs à ceux des autres athlètes : les spécialistes expliquent ces déficiences non par le choix de l'activité sportive en fonction de l'intelligence, mais par la pratique du football, où les traumatismes cérébraux s'accumulent avec les chocs du ballon sur la tête. Au cours d'une saison un joueur reçoit environ 800 fois le ballon sur la tête.

Chamboulement académique

Les membres de l'Académie des sciences et les membres correspondants de cette même Académie ont été tous convoqués au Collège de France : le bureau de l'Académie leur propose une réforme de l'Académie des sciences telle que cette vénérable institution n'en avait pas connue depuis Richelieu. L'Académie des sciences française envisage de s'élargir, en réunissant les membres et les membres correspondants dans une seule classe. Simultanément une Académie d'ingénierie pourrait être créée à partir du CADAS (Comité des applications de l'Académie des sciences).

Suite page 24



Inclusions de plastique (en blanc) dans les plastes d'*Arabidopsis thaliana* (x 1000).

Du lait maternel

Le lait maternel contient des molécules qui sont absentes des laits artificiels pour bébés, notamment un acide gras – l'acide docosahexaénoïque (DHA) – essentiel pour la croissance des neurones et des cellules photoréceptrices de la rétine du nourrisson. Les chercheurs de l'INRA ont montré que des porcelets nouveau-nés allaités uniquement avec un lait enrichi en DHA avait une croissance adéquate. Ces résultats aideront-ils à l'amélioration de la composition des laits artificiels ?

La pièce de deux livres

La nouvelle pièce anglaise de deux livres (environ trois euros) est une ode à la technologie. Son côté pile représente une couronne d'engrenages comportant 19 roues dentées. Le chiffre 19 montre la persévérance de l'artiste graveur, mais l'incompétence mécanique des concepteurs de la *Royal Mint*. Comme deux roues dentées tournent en sens inverse, une chaîne comportant un nombre impair de roues ne peut que rester... perpétuellement bloquée !

Donner du sang pour vivre vieux

La saignée était-elle bénéfique ? C'est ce que semble montrer une étude suédoise : Jukka Salonen de l'Université de Juopio a suivi 2 862 hommes, pendant neuf ans, et observé que les donneurs de sang réguliers ont moins d'infarctus que ceux qui gardent leur sang. Toutefois les donneurs de sang pourraient également être des personnes plus soucieuses de leur santé que les autres. Vivant plus sainement, elles seraient moins malades.

Un grand mangeur de poisson

Les restes fossiles d'une nouvelle espèce de dinosaure viennent d'être mis au jour dans le désert du Ténéré, au centre du Niger. Cette espèce, nommée *Sucho-mimus tenerensis*, fait partie du groupe des spinauridés, des dinosaures piscivores dotés de mâchoires longues et étroites avec des dents coniques et de fortes griffes semblables à des crochets à viande.



Certaines particularités du crâne, analogues à celles d'anciens crocodiliens, témoignent d'une adaptation à une alimentation incorporant des poissons et de la viande. Le museau, étroit, facilite la pénétration dans l'eau et les dents coniques sont mieux à même de percer et de saisir, que de trancher.

Suite page 26

Pseudomonas aeruginosa a suffi pour obtenir des granules de ce nouveau plastique dans les cellules foliaires d'*Arabidopsis*. Toutefois, la production n'a pas dépassé 0,1 pour cent du poids sec des feuilles d'*Arabidopsis thaliana*.

Les plantes oléagineuses comme le colza ou le tournesol semblent les mieux adaptées à la production en plein champ de PHA. En effet, les molécules intervenant dans la synthèse de ces polymères (l'acétyl-coenzyme A dans le cas du PHB) se retrouvent également dans le métabolisme des lipides. De plus, la maîtrise des techniques de récolte des oléagineux et d'extraction des lipides faciliterait la création d'une industrie des PHA. Enfin, la plante sur laquelle ont été

menées la plupart des recherches est voisine du colza, ce qui permet de transférer aisément les résultats du laboratoire au champ.

La synthèse massive de PHB, par exemple, risque cependant d'entraîner une diminution de la production de lipides du fait de l'insuffisante disponibilité en acétyl-coenzyme A. Afin de contrôler la production du polymère, Y. Poirier envisage de répandre sur les cultures une substance qui inhiberait l'expression des gènes codant le PHB ; les cultures ainsi traitées seraient destinées à la production d'huile, tandis que celles qui ne recevraient pas de traitement produiraient du PHB.

Catherine BUREAU

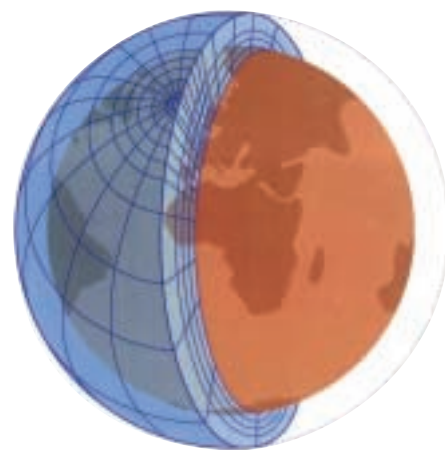
Un temps plus sûr

La prise en compte de l'état de l'atmosphère en « temps réel » améliore les prévisions.

Quel temps fera-t-il demain ? Le même qu'aujourd'hui, répond prudemment le statisticien, qui se trompe ainsi moins d'une fois sur deux. Le temps futur est fonction du temps présent. Les météorologues prévoient le temps en calculant l'évolution de l'atmosphère à partir d'un état initial, connu par des mesures et par des calculs : le Centre national de recherches météorologiques précise et améliore les prévisions par une meilleure définition des conditions initiales.

Un modèle de prévisions météorologiques est un ensemble d'équations qui décrivent la physique de l'atmosphère et ses interactions avec le relief et la surface des océans. Dans le modèle *Arpège*, l'atmosphère est décrite par les valeurs de paramètres météorologiques (température, pression, vitesse du vent, hygrométrie...) aux intersections d'un maillage tridimensionnel. L'état de l'atmosphère est défini, à chaque instant, par les valeurs d'environ 20 millions de paramètres : c'est 100 à 200 fois plus que le nombre de mesures collectées par le réseau météorologique mondial.

On calcule les paramètres manquants par une opération nommée « assimilation » : en utilisant les lois physiques insérées dans le modèle, on recherche l'état de l'atmosphère qui se rapproche le plus des mesures et des résultats de la prévision la plus récente. Depuis mai 1997, la méthode utilisée est « l'assimilation variationnelle en trois dimensions » :



Pour prévoir le temps on calcule l'évolution de paramètres tels que températures, vitesses du vent ou pressions à partir des valeurs initiales sur un maillage de l'atmosphère.

l'interpolation n'est que spatiale. On divise la journée en quatre périodes de six heures, centrées sur 0, 6, 12 et 18 heures, et l'on suppose que l'état de l'atmosphère n'évolue pas pendant ces périodes : on fait comme si toutes les mesures relevées au cours d'un même intervalle de six heures l'avaient été instantanément au milieu de cet intervalle. On calcule alors l'état de l'atmosphère le plus vraisemblable à ce moment.

Une nouvelle méthode, l'assimilation variationnelle en quatre dimensions, prend en compte l'évolution de l'atmosphère en continu, par l'insertion dans le programme des mesures avec leur heure exacte de relevé (arrondie à l'heure près pour tenir compte des incertitudes). On recherche alors la « trajectoire temporelle » de l'état de l'atmosphère qui passe au plus près de toutes les valeurs mesurées dans l'intervalle de temps. La situation initiale ainsi calculée est plus proche de la réalité, et les extrapolations meilleures, particulièrement aux échéances de deux et trois jours.

Antidépresseur d'un troisième type

Il empêche une petite molécule, nommée substance P, d'agir.

Les chefs de file des antidépresseurs les plus couramment prescrits ont près de 50 ans ; depuis leur découverte, seuls des composés d'action un peu plus ciblée ou ayant moins d'effets secondaires ont été synthétisés. Or, certaines personnes sont insensibles à ces substances ou ne les supportent pas. Aussi les pharmacologues cherchent-ils de nouvelles classes de molécules : ils ont découvert une substance qui n'agit pas comme les antidépresseurs classiques, mais qui en a les effets bénéfiques.

Chez les personnes déprimées, le stress et l'angoisse épuisent la production des systèmes de la sérotonine et de la noradrénaline : ces neuromédiateurs, des molécules qui transforment un signal électrique en un signal chimique, assurant la transmission de l'influx nerveux d'un neurone à l'autre, sont en concentration insuffisante. Les antidépresseurs classiques augmentent la concentration en sérotonine et en noradrénaline dans le cerveau en bloquant leur recapture par les neurones ou en inhibant leur dégradation enzymatique.

Les peptides, de petits fragments de protéines, constituent une autre classe de neuromédiateurs. Parmi eux, la substance P qui véhicule les sensations douloureuses de la périphérie, la peau notamment, vers la moelle épinière.

Cette substance P a été découverte en 1931 ; en 1975, les biologistes ont mis en évidence son rôle de neuromédiateur et détecté sa présence dans le cerveau, puis, en 1982, montré qu'elle agit sur plusieurs types de récepteurs. Le récepteur NK1, pour lequel la substance P a le plus d'affinité, a été cloné en 1989 et, en 1991, on a synthétisé le premier antagoniste de ce récepteur (l'antagoniste de la substance P empêche ce neuromédiateur d'agir, car il prend sa place, sur le récepteur NK1, par exemple).

Plusieurs laboratoires pharmaceutiques ont synthétisé de tels antagonistes, dont certains atteignent le cerveau, même quand ils sont administrés par voie orale (on pouvait craindre qu'il ne franchissent pas la barrière hémato-encéphalique qui protège le cerveau). Comme la substance P a des récepteurs dans tout l'organisme, on a espéré que les antagonistes des récepteurs NK1 lutteraient contre la douleur, l'inflammation, l'asthme ou encore la migraine, mais, jusqu'à présent, aucune de ces substances n'avait révélé de vertus pharmacologiques.

La production de substance P est activée en réaction à des stimulations désagréables, à des stress. Chez le cobaye, l'administration de substance P dans le système nerveux central déclenche un stress, caractérisé par des mouvements désordonnés et par des vocalises. Ces vocalises sont également émises par les jeunes cobayes séparés de leur mère. Les substances antidépresseuses déjà connues suppriment ces vocalises déclenchées par le stress. Le nouvel antagoniste de la substance P aussi.

L'antagoniste de la substance P synthétisé par les Laboratoires Merck a été testé chez 200 personnes atteintes de dépressions plus ou moins graves : il a des effets comparables à un antidépresseur classique d'efficacité moyenne, sans en avoir les effets secondaires (troubles de l'activité sexuelle et nausées). L'antagoniste n'agit pas sur la concentration en sérotonine ou en noradrénaline (ce qui expliquerait qu'elle n'a pas les effets secondaires des antidépresseurs classiques), mais bloquerait certains circuits du système de la dopamine. Où agit précisément l'antagoniste de la substance P ? Les noyaux amygdaliens, des aires cérébrales qui participent au contrôle des émotions, sont particulièrement riches en substance P, et seraient parmi les sites potentiels d'action de l'antagoniste.

Les diamants du manteau

Tous les diamants sont formés à partir de carbone du manteau terrestre.

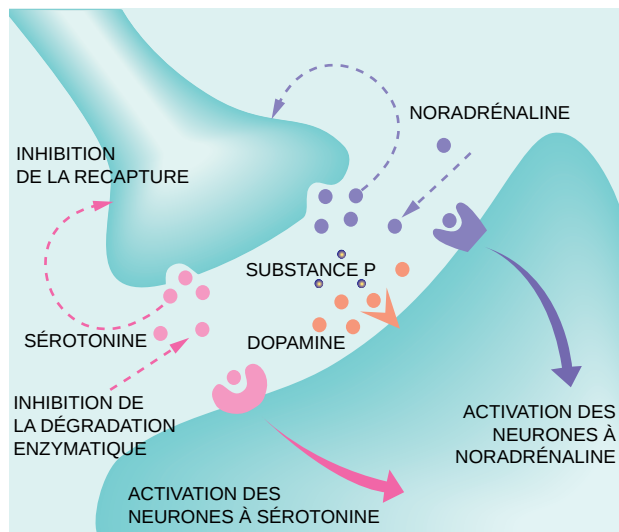
Les diamants sont éternels : leur résistance et leur inaltérabilité sont précieuses aux géologues. Les diamants, peu transformés entre leur formation en profondeur et leur découverte à la surface du Globe, préservent des informations précieuses sur les phénomènes qui se déroulent dans les profondeurs du manteau terrestre. Des doutes subsistaient toutefois sur l'origine du carbone contenu dans les diamants : nous venons de montrer qu'il provient, dans tous les cas, du manteau terrestre.

Les diamants, cristaux de carbone, proviennent d'une plus grande profondeur que tous les autres minéraux de la surface de la Terre : certains diamants proviennent du manteau inférieur, à plus de 700 kilomètres sous nos pieds. En comparaison, les fragments de roches des magmas mantéliques, parviennent rarement de plus de 200 kilomètres, et le forage artificiel le plus profond n'atteint que 15 kilomètres.

On distingue deux sortes de diamants, selon les inclusions qu'ils contiennent : les diamants péridotitiques (une péridotite est une roche à grains verts noirâtres) et les diamants éclogitiques (une éclogite est une roche massive et dure, à cristaux rouge-orangé et verts). Les diamants péridotitiques sont, sans ambiguïté, formés à partir du carbone contenu dans les roches du manteau : leurs rapports d'abondance des isotopes stables carbone 13 et carbone 12 (les noyaux des isotopes d'un élément chimique contiennent des nombres différents de neutrons) varient dans le même intervalle que pour ces roches.

En revanche, les diamants éclogitiques sont généralement plus pauvres en carbone 13. D'où vient le carbone qui les compose ? Des géochimistes ont proposé que les sédiments marins, enrichis en carbone 12 par l'activité biologique, participent en partie ou en totalité à leur formation. De tels sédiments sont, en effet, injectés dans le manteau dans les zones de subduction, où une plaque tectonique océanique passe, avec les sédiments qui s'y sont déposés, sous une autre plaque tectonique.

Comment vérifier la valeur de cette hypothèse ? Parmi les impuretés conte-



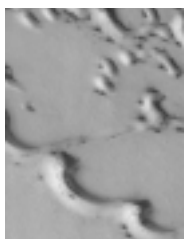
Les antidépresseurs classiques augmentent la concentration en sérotonine et en noradrénaline dans le cerveau, en bloquant leur recapture par les neurones ou en inhibant leur dégradation. L'antagoniste de la substance P agirait directement sur le système de la dopamine.

Les doigts de Saint-Antoine

Le chef-d'œuvre de Matthias Grünewald est le Retable d'Issenheim, achevé vers 1515. Selon Marcel-Francis Kahn, de l'Hôpital Bichat, Matthias Grünewald y a peint la première représentation d'une maladie vasculaire des extrémités : les doigts de Saint-Antoine y sont bleutés et atrophiés, signe d'une maladie liée à l'ergotisme (l'ergotisme est dû à la consommation d'un champignon parasite du seigle, qui est un puissant vasoconstricteur). Les doigts, gangrenés, devaient être amputés (certains personnages de la toile ont des doigts amputés). L'artiste aurait peint ces détails par reconnaissance envers la confrérie des Antonins qui l'a hébergé quelque temps et qui avait le privilège de traiter les personnes atteintes du «feu de Saint-Antoine», ultérieurement nommé ergotisme.

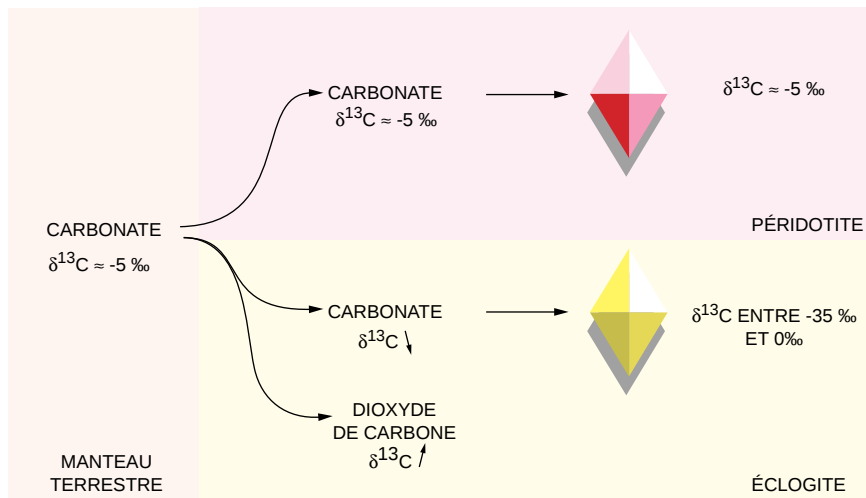
Lave et dune

La sonde *Mars Global Surveyor* a révélé de nouvelles structures géologiques à la surface de Mars : des plaques de laves solidifiées et des dunes. Les dunes martiennes étaient connues depuis la mission *Mariner 9*, en 1972, mais le mouvement du sable qui constitue les dunes a été révélé par des images du pôle Nord de Mars. Dans ces régions froides, le sable noir est recouvert de glace. Des zones de sable noir apparaissent par endroit : la glace qui les recouvrait a disparu, sublimé, ou érodée par le vent. Le vent a alors déplacé une partie de ce sable sur les dunes blanches, où les astronomes ont observé de fins filaments noirs.



Art préhistorique

La grotte Chauvet, découverte il y a quatre ans à Vallon-Pont-d'Arc, en Ardèche, commence à livrer ses secrets aux préhistoriens. Ces derniers ont découvert que des ponctuations rouges de plusieurs centimètres de diamètre ont été réalisées par l'application sur la roche de la paume de la main enduite d'ocre. Deux panneaux ont été décorés chacun par un individu différent : l'un plutôt fluide, et l'autre assez grand, probablement un homme d'environ 1,80 mètre. Par ailleurs, le comptage des animaux représentés confirme aussi la première estimation : les animaux «formidables», rhinocéros, mammoths et félins, sont largement majoritaires.



On distingue deux types de diamants naturels selon l'environnement rocheux où ils se forment à partir de carbonate. Dans les péridotites (*en haut*), le carbonate est stable et la proportion de carbone 13 ($\delta^{13}\text{C}$) dans le diamant est la même que dans les roches du manteau terrestre. Dans l'éclogite (*en bas*), une partie du carbonate se transforme en dioxyde de carbone. Lors de la séparation des deux phases, le carbonate s'appauvrit en carbone 13 et aussi le diamant.

nues dans le diamant, l'azote est la plus abondante : 70 pour cent des diamants en contiennent, et sa concentration moyenne dans le diamant est de 300 atomes pour un million. Or l'azote possède deux isotopes stables, l'azote 14 et l'azote 15, dont le rapport d'abondance est nettement différent dans le manteau et dans les sédiments océaniques. Nous avons mesuré ce rapport pour des diamants éclogitiques extraits de la mine de Jwaneng, au Botswana : il varie dans le même intervalle que pour les roches du manteau, et est incom-

patible avec une origine sédimentaire. La vie sur Terre n'est donc pas responsable de l'étrange composition isotopique en carbone 13 des diamants éclogitiques. Cette dernière résulterait de leur mécanisme de formation : en présence d'éclogites, le carbone contenu dans les roches sous forme de carbonate peut se transformer en dioxyde de carbone, ce qui modifie les rapports isotopiques dans le carbonate et, finalement, dans les diamants.

Pierre CARTIGNY et Marc JAVOY,
Institut de physique du Globe, Paris

Leptine multifonction ?

Le rôle de l'hormone anti-graisse dans l'immunité et le système vasculaire.

La leptine est une hormone connue depuis 1995 pour son action sur l'obésité grâce aux travaux de Jeffrey Friedman et de ses collègues de l'Université Rockefeller. Ils ont montré que des injections de leptine provoquaient l'amaigrissement des souris rendues obèses par suppression du gène codant la synthèse de cette hormone. Les biologistes pensent que la leptine informe le cerveau de la quantité de graisse présente dans le corps et indique si l'organisme doit continuer de se nourrir ou non. Son action se limite-t-elle à la régulation du poids ?

Récemment, des chercheurs ont identifié des récepteurs spécifiques

de la leptine sur la paroi des capillaires en développement et sur les lymphocytes T, une catégorie de globules blancs du sang. Ces résultats indiquent que la leptine pourrait intervenir dans des cas de cancer ou d'immunodépression.

En septembre 1998, Rocio Sierra-Honigmann et ses collègues de l'Université Yale ont découvert ces récepteurs sur des cellules endothéliales qui tapissent les vaisseaux sanguins humains. Afin d'étudier la fonction de la leptine dans le système vasculaire, les chercheurs ont injecté des vésicules contenant l'hormone dans les cornées (le blanc de l'œil) de rats où la croissance de vaisseaux sanguins est facilement observable. Ils ont constaté la prolifération de nouveaux vaisseaux sanguins, alors que les cornées de rats témoins qui avaient reçu des injections de solution saline sont restées intactes.