

## En bref

## UN ENSEIGNANT EFFICACE

Quelle méthode d'enseignement est la plus efficace : le cours magistral dans un immense amphithéâtre, où un professeur de renom expose son cours à des étudiants, ou le cours « pratique et dynamique » où un jeune postdoctorant, peu expérimenté, pose des questions aux étudiants, discute avec eux des problèmes et réalise des ateliers pratiques ? Le second, confirment Louis Deslauriers et ses collègues, de l'Université *British Columbia* à Vancouver. Les étudiants sont alors plus motivés et plus assidus en cours.

## GÉOMÉTRIE INTUITIVE

La géométrie plane serait intuitive : même des Indiens isolés de l'Amazonie savent ce que sont des droites parallèles et ont une bonne estimation de la somme des angles d'un triangle. Une équipe franco-américaine l'a montré en comparant les résultats de 22 adultes et 8 enfants *mundurucú* à ceux d'individus américains et français ayant des notions de géométrie. Cette aptitude n'apparaîtrait que vers l'âge de six ou sept ans. Est-elle innée ou acquise lorsque l'enfant s'approprie l'espace ?



Pièces d'argent de huit *reales* frappées à Potosi, en Bolivie, sous le règne de Philippe II, au XVI<sup>e</sup> siècle (a et b) et à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (c et d).

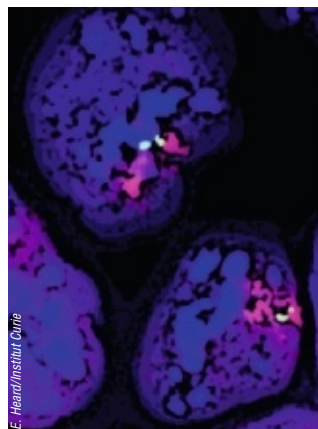
## Génétique

## La danse des chromosomes X

Chez la plupart des mammifères, les deux chromosomes sexuels des mâles, X et Y, ne se ressemblent pas, le chromosome Y étant bien plus petit que le chromosome X. Pourtant, les cellules des mâles ne souffrent pas de l'absence d'un second chromosome X. Pourquoi ? Parce que les cellules des femelles fonctionnent aussi avec un seul chromosome X : l'autre est inactivé. L'équipe d'Édith Heard, de l'Institut Curie, du CNRS et de l'INSERM, a précisé le mécanisme de cette inactivation.

L'extinction d'un chromosome X a lieu très tôt lors du développement et se conserve sur des centaines de divisions cellulaires. Dans le « centre d'inactivation » d'un des deux chromosomes X (au hasard), un gène majeur de l'inactivation, nommé *Xist*, s'exprime. Il commande la synthèse d'un ARN *Xist* non codant (il ne produit pas de protéine) qui recouvre l'ensemble du chromosome X dont il

est issu. Cet ARN empêche ainsi les gènes de ce chromosome de s'exprimer. Mais un autre ARN non codant, *Tsix* (un transcrit anti-sens de *Xist*), peut à son tour bloquer la production de *Xist* ; un phéno-



Dans le noyau (en bleu) de cellules souches de souris en cours de différenciation, l'un des deux chromosomes X (en bleu vert) est éteint par la surexpression d'un ARN non codant nommé *Xist* (en rose).

mène d'opposition complexe entre ces deux ARN non codants impose l'extinction de l'un ou l'autre des deux chromosomes X.

É. Heard et ses collègues ont pour la première fois observé en temps réel la dynamique spatio-temporelle d'extinction du chromosome X dans des cellules souches embryonnaires de souris. Ils ont assisté à un ballet de chromosomes : ils entrent en contact en des régions précises, notamment au niveau des centres d'inactivation. Au début de la différenciation, les régions portant le gène *Tsix* restent accolées pendant 45 minutes, de sorte que l'un des deux gènes *Tsix* s'éteint. Cela permettrait l'expression et l'accumulation de l'ARN non codant *Xist* sur le chromosome portant le gène actif. Ce contact prolongé constituerait le début du processus qui détermine lequel des chromosomes X est éteint.

→ B. S.-L.

O. Masui et al., *Cell*, vol. 145(3), pp. 447-458, 2011

## Archéologie

## L'argent espagnol d'Europe et d'Amérique

Entre 1505 et 1650, les prix ont été multipliés par six en Europe occidentale. Cette « révolution des prix » a été attribuée à l'apport de l'argent des Amériques dans la masse monétaire européenne. Pour confirmer ou infirmer cette hypothèse, Anne-Marie Desauty, à l'École normale supérieure de Lyon, et ses collègues ont étudié les compositions isotopiques en plomb, cuivre et argent de 91 monnaies d'argent antérieures et postérieures à la découverte des Amériques.

Les résultats montrent d'abord que les pièces espagnoles européennes du XVI<sup>e</sup> et du début

du XVII<sup>e</sup> siècle n'ont pas été frappées à partir de métal américain. Or on estime qu'à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle et au début du XVII<sup>e</sup>, environ 200 tonnes d'argent américain arrivaient chaque année à Séville, ce qui est considérable. Mais le royaume d'Espagne le consommait immédiatement dans sa lutte pour maintenir son empire européen (Italie, Autriche, Bourgogne, Pays-Bas) contre la France et l'Angleterre, étendre son empire colonial (Philippines), contrer la domination turque en Méditerranée, etc.

C'est seulement après que le traité d'Utrecht, en 1713, consacre

le démembrement de l'Empire espagnol et la soumission de l'Espagne devenue bourbonne, que le métal américain reste enfin dans la péninsule. Les données isotopiques montrent qu'il est alors surtout d'origine mexicaine. L'argent des Amériques a ainsi été essentiellement consommé en guerres et en manœuvres politiques. Mais il aurait eu une influence indirecte sur la révolution des prix en Espagne, via son utilisation dans toute l'Europe. Les chemins de l'histoire ne sont décidément pas simples.

→ F. S.

A.-M. Desauty et al., *PNAS*, vol. 108, pp. 9002-9007, 2011

## Biophysique

## Nager dans de l'élastique

**D**es micro-organismes qui nagent dans un fluide viscoélastique ? La situation est fréquente : micro-organismes vivant dans la boue ou les fluides intestinaux, spermatozoïdes évoluant dans le liquide séminal, etc. Pourtant, les études expérimentales ont été rares jusqu'ici. Or Xiaoning Shen et Paulo Arratia, à l'Université de Pennsylvanie, viennent d'étudier les effets de l'élasticité du fluide sur la nage du ver nématode *Caenorhabditis elegans*, un organisme modèle pour les biologistes, qui fait environ un millimètre de long. Ils ont observé que l'élasticité du liquide ralentit le mouvement des vers. Leur vitesse décroît avec l'élasticité, le ralentissement pouvant atteindre 35 pour cent de la vitesse atteinte dans un fluide ordinaire comme l'eau. Ces résultats sont compatibles avec certaines études théoriques. Mais les recherches n'ont pas jusqu'ici abouti à une vision claire des mécanismes de propulsion dans un fluide viscoélastique. Il se pourrait ainsi que certains types de nage soient au contraire facilités, ce que de futures expériences devront déterminer.

→ M. M.

X. N. Shen et P. E. Arratia, *Physical Review Letters*, vol. 106, 208101, 2011

## Environnement

## Pollution isocyanique

**L'**acide isocyanique (HCNO) est l'un de ces polluants présents dans l'atmosphère dont on ignore les concentrations précises. James Roberts et ses collègues, à Boulder dans le Colorado, se sont penchés sur la question et tirent un signal d'alarme : l'acide est présent en quantité suffisamment importante dans l'atmosphère pour avoir des conséquences néfastes sur la santé.

Les chercheurs ont montré que la concentration atmosphérique de cet acide, à Los Angeles et à Boulder, villes étudiées à titre d'exemples, atteint 0,2 partie par milliard en volume. Or on sait qu'au-delà de une partie par milliard, des risques pèsent sur la santé. Ils ont en outre confirmé que l'acide isocyanique est libéré en quantités importantes avec la fumée de cigarettes, la combustion industrielle, le chauffage, les feux de forêt et même les gaz d'échappement des véhicules. Plusieurs études ont montré que l'acide isocyanique peut modifier certaines protéines dans l'organisme et accroît le risque de diverses maladies telles que la cataracte.

→ B. S.-L.

J. Roberts et al., *PNAS*, en ligne, 16 mai 2011

## DERNIÈRE minute ...

## NOUVELLES SUPERNOVAE

L'intense rayonnement des supernovae provient d'habitude de l'onde de choc dans l'étoile, de la désintégration des éléments synthétisés durant l'explosion, ou de l'interaction des éjectas avec l'hydrogène environnant. Robert Quimby, de l'Institut de technologie de Californie, a identifié six supernovae qui ne peuvent être expliquées par ces mécanismes : dix fois plus

brillantes que les supernovae classiques de types IA, elles ne présentent nulle trace d'hydrogène. Une nouvelle classe d'objets ?

## RIDES ET PLIS EN CASCADES

Quand on maintient l'un des bords d'un film de matière souple (par exemple en graphène), la surface développe des plis, comme avec des rideaux. Une équipe internationale de physiciens

a établi que la répartition de ces rides fait apparaître une hiérarchie universelle et autosimilaire, le nombre de plis augmentant comme une puissance de la distance au bord contraint. Des films de graphène aux rideaux, il n'y a qu'un pas...



Retrouvez plus d'actualités  
et toutes les références sur  
[www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

## Biologie animale

## De la royalactine pour régner

**N**otre alimentation influe sur notre vie. C'est particulièrement vrai chez les abeilles où la nourriture fait d'une larve soit une ouvrière pour la plupart, soit une reine pour les « élues ». L'aliment qui fait la différence est la gelée royale : la larve à qui les nourrices en donnent plus longtemps qu'aux autres devient reine et ce, alors que toutes les abeilles ont le même patrimoine génétique. Maski Kamakura, de l'Université de Toyama, à Imizu, au Japon, a découvert l'ingrédient qui décide d'un destin royal.

Une première série d'expériences a consisté à étudier l'évolution de la gelée en fonction du temps : au bout de 30 jours, à une température de 30 °C, la mixture perdait tout pouvoir sur le devenir d'une larve. L'analyse de la gelée à différentes étapes du processus de dégradation a mis en évidence une protéine, qui fut nommée royalactine. Purifiée en laboratoire et testée sur des larves, elle induit les trois modifications observées chez une

reine : un développement accéléré, une augmentation de la masse corporelle et celle du volume des ovaires. Plus étonnant, la royalactine déclenche les mêmes changements chez la mouche du vinaigre, la drosophile !

La royalactine active une enzyme, la kinase p70S6, qui favorise la croissance du corps et l'accélération de son développement, mais aussi la production d'hormone juvénile, un composé qui participe à l'augmentation du volume des ovaires. D'autres expériences ont révélé le rôle du récepteur au facteur de croissance épidermique (EGFR), un récepteur à la surface des cellules, dans le contrôle de ces différentes manifestations. En influant sur l'expression de plusieurs gènes via diverses enzymes, dont la kinase p70S6, ce récepteur est au cœur de nombreuses fonctions cellulaires. La royalactine activerait ce récepteur.

→ L. M.

Nature, vol. 473, pp. 478-483, 2011

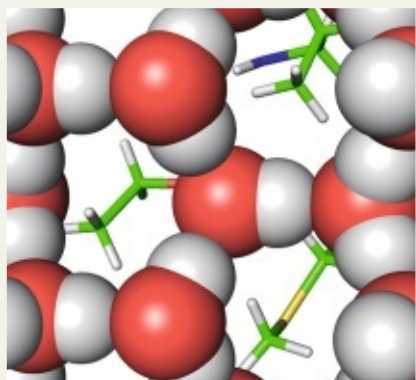


Deux larves se développent dans de la gelée royale.

## Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ MÉCANISME D'ACTION  
DES PROTÉINES ANTIGEL

Certains poissons vivant dans les eaux très froides des régions polaires de l'Arctique et de l'Antarctique ont dans leurs fluides corporels des protéines antigel qui leur permettent de survivre à des températures négatives. Ces protéines auraient plus de 38 millions d'années (voir *Les poissons à antigels de l'océan Austral*, *Pour la Science*, juin 2004, <http://bit.ly/plsoer320bis>). On sait qu'elles se lient aux germes des cristaux de glace quand ils commencent à se former, empêchant ainsi leur croissance et à terme, la mort de l'organisme. Ces protéines ont la particularité d'avoir beaucoup d'acides aminés hydrophobes en surface (contrairement à la plupart des protéines solubles dans l'eau). Comment agissent-elles ? Des physiciens et biologistes français et argentins ont trouvé pourquoi ces antigels biologiques fixent les germes de glace et non l'eau liquide : ils ont trouvé à la surface de la protéine des agrégats de quatre molécules d'eau qui permettent à la protéine d'être présente dans un fluide aqueux (sans être uniformément hydrophile) et qui imitent la structure de la glace. Pour ce faire, ils ont utilisé la technique de diffraction des neutrons qui permet de déterminer la position des atomes d'hydrogène et donc celle des molécules d'eau à la surface des cristaux de protéines. Ils ont ensuite créé un modèle d'eau glacée fondé sur ces agré-



Des acides aminés (en vert) de la protéine antigel se fixent dans les trous du cristal de glace (sphères rouges et blanches).

## → LES PERSONNES ÂGÉES NE SONT PAS MULTITÂCHES

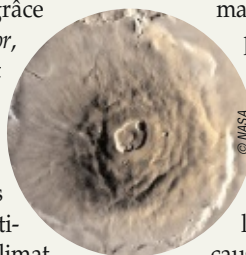
Les hommes et les femmes sont monotâches, bien que leur cerveau soit capable d'analyser deux tâches quasi simultanément... Ce sont les lobes frontaux qui sont impliqués dans l'exécution d'une action maîtrisée et intentionnelle, ayant un but précis, telle que décrire une scène. Chaque lobe frontal peut traiter une tâche en alternance avec l'autre, mais c'est si rapide qu'on a l'impression que les deux tâches sont traitées simultanément (voir *Les hommes sont-ils monotâches ?*, *Pour la Science*, mai 2011, <http://bit.ly/plsoer403>). Le cortex préfrontal joue le rôle de mémoire tampon et met provisoirement en attente l'une des deux tâches pour que l'autre soit traitée. Mais qu'en est-il chez les personnes âgées ? Elles alternent difficilement entre deux tâches, selon Wesley Clapp et ses collègues, de l'Université de Californie à San Francisco (*PNAS*, avril 2011). Les chercheurs ont enregistré l'activité cérébrale de 20 personnes âgées de plus de 60 ans pendant qu'elles devaient décrire un paysage tout en étant (ou non) distraites par une image de visage à identifier. Ils ont montré que les personnes âgées ne réussissent pas aussi bien l'exercice que des personnes plus jeunes quand le « distracteur » – le visage – est présenté. Ce n'est pas parce que les individus de plus de 60 ans prêtent davantage attention au visage, mais parce qu'ils ne sont pas capables de se « reconcentrer » sur le paysage après avoir vu le distracteur. Cela suggère une altération liée à l'âge de la flexibilité cognitive impliquant le cortex préfrontal.

gats pour placer les protéines antigel dans le réseau de glace et comprendre leurs interactions. Les cristaux de glace en formation sont constitués d'anneaux de six molécules d'eau (voir la figure), au centre desquels s'insèrent les agrégats de la protéine, ce qui déstabilise la structure.

## → COMMENT MARS ÉVOLUE

Les images et les données en provenance de Mars sont nombreuses, notamment grâce aux sondes *Mars Global Surveyor*, *Mars Odyssey*, *Mars Express* et *Mars Reconnaissance Orbiter*, en orbite autour de la planète (voir *Les paysages de Mars*, *Pour la Science*, juillet 2003). Les chercheurs tentent de reconstituer l'histoire de l'eau et du climat sur Mars. Mais pour y parvenir, il est nécessaire de comprendre l'évolution thermique de l'intérieur de la planète, qui s'exprime en surface par l'activité volcanique. En effet, un volcan, tel l'*Olympus Mons* (voir le cliché), résulte de la fusion partielle des roches du

manteau et de l'ascension de ces liquides magmatiques à la surface. La composition de ces liquides renseigne sur la température et la profondeur de leur fusion. Grâce aux mesures de *Mars Odyssey*, des chercheurs du CNRS et de l'Université Paul Sabatier à Toulouse ont étudié dans 12 régions volcaniques martiennes l'évolution de plusieurs éléments chimiques (le silicium, le fer et le thorium notamment), sensibles aux conditions de fusion. Ils ont montré qu'avec le temps, la température du manteau a diminué, la lithosphère (formée de la croûte et du manteau supérieur) s'est épaissie et les magmas ont une origine de plus en plus profonde (*Nature*, avril 2011). Ainsi, le refroidissement thermique du manteau martien serait de 30 à 40 °C par milliard d'années. Il est plus lent que sur Terre (70 à 100 °C par milliard d'années), probablement à cause de l'absence de tectonique des plaques sur Mars. Encore un indice révélant la spécificité de la Terre, qui devrait permettre d'en apprendre davantage sur son histoire et les relations entre ses profondeurs et l'évolution de son climat.



→ Bénédicte Salthun-Lassalle

# ■ POUR LA SCIENCE

**VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE**

**1 an au prix de 48 €**

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de 5,20 €

Pour consulter et télécharger  
en toute liberté sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)  
les 12 prochains numéros  
dès leur parution.



**Oui, je m'abonne**  
à *Pour la Science* 100 % numérique  
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes  
les offres d'abonnement disponibles  
**en cliquant ici.**

## POINT DE VUE

# Vitamine D : des insuffisances à éliminer

*Plus de 40 pour cent des Français manquent de vitamine D. Ce problème de santé publique a pourtant des solutions simples, les ampoules de vitamine étant peu coûteuses.*

**Laure ESTERLE**

**L**a vitamine D joue un rôle essentiel dans la régulation du métabolisme du phosphore et du calcium et dans la qualité des os, surtout chez le nourrisson, au cours de la croissance, mais aussi chez l'adulte et les personnes âgées. Les recommandations quant aux besoins et apports en vitamine D ont permis d'éradiquer le rachitisme, encore fréquent en France il y a environ 40 ans. Pourtant, des efforts restent à faire pour éliminer l'insuffisance en vitamine D.

La source majeure de vitamine D n'est pas alimentaire. Les aliments en contiennent peu, à l'exception des poissons de mer gras. L'alimentation moyenne en France n'apporte que deux à quatre microgrammes par jour de vitamine D, soit 80 à 160 unités internationales par jour (UI/j), alors que les besoins quotidiens des adultes sont estimés à 5-10 microgrammes par jour, soit 200 à 400 UI/j. De plus, certains régimes, végétariens stricts ou macrobiotiques, favorisent une carence.

La source majeure de vitamine D est la vitamine D<sub>3</sub> synthétisée dans les couches profondes de l'épiderme sous l'action des ultraviolets B du Soleil. Aux latitudes comprises entre 40 et 50 degrés, comme en France, l'intensité des ultraviolets n'est suffisante qu'entre juin et octobre, d'où une fluctuation saisonnière importante. De plus, la pollution atmosphérique, la pigmentation de la peau, une faible exposition au soleil (temps couvert, port de vêtements couvrants, usage de crème solaire) peuvent réduire son efficacité.

Le niveau de vitamine D chez un individu doit être estimé non pas à partir des apports alimentaires (environ 30 pour cent

des apports), mais en dosant dans le sang la 25-(OH)D, qui est la forme sous laquelle l'organisme stocke la vitamine.

Des concentrations de 25-(OH)D inférieures à 10 ou 12 nanogrammes par millilitre correspondent à une carence en vitamine D, avec des effets à court et moyen termes connus et nécessitant une prise en charge médicamenteuse : rachitisme et son équivalent chez l'adulte, densités osseuses insuffisantes chez les adolescents ou les personnes âgées, etc.

En revanche, il n'existe pas de consensus concernant le seuil d'« insuffisance », source d'un vif débat aujourd'hui aux États-

## LES AUTORITÉS DE SANTÉ n'ont jamais adopté une position franche concernant la vitamine D chez les adolescents et les adultes.

Unis : nombre de chercheurs et praticiens préconisent une augmentation du seuil d'insuffisance, au-dessous duquel le risque à long terme serait notable et exigerait un apport préventif en vitamine D. Ce seuil varie beaucoup selon les études, avec des concentrations de 25-(OH)D allant de 20-30 nanogrammes par millilitre jusqu'à plus de 80 nanogrammes par millilitre.

Le seuil d'insuffisance est fondé sur des résultats d'études d'associations entre la concentration de 25-(OH)D et le risque de fractures et d'aggravation de la perte osseuse chez les femmes de plus de 55 ans et les hommes de plus de 65 ans, ou le risque de cancer (sein et côlon, essentiellement), ou de maladies auto-immunes telles que

sclérose en plaques, diabète ou polyarthrite rhumatoïde, ou encore de pathologies cardiovasculaires.

Toutefois, ces études d'associations ne permettent pas de savoir si les niveaux de 25-(OH)D inférieurs au seuil augmentent réellement le risque de ces pathologies ou si elles témoignent seulement d'un mauvais état général des personnes à risque. Une autre difficulté d'interprétation est que les concentrations initiales de 25-(OH)D sont très variables d'une étude à l'autre.

En outre, il n'est pas aisé de préciser les liens entre vitamine D et cancers. En effet, de nombreuses femmes ménopausées reçoivent de la vitamine D et du calcium pour prévenir l'ostéoporose, mais on soupçonne que le calcium réduit le risque de certains cancers. Aussi est-il difficile de distinguer le rôle du calcium de celui de la vitamine D, notamment dans les études sur le cancer du sein et les cancers colorectaux chez ces femmes.

Par ailleurs, les seuils d'insuffisance n'ont pas encore été validés par des études d'intervention (plutôt que des études d'observation), où une supplémentation en vitamine D est mise en œuvre de façon contrôlée. Enfin, les effets à long terme d'une concentration élevée de 25-(OH)D restent à étudier.

Pour l'heure, il semble raisonnable de maintenir une concentration de 25-(OH)D supérieure à 20-30 nanogrammes par millilitre, surtout chez les personnes âgées, en raison du risque avéré de fractures, et chez les nourrissons, en raison d'un risque possible de diabète insulino-dépendant.

Pour atteindre ces seuils, notamment chez les sujets à risque de carence, une pro-