

En bref

FARINE DE 30 000 ANS

Sur trois sites archéologiques européens du Paléolithique moyen-supérieur, des chercheurs italiens, russes et tchèques ont détecté, sur des pierres identifiées comme des pilons et des mortiers, des grains d'amidon. Ces grains proviendraient de diverses racines, tel le rhizome de roseaux à massette et de fougères. Les racines étaient probablement pelées, séchées, broyées et cuites, étapes nécessaires pour éliminer leur toxicité et augmenter l'apport calorique.

ÇA SENT LE VINAIGRE !

On n'attire pas les mouches avec du vinaigre ? L'adage est à revoir ! Johannes Stökl, de l'Institut Max Planck pour l'écologie chimique, à léna, en Allemagne, et ses collègues, ont montré qu'une fleur, *Arum palaestinum* libère des fragrances rappelant le vinaigre pour attirer spécifiquement des mouches drosophiles, c'est-à-dire les mouches du... vinaigre. De fait, le bouquet de l'arum et des composés obtenus par fermentation activent les mêmes régions du système nerveux de l'insecte.



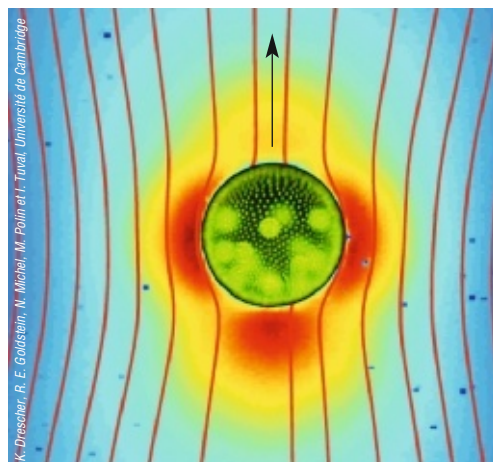
L'empreinte de l'environnement sur les gènes se transmettrait des pères à leurs filles.

Biophysique

Dans le sillage agité des algues nageuses

De nombreux micro-organismes peuplent les mers, les lacs ou... nos intestins. Chacun, en se déplaçant, crée des courants qui influent sur les mouvements de ses congénères. Les mouvements collectifs engendrés conditionnent la survie et la croissance des colonies en facilitant l'accès aux nutriments et à l'oxygène ; dans les océans, le brassage produit par le plancton et les microalgues favoriserait l'absorption du dioxyde de carbone dissous par le phytoplancton et la production d'oxygène qui en découle. En mesurant en vidéo-microscopie les courants produits par des microalgues en mouvement, deux équipes ont constaté que l'influence d'un micro-organisme sur son environnement est complexe : les courants créés varient selon l'organisme, voire au fil du mouvement d'un même organisme.

La première équipe, de l'Université de Cambridge, en Grande-Bretagne, a mesuré la vitesse moyenne de microbilles en suspension autour de deux microalgues : *Volvox carteri*, une algue sphérique de 400 micromètres de diamètre se déplaçant grâce à un millier de petites cellules flagellaires réparties sur sa surface, perturbe le fluide sur un plus vaste rayon et plus fortement que prévu à très courte distance ; quant à *Chlamydomonas reinhardtii*, une algue verte unicellulaire de 10 micromètres de longueur nageant la «brasse» au moyen de deux flagelles, elle crée des tourbillons sur les côtés et un courant devant elle.



En nageant avec ses nombreux flagelles, la microalgue *Volvox carteri* (en vert) attire le fluide (lignes rouges) et augmente sa vitesse (la vitesse est d'autant plus grande que le fluide est rouge).

La seconde équipe, du Collège Haverford, aux États-Unis, a analysé la vitesse de microbilles similaires durant un mouvement de «brasse» de *Chlamydomonas reinhardtii* : en un mouvement, l'algue non seulement crée les tourbillons et le courant décrits par l'équipe de Cambridge, mais, en ramenant ses flagelles le long de ses parois, inverse le sens de ces écoulements. La mécanique des fluides décrit bien les comportements observés. Reste à étendre l'étude à un ensemble de plusieurs organismes ou à d'autres structures telles que les bactéries ou le plancton.

→ M.-N. C.

K. Drescher et al., *Physical Review Letters*, vol. 105, 168101, 2010 ;
J. Guasto et al., *Physical Review Letters*, vol. 105, 168102, 2010 ;
D. Saintillan, *Physics*, doi : 10.1103/Physics.3.84, 2010

Génétique

Pères gras, filles diabétiques ?

Chez l'animal, des mères obèses durant la gestation et la lactation enfantent plus souvent que la normale des petits atteints eux-mêmes d'obésité ou de maladies métaboliques à l'âge adulte. Le surpoids des pères a-t-il aussi un effet sur la descendance ? Probablement, montre l'équipe de Margaret Morris, de l'Université des Nouvelles Galles du Sud, à Sydney : des femelles de rats sont plus souvent atteintes de diabète si leur géniteur a été nourri trop grasement.

Les chercheurs australiens ont soumis neuf rats mâles à un régime

hypergras dès leur quatrième semaine, et huit rats contrôles à un régime normal, puis les ont mis chacun en présence d'une femelle nourrie normalement, pour qu'ils se reproduisent. Les descendants femelles ainsi obtenus ont présenté, à partir de quatre semaines, deux signes de diabète dont l'intensité a augmenté avec l'âge. La cause en était la réduction du volume des îlots de Langerhans, qui, dans le pancréas, produisent l'insuline. De plus, l'expression de plusieurs centaines de gènes y était anormale.

Ces résultats suggèrent que des changements chimiques, dits épi-

génétiques, sont intervenus dans l'ADN des spermatozoïdes des pères : des variations de la méthylation de l'ADN (la fixation de groupes méthyle en différents sites de la molécule), qui perturbent l'expression de certains gènes. Ainsi, en modifiant l'expression des gènes paternels, l'alimentation exercerait des effets d'une génération de rats à la suivante. Chez l'homme, il est vraisemblable que des facteurs liés au mode de vie influent aussi sur la régulation épigénétique et l'expression des gènes.

→ J.-J. P.

S.-F. Ng et al., *Nature*, vol. 467, pp. 963-967, 2010

tamaco

small size agency, big market

COMMUNIQUER LA SCIENCE ET LES TECHNOLOGIES EST UN MÉTIER ! NOUS EN AVONS FAIT LE NÔTRE...

communication scientifique
relations presse
conseils
innovation

tamacoscience

communication institutionnelle
communication d'entreprise
identité visuelle

tamacodesign

design interactif
lancement de produits
site web
vidéo

tamacolab

événements scientifiques
logistique & organisation
congrès BtoB
...

tamacoevents

PARIS
AIX-EN-PROVENCE

187 RUE DU TEMPLE 75003 PARIS, T. +33 (0)6 98 38 89 01
24 RUE EMERIC DAVID 13100 AIX-EN-PROVENCE, T. +33 (0)4 42 61 11 24

www.tamaco.fr

Climatologie

Les vents soufflent moins fort

Dans la plupart des régions continentales de l'hémisphère Nord, la vitesse des vents de surface a diminué en 30 ans (entre 5 et 18 pour cent), en partie en raison de l'augmentation de la couverture forestière. C'est ce que concluent Robert Vautard et ses collègues du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, à Gif-sur-Yvette, et du Centre européen de prévision météorologique à moyen terme (CEPMET), à Reading, en Grande-Bretagne.

Les chercheurs ont analysé les mesures de vitesse du vent effectuées entre 1979 et 2008 à dix mètres au-dessus du sol, dans 822 stations météorologiques. Il apparaît que les vents de surface, notamment les plus forts, ont diminué dans les zones tempérées de 10 pour cent en moyenne en 30 ans : 8,7 pour cent, par exemple, en Europe. Cela confirme à une échelle semi-globale un phénomène jusque-là observé à l'échelle régionale, notamment en Chine, aux Pays-Bas ou en Australie.

Divers arguments suggèrent que la régression des vents de surface est due, non à une variation de la circulation générale de l'atmosphère, mais à des changements de la « rugosité » de surface des régions concernées. Les chercheurs ont effectivement remarqué que les régions où le vent a le plus dimi-

nué sont celles où la végétation (repérée par l'indice normalisé NDVI), suivie par satellites, a le plus augmenté : la baisse est trois fois supérieure dans les zones d'indice élevé que dans celles où il est faible. Ainsi, l'augmentation de la couverture végétale dans les zones tempérées – moindre déforestation, superficies jadis agricoles regagnées par des fourrés puis des forêts – rendrait compte de 25 à 60 pour cent du déclin des vents.

→ J.-J. P.

Nature Geoscience, vol. 3, pp. 756-761, 2010



La réduction des vents aura-t-elle des répercussions sur la production d'énergie par les éoliennes ?

Biologie

Comment se forme un cil cellulaire ?

La plupart des cellules de l'organisme ont un cil primaire, c'est-à-dire une sorte d'antenne portant à sa surface des récepteurs qui détectent des substances de l'environnement cellulaire. Comment se forme ce cil ? Manuel Théry, du Laboratoire de physiologie cellulaire et végétale au Commissariat à l'énergie atomique de Grenoble, et ses collègues ont montré que la forme des cellules contrôle l'apparition du cil primaire.

Le cœur du cil, l'axonème, est constitué de microtubules qui lui confèrent sa tenue mécanique et guident le transport de molécules. Il naît d'une structure cellulaire nommée centrosome. Celui-ci s'ancre dans la membrane cytoplasmique, s'allonge et donne naissance au cil primaire. Les cellules formant un tissu se divisent et prolifèrent. À certaines étapes du développement, elles arrêtent de se diviser et entrent dans une phase de repos, ou « quiescence ». C'est à ce moment que le centrosome engendre la croissance du cil primaire.

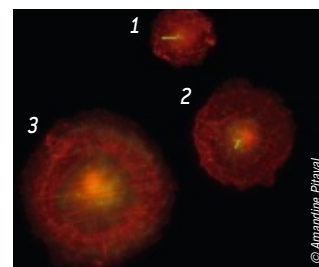
On pensait que c'était l'arrêt de la prolifération qui déclenchait la formation de ce cil. Mais il n'en est rien : l'apparition du cil, au moment où la cellule est quiescente, dépend des contraintes spatiales imposées à cette cellule. Les biologistes grenoblois ont montré que seules les cellules confinées dans un espace réduit assemblent un cil ;

les cellules libres d'occuper un espace plus grand ne le font pas. Pourquoi ? Quand des cellules sont confinées, leur réseau d'actine – les fibres de soutien – forme à leur surface dorsale (au-dessus du noyau) une structure nommée pôle apical. Le centrosome s'y dirige et y assemble le cil.

En revanche, lorsque les cellules ont davantage de place, le réseau d'actine ne produit pas de pôle apical. Le centrosome migre alors contre la surface ventrale (au-dessous du noyau) de la cellule et ne parvient pas à assembler le cil. C'est donc l'organisation spatiale du réseau d'actine et de microtubules, en réaction à la géométrie de l'environnement cellulaire, qui détermine la capacité des cellules à former un cil primaire.

→ B. S.-L.

J. Cell. Biol., vol. 191, pp. 303-312, 2010



Un cil primaire (en vert) est visible sur les deux petites cellules épithéliales de rétine (1 et 2, en rouge, le réseau d'actine). Aucun cil ne se forme dans la grosse cellule moins confinée (3).

DERNIÈRE minute ...

LA CHARGE ANNULÉE PAR LA GRAVITÉ

En électrodynamique quantique, la charge de l'électron caractérise l'intensité de l'interaction électron-photon. Sa valeur dépend en fait de l'échelle d'énergie en jeu. Que devient-elle à très haute énergie ? Une analyse de David Toms, de l'Université de Newcastle, en Grande-Bretagne, montre que des corrections quantiques dues à l'interaction gravitationnelle font tendre

vers zéro la charge électrique quand l'énergie augmente. Un résultat qui confirme des études restées controversées.

NARBONNE, UN PORT ANTIQUE IMPORTANT

Déjà connue, l'importance du port antique de Narbonne se confirme. Une équipe mixte du CNRS, de l'INRAP et de l'Université de Montpellier vient d'y découvrir une zone portuaire

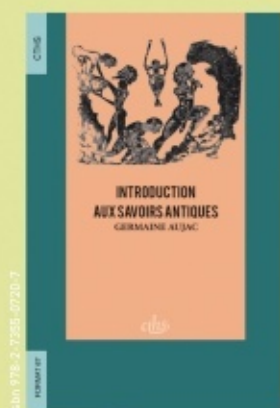
dédiée au transfert du vin, une plage aménagée pour l'accostage des embarcations légères et divers équipements portuaires dont des appontements, les ancrages d'une machine élévatrice, plus de 200 pieux...



Retrouvez plus d'actualités et toutes les références sur www.pourlascience.fr

Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines



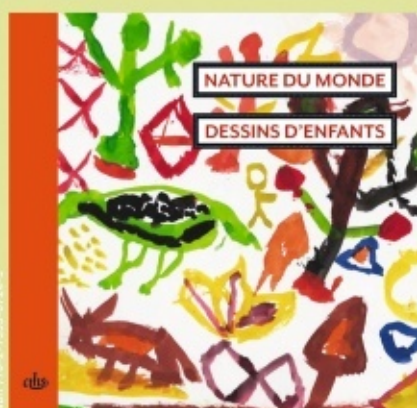
● Introduction aux savoirs antiques

Germaine Aujac

Vaste et approfondie, toujours concrète, la culture générale du citoyen gréco-romain continue de nous surprendre. Cette étude explore l'usage que les Anciens faisaient de leurs connaissances théoriques et pratiques au quotidien. Elle montre aussi, textes à l'appui, que leurs préoccupations n'étaient curieusement pas si éloignées des nôtres.

Spécialiste de géographie grecque et d'astronomie sphérique, Germaine Aujac s'intéresse ici à l'élaboration d'un idéal de civilisation sur plus de huit siècles d'Antiquité, d'Hésiode à Marc-Aurèle.

399 p., 12 x 18,5 cm, 15 €



● Nature du monde, dessins d'enfants

Hélène Pagezy, Stéphanie Carrière et Catherine Sabinot (dir.)

À l'initiative d'anthropologues, cet ouvrage rassemble plus de deux cents dessins réalisés par des enfants de onze régions du monde. Munis de feutres, de crayons, de gouache et de papier à dessin, ils ont livré leurs connaissances et leurs perceptions d'une nature familière, domestique ou sauvage. Utilisant leurs connaissances fines du contexte socioculturel ou écologique, les chercheurs nous livrent les clés permettant de décrypter chaque représentation graphique. Au-delà des savoirs sur les natures et les cultures du monde, ces dessins nous étonnent et nous invitent à l'évasion.

264 p., ill. couleur, 24 x 22 cm, 27 €



● Des images et des mots : les documents figurés dans les archives

Christiane Demeulenaere-Douyère, Martine Plouvier et Cécile Souchon (dir.)

Depuis les sceaux du Moyen Âge et les enluminures des chartes royales jusqu'à la moderne Marianne courant au frontispice des documents officiels contemporains, l'image est une marque du pouvoir. Mais de tout temps, l'Administration a aussi utilisé dessins et photographies pour informer, garder une trace, justifier une action, faire de la propagande... Cet ouvrage apporte un éclairage sur un large éventail de l'iconographie administrative et documentaire, étudiée et questionnée en considération des principales missions des services d'archives : collecter, conserver, valoriser.

430 p., ill. noir et blanc, 17 x 22 cm, 35 €

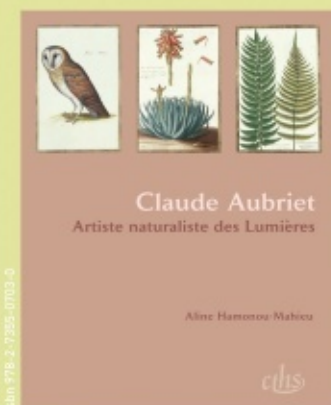


● Voyages et voyageurs

Sources pour l'histoire des voyages
Thérèse Charmasson (dir.)

Qu'il s'agisse de voyages dans des pays lointains ou proches, voyages d'explorations, expéditions ou missions scientifiques, voyages d'études, voyages diplomatiques et voyages d'agrément, ou de déplacements dans les limites du territoire national, les sources de l'histoire des voyages, dans les différentes acceptions de ce terme, sont multiples et souvent dispersées. Cet ouvrage attire l'attention sur un certain nombre de sources susceptibles d'intéresser tous ceux que rassemble un même intérêt pour le voyage, à quelque discipline qu'ils se rattachent.

392 p., ill. noir et blanc, 17 x 22 cm, 29 €



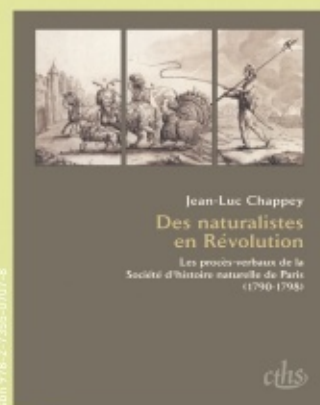
● Claude Aubriet, artiste naturaliste des Lumières

Aline Hamonou-Mahieu

Avec la fin du ^{xvi}e siècle, l'histoire naturelle émerge en tant que véritable science. Nommé « peintre du roi », Claude Aubriet collabora, sous l'égide de l'Académie royale des sciences, avec plusieurs académiciens de renom : Tournefort, qu'il accompagna pour un voyage de plus de deux ans au Levant, Jussieu, Vaillant, Réaumur...

Cet ouvrage s'appuie sur une iconographie variée, choisie dans l'immense quantité de dessins produits par l'artiste au cours d'un demi-siècle de travail acharné au service des savants.

217 p., ill. couleur, 21 x 27 cm, 35 €



● Des naturalistes en Révolution : les procès-verbaux de la Société d'histoire naturelle de Paris (1790-1798)

Jean-Luc Chappey

Ces procès-verbaux constituent des sources exceptionnelles pour l'analyse du fonctionnement d'une société savante pendant une période riche en transformations théoriques et méthodologiques. Permettant de mettre à distance certains des stéréotypes et des interprétations canoniques véhiculés par l'histoire des sciences, ces sources précieuses permettent de saisir au plus près les respirations du travail des naturalistes et confirmer l'importance de l'histoire naturelle dans les dynamiques tant scientifiques que politiques de la Révolution française.

346 p., 21 x 27 cm, 28 €

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ DES NANOTUBES
CELLULAIRES ÉLECTRIQUES

Qu'elles soient neuronales ou immunitaires, les cellules communiquent entre elles en formant des synapses, voire des nanotubes (voir *Dialogue entre cellules immunitaires*, *Pour la Science*, mars 2006, <http://bit.ly/plsoer341>). Ces structures, identifiées pour la première fois en 2004, sont formées de membranes cellulaires. Elles constitueraient un système de communication sur de longues distances, permettant à deux cellules d'échanger de petites molécules, mais leur rôle précis reste inconnu. En enregistrant l'activité électrique de tels tubes reliant deux cellules rénales de rat en culture, des scientifiques norvégiens ont montré que les nanotubes connectent électriquement deux cellules : ils transportent un signal électrique dans les deux sens, sur des distances allant de 10 à 70 micromètres (*PNAS*, 20 septembre 2010). En outre, ces nanotubes existeraient pour diverses cellules animales et naîtraient au niveau de jonctions cellulaires dites communicantes ou gaps, c'est-à-dire des canaux dans les membranes des cellules. Voilà un mécanisme possible de synchronisation électrique des cellules... à distance.

→ LE CORBEAU UTILISE
UN OUTIL POUR BIEN MANGER

La réputation des corbeaux et des corneilles – de proches cousins – n'est plus à faire : ce sont des oiseaux intelligents, c'est-à-dire qu'ils ont un cerveau bien développé, sont capables de comportements innovants, ont une compréhension cohérente de leur environnement physique et vivent en groupes sociaux complexes, où chaque individu a une idée de ce qui se passe dans l'esprit de ses congénères. Le corbeau calédonien (un petit corvidé endémique à la Nouvelle-Calédonie) est de ceux-là : il fabrique et utilise des outils pour chercher sa nourriture. Par exemple, il découpe des sortes de « fourchettes à escargots » dans des feuilles dures ou taille des branchettes de façon que leur extrémité pré-

→ COUP FRANC EN SPIRALE

Plusieurs joueurs de football sont capables de brosser leur ballon pour lui imprimer une trajectoire courbe (voir *L'art du ballon bien brossé*, *Pour la Science*, juin 2004, <http://bit.ly/plsoer320>). Mais rien n'égale le coup franc de Roberto Carlos lors d'un match France-Brésil en 1997. Le ballon, frappé de face avec l'intérieur du pied gauche, part vers la droite du tireur et effectue une courbe vers la gauche. Il semble cependant manquer la cage quand sa trajectoire s'incurve brusquement : le ballon frappe le poteau et rentre dans les filets. Le gardien français, Fabien Barthez, n'a pas bougé. Des physiciens français ont étudié ce phénomène et l'expliquent (*New Journal of Physics*, 2 septembre 2010) en le reconstituant avec de petites balles de plastique tournant sur elles-mêmes et tirées à grande vitesse dans de l'eau. Les chercheurs ont trouvé de nouvelles équations décrivant une trajectoire en spirale lorsqu'une sphère en rotation traverse un fluide à grande vitesse. L'effet Magnus explique déjà pourquoi une balle avec de l'effet adopte une trajectoire courbe : en tournant sur elle-même, la balle entraîne les filets d'air qu'elle traverse. Ces derniers sont accélérés d'un côté de la sphère et ralentis de l'autre. Cette différence d'écoulement crée une légère dépression qui attire la balle vers l'intérieur de la trajectoire, laquelle dessine une spirale exponentielle. Mais, dans le cas de ce coup franc, un autre phénomène survient. Quand la vitesse de la balle est suffisamment réduite, la courbure de la trajectoire augmente et la vitesse de rotation diminue : le ballon s'inscrit alors, de façon brutale, sur une spirale différente. En outre, les physiciens précisent qu'un tel coup franc n'est possible qu'à partir d'une certaine distance : environ 35 mètres. Celle justement qui séparerait R. Carlos du but de F. Barthez...

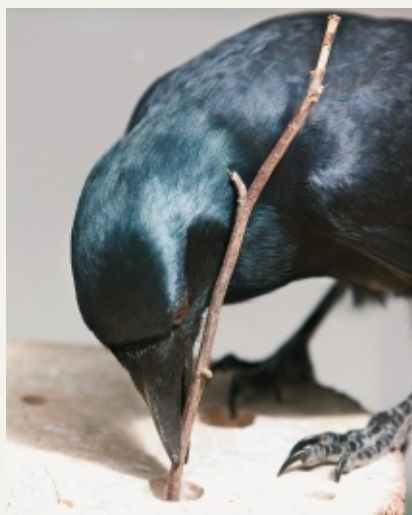


© Shutterstock/Intelektual

sente un crochet (voir *Rusé comme... un corbeau*, *Pour la Science*, octobre 2004, <http://bit.ly/plsoer324>). Ce genre de baguette lui permet notamment de déloger des larves de coléoptères hors de trous

d'arbres pourris. Mais ce comportement, qui se transmet de génération en génération, est long à apprendre pour les jeunes et difficile à mettre en œuvre, même pour un adulte expérimenté. Alors pourquoi se donner tant de mal pour se nourrir ?

Des chercheurs anglais ont déterminé la composition des repas des corbeaux en analysant certains isotopes, d'azote notamment, dans les plumes et le sang des oiseaux (les larves portent en effet dans leur flore intestinale des bactéries particulières fixant l'azote). Ainsi, quelques larves suffisent aux besoins énergétiques quotidiens d'un corbeau, tant elles sont riches, en lipides notamment (*Science*, 16 septembre 2010). Le corbeau tire donc un avantage rapide et important de sa récolte de larves. Les chercheurs ont d'ailleurs montré que pour ce faire, le corbeau pique la larve dans son trou avec la baguette jusqu'à ce que la proie réagisse et morde ou s'accroche à l'objet ; le corbeau retire alors le bâton et déguste son repas.



Simon Walker

Avec cette baguette, le corbeau importune une larve pour qu'elle s'accroche au bâton : il la remontera alors pour la consommer.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle



Futura-Sciences, le magazine de la découverte, de la science et de l'innovation

WWW.FUTURA-SCIENCES.COM



- **Actualités** : l'actu des sciences et des technologies analysée en continu.
- **Dossiers** : du réchauffement climatique à la grippe A, les enjeux clés en images avec plus de 800 dossiers.
- **Forums** : 50 forums thématiques pour poser toutes vos questions et échanger avec 300 000 membres.
- **Questions / réponses** : des réponses simples à des questions du quotidien.
- **Services** : fonds d'écran, cartes virtuelles, emploi, téléchargements, puzzles...



Retrouvez tous ces thèmes sur
www.futura-sciences.com

Grippe A

Nutrition
Environnement

Jardinage

Réchauffement climatique

POINT DE VUE

Climat : distinguer incertitude et ignorance

Les conclusions du débat organisé par l'Académie des sciences autour de la question du réchauffement climatique rejoignent celles du GIEC. Un pas vers un climat scientifique plus serein ?

Hervé LE TREUT

La question du changement climatique est l'enjeu d'inquiétudes et d'intérêts allant bien au-delà de la science. La communauté scientifique a fait le diagnostic d'un risque climatique depuis les années 1970, sur la base d'éléments qui sont désormais peu contestés. La teneur atmosphérique en dioxyde de carbone et en plusieurs autres gaz à effet de serre ne cesse d'augmenter, après une période de quasi-stabilité durant les 10 000 dernières années de l'histoire de la planète. Dès 1979, un rapport de l'Académie des sciences américaine a montré que beaucoup de travaux scientifiques convergeaient pour indiquer qu'un doublement de la teneur en dioxyde de carbone suffirait à engendrer des évolutions climatiques majeures.

La conscience de ce risque a conduit à la création, en 1988, du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), groupe de scientifiques bénévoles et constamment renouvelés chargé d'exprimer les éléments de consensus et de désaccord au sein de la communauté scientifique. Le GIEC a exploré largement les enjeux du problème climatique, des bases physiques du changement aux aspects socio-économiques, en passant par l'étude des impacts.

Le GIEC s'appuie sur une méthode qui a été améliorée au fil du temps et qui laisse une large place aux interactions et au partage d'information : revue des articles publiés dans des journaux à comité de lecture, rédaction de plusieurs versions successives d'un rapport revu par un grand nombre de scien-

tifiques (dont les remarques sont étudiées et font systématiquement l'objet d'une réponse publique), élaboration d'un résumé « pour décideurs ». De plus, toutes les informations mentionnées dans le résumé doivent provenir du document complet, et le résumé doit faire consensus (aucun élément ne peut être intégré au résumé contre l'avis d'un quelconque des experts qui sont nommés à cet effet par chaque gouvernement).

Cette expertise collective est nécessaire, car chaque année plusieurs dizaines

LES ACADEMIES CONSTITUENT, par leur interdisciplinarité, l'un des lieux privilégiés pour un débat serein et approfondi.

de milliers d'articles scientifiques sur le changement climatique sont publiés, et aucune personne ne peut à elle seule les synthétiser. Enfin, un rapport récent d'un comité interacadémique sur le fonctionnement du GIEC en a validé la démarche et les résultats, demandant essentiellement d'en renforcer l'organisation.

Mais quels que soient ses mécanismes et le soin apporté à sa mise en œuvre, aucune expertise n'est possible sans qu'une confiance réelle ne soit accordée à la communauté scientifique. Personne ne peut refaire les calculs ni suivre en détail un argumentaire qui repose sur plusieurs décennies de travail, et il est nécessaire d'être convaincu que les scientifiques effectuant ce travail le font avec honnêteté et

compétence. De ce point de vue, les accusations que l'ensemble de la communauté scientifique travaillant dans le domaine de la climatologie se comporterait comme un clan solidaire, mafieux, pour défendre des positions relevant d'une forme de complot, et, parallèlement, la mise en doute de l'honnêteté de la démarche du GIEC, ont pu avoir un rôle dévastateur.

Une question se pose alors : où sont les lieux de contre-expertise ? Comment peut-on débattre de la légitimité d'une discipline scientifique dont les fondements seraient brusquement remis en question ? Certainement pas dans les médias grand public, du moins pas exclusivement. Le rôle des académies est essentiel de ce point de vue, puisqu'elles rassemblent des scientifiques de disciplines diverses, cette interdisciplinarité étant un gage d'indépendance. Elles constituent donc l'un des lieux privilégiés pour ce débat « serein et approfondi » que les scientifiques concernés ont appelé de leurs vœux au printemps 2010 en s'adressant à Valérie Pécresse, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. En France, un autre lieu d'expertise pluridisciplinaire en situation de porter une telle démarche est le Comité national de la recherche scientifique.

L'Académie des sciences, saisie par la ministre, a alors organisé un débat qui a porté avant tout sur les méthodes de la recherche climatologique. Il ne m'appartient pas de commenter les modalités d'un débat dont je n'ai été qu'un des participants, sinon pour souligner le travail qu'il a réclamé aux personnes qui l'ont organisé et en ont signé le rapport

[Jean Salençon, Alain Carpentier, Jean-Loup Puget, et René Blanchet], et pour indiquer qu'il ne s'est pas limité à la journée de débat du 20 septembre, mais a été précédé et suivi d'un grand nombre de contributions écrites.

Ce rapport rejoint ceux des Académies américaine ou britannique. Il confirme les éléments principaux du rapport du GIEC (augmentation des gaz à effet de serre, évolution significative et conjointe d'un grand nombre d'indicateurs climatiques, rôle majeur des gaz à effet de serre dans cette évolution) et il aborde le rôle des modèles climatiques qui constituent un outil indispensable pour prédire ces évolutions dans le futur.

Il pointe aussi les éléments d'incertitude associés à ces prévisions. Ce point mérite commentaire. L'incertitude est un élément essentiel de l'articulation entre

le débat scientifique et les débats d'un autre ordre (débat citoyens, débats de valeur) qui doivent conduire aux prises de décision dans le domaine environnemental. Le mot « incertitude » apparaît souvent dans le rapport de l'Académie des sciences, comme il apparaît souvent dans le résumé pour décideurs du GIEC, et c'est un élément indissociable de toute démarche scientifique. Mais l'un des effets pervers les plus préjudiciables d'un débat scientifique qui s'envenime est de confondre incertitude et ignorance.

Il est nécessaire et légitime de ne pas se soucier de ce que l'on ignore complètement. En revanche, on ne peut considérer comme rassurante l'incertitude portant sur les contours détaillés d'un changement climatique, dont beaucoup d'éléments objectifs montrent qu'il est très probablement en

marque. Prenons un exemple concret. Comment réagir face à la perspective encore incertaine dans ses détails, mais que tous les modèles actuels prévoient, d'un assèchement du pourtour méditerranéen : en incitant à construire dès maintenant des infrastructures qui permettraient de s'y adapter, ou en attendant qu'une décennie de recherches ne vienne renforcer le diagnostic ? La décision n'a pas à être prise par les scientifiques, mais il s'agit bien de décisions qu'un climat scientifique dépassionné peut aider à prendre de façon rationnelle. ■

Hervé LE TREUT, climatologue, dirige l'Institut Pierre-Simon Laplace, à Paris. Il est membre de l'Académie des sciences et directeur de recherche au CNRS.



Réagissez en direct à cet article sur www.pourlascience.fr

ÉCONOMIE

Cherchez la justice

Les gens sont plus sensibles à l'équité qu'à l'efficacité. L'équité est en effet aisément vérifiable sur des points particuliers, alors que l'efficacité économique de l'ensemble est difficilement appréciable.

Ivar EKELAND

Du temps où j'étais président d'université, j'avais vite compris que mes administrés étaient infiniment plus sensibles à l'équité qu'à la gestion. Le budget de l'université n'intéressait guère que moi, mes proches collaborateurs, et quelques adversaires politiques. En revanche, quand il s'agissait d'allouer les maigres ressources de l'université, un bureau par-ci ou un demi-poste par-là, la moindre apparence de favoritisme déchaînait aussitôt la tempête, et il fallait de toute urgence monter sur le pont.

Je m'étais étonné à l'époque d'être jugé sur les petites choses plutôt que sur les grandes, et à l'usage je m'étais convaincu que

c'était assez raisonnable. La comptabilité peut être créative : entre les dépenses engagées, mais non encore payées, les recettes anti-



cipées, mais non encore rentrées, la trésorerie, les provisions et les amortissements, un président expérimenté peut toujours présenter le budget qui l'arrange. Les administrés, ne sachant pas trop si le surplus qu'on leur présente ne dissimule pas une situation difficile, ou si au contraire le déficit invoqué pour justifier des mesures d'économie n'est pas artificiel, s'en remettent plutôt à des choses qu'ils peuvent juger directement : comment le président traite-t-il les gens, comment arbitre-t-il les conflits, comment répond-il aux demandes de moyens ?

Je pense que la leçon a une portée générale. À l'heure où j'écris, manifestations et grèves contre la réforme des retraites en

France se succèdent depuis deux mois. Je ne sais pas encore quelle en sera l'issue, mais je vois bien que la contestation porte moins sur la loi elle-même que sur un contexte général qui est perçu comme inique.

C'est que la question des retraites est complexe : il faut faire des choix politiques, arbitrer entre des intérêts divergents, nous contre nos descendants, actifs contre retraités, revenus du travail contre revenus du capital, et des choix économiques, régime général ou régimes particuliers, retraite par capitalisation ou par répartition.

Les spécialistes eux-mêmes sont en désaccord, et le citoyen peut se sentir perdu et s'interroger sur les intentions véritables de ceux qui le gouvernent. Dans ce contexte, apprendre que le fisc ferme l'œil sur les îles aux Seychelles, même si l'incidence directe sur le budget de l'État est minime, est un mauvais signal ; il confirme le citoyen dans ses soupçons et le conduit à rejeter l'ensemble du dispositif. Qui est inique dans les petites choses le sera aussi dans les grandes.

En d'autres termes, l'efficacité n'est pas vérifiable, mais l'équité l'est. Il y a là un paradoxe ; car si l'on a une idée précise de ce qu'est l'efficacité, il n'en est pas de même de l'équité. Pour l'économiste, une allocation de ressources, qu'il s'agisse d'une université ou de la société, est efficace si l'on ne peut pas redistribuer ces ressources de façon que chacun soit plus satisfait de son sort. S'il s'agit d'un gâteau, par exemple, tout partage sera efficace pourvu que tout ait été distribué. Cela laisse une multitude de possibilités, de la solution dictatoriale (je prends tout pour moi) à l'égalitaire (toutes les parts égales). Toutefois, elles ne seront pas toutes équitables.

Bien entendu, on a envie de dire que la solution égalitaire est la seule équitable, mais qu'en est-il si le gâteau n'est pas homogène, de sorte que les parts peuvent être de taille égale et de contenu différent, ou si la société elle-même est hétérogène ? L'ouvrier de la onzième heure doit-il être traité comme les autres ?

En dépit de l'importance du sujet, il y a peu de travaux sur l'équité. Pour l'essentiel, on en est resté à Aristote, qui la définit comme l'art de traiter les égaux également, et les inégaux inégalement, à proportion des ressemblances et des différences qui sont pertinentes. Cette définition soulève plus de problèmes qu'elle n'en résout, à commencer par le premier : qui sont mes égaux ?

L'économiste ne peut pas répondre à cette question, mais une fois la réponse donnée, il peut s'interroger sur la manière de traiter les égaux également, voire en donner une formalisation mathématique. C'est le politique qui fixe les limites du terrain et les règles du jeu, l'économiste ne fait que suivre. Robert Fogel, prix Nobel en 1993, a montré que dans les États du Sud des États-Unis, l'esclavage était une activité qui était encore parfaitement rentable au moment de sa suppression : celle-ci fut donc un acte politique. Il n'y a pas de nécessité économique. ■

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Que devient le pétrole des marées noires ?

Face aux marées noires, ne surestimons pas les capacités d'autoépuration du milieu marin.

Jean OUDOT

La dernière grande marée noire accidentelle, celle de la plateforme pétrolière *Deepwater Horizon* dans le golfe du Mexique, a libéré 660 000 tonnes de pétrole brut dans l'environnement, soit l'équivalent de trois *Amoco-Cadiz*, la pire catastrophe pétrolière survenue sur les côtes françaises, en mars 1978. Régulièrement se repose la question des conséquences de tels accidents, bien qu'ils ne représentent que cinq à dix pour cent de la pollution pétrolière marine d'origine humaine – l'essentiel est dû à l'extraction,

au transport et à l'utilisation des produits pétroliers, et au dégazage des navires. Chaque marée noire a ses propres caractéristiques, selon le volume et la composition chimique du pétrole répandu et les conditions environnementales du site de déversement. Toutefois, on peut tirer quelques enseignements communs.

D'où qu'il provienne, le pétrole comporte toujours des milliers de constituants, les hydrocarbures. Les pétroles dits légers contiennent jusqu'à 40 pour cent de molécules de faible masse molaire, tel le butane,

jusqu'à 50 pour cent d'hydrocarbures de masse molaire moyenne, comme les paraffines et les aromatiques à deux et trois cycles, et 10 à 20 pour cent de fractions lourdes, par exemple les asphaltènes. Les pétroles dits lourds contiennent des proportions inverses de fractions légères et lourdes.

Lorsque le pétrole est léger ou moyen, comme dans les cas de *Deepwater Horizon*, de l'*Amoco-Cadiz* et de l'*Exxon Valdez* (1989), plus de 30 pour cent de sa masse s'évapore en quelques jours à la surface de la mer. Les composés légers, surtout

les aromatiques, sont les plus toxiques pour les organismes marins à brève échéance (quelques semaines) ; et une très faible part se dissout dans l'eau de mer.

Deux phénomènes sont responsables de l'élimination des hydrocarbures contaminants : la photo-oxydation sous l'action du rayonnement solaire ultraviolet, et surtout la biodégradation microbienne. Lorsque le milieu est suffisamment aéré et que des éléments nutritifs sont disponibles, entre 30 et 70 pour cent des hydrocarbures restant après évaporation sont dégradés par des micro-organismes.

LES COMPOSÉS LOURDS persistent des dizaines d'années dans les sédiments.

Ces derniers, surtout des bactéries, utilisent les hydrocarbures comme source de carbone et d'énergie. La biodégradation d'une nappe de pétrole dure de quelques semaines à quelques mois, voire des années lorsque l'oxygène manque, comme dans les sédiments vaseux. Elle est plus active lorsque le pétrole se trouve sous la forme d'une émulsion fine, formée de gouttelettes dispersées dans l'eau, ce qui se produit naturellement sous l'action des vagues et des courants, ou peut être favorisée par l'emploi raisonné de dispersants.

La biodégradation des molécules est le plus souvent complète : les hydrocarbures sont alors intégralement transformés en dioxyde de carbone et en eau. Il est possible en théorie de l'accélérer en apportant aux micro-organismes un supplément d'azote et de phosphore, ou en ensemençant le milieu naturel à l'aide de bactéries sélectionnées ou génétiquement modifiées, censées dégrader plus rapidement les hydrocarbures.

En réalité, le milieu marin côtier contient généralement assez d'éléments nutritifs. Et les organismes issus du laboratoire ne parviennent jamais à s'implanter dans le milieu naturel : ils entrent en compétition avec les bactéries du site, mieux adaptées aux conditions locales. La biorestauration n'est en fait pas nécessaire. Car dans tous les milieux étudiés, une sous-population bactérienne, pré-

dominante après quelques jours en cas de marée noire, assimile progressivement tous les hydrocarbures biodégradables.

Peut-on en déduire qu'il ne reste plus trace d'une marée noire au bout de quelques années ? Non. D'une part, les composés lourds présents dans tous les pétroles ne sont pas biodégradables et persistent des dizaines d'années en profondeur, au fond des océans et dans les sédiments côtiers ; on ignore en fait s'ils sont jamais éliminés. Parmi eux, les polycycliques saturés, les résines et les asphaltènes sont en principe non toxiques ; mais il en va tout autrement des hydrocarbures aromatiques polycycliques lourds (HAP), cancérigènes.

D'autre part, lorsque le pétrole contient des molécules complexes, sa dégradation par les micro-organismes n'est pas complète. Elle produit des métabolites non dégradables dont la composition chimique et la toxicité ne sont pas connues. Eux aussi persistent dans le milieu. Aucune méthode de biorestauration ne parviendra à les dégrader.

En définitive, tous les composés persistants, qu'ils soient trop stables ou complexes pour être dégradés ou qu'ils résultent de la biodégradation, finissent enfouis dans les sédiments côtiers ou profonds, avec des conséquences inconnues.

Ajoutons que, dans le cas des marées noires provoquées par un fioul lourd, comme celles de l'*Erika* (1999) ou du *Prestige* (2002), les processus d'évaporation et de biodégradation n'éliminent que 10 à 20 pour cent de la masse. Presque tous les composés légers et moyens, dégradables, ont été enlevés lors du raffinage, et les fractions lourdes non dégradables prédominent. L'enlèvement mécanique du pétrole, dans l'eau et sur le rivage, est alors la seule parade possible.

Ainsi, même si des mécanismes naturels limitent les conséquences des marées noires, il ne faut pas surestimer les capacités d'autoépuration du milieu marin. ■

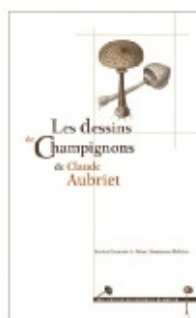
Jean OUDOT est professeur au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et travaille dans l'Unité Molécules de communication et adaptation des micro-organismes (MCAM).

- J.-P. Vandecasteele, Microbiologie pétrolière, Éditions Technip, 2005.
- www.cedre.fr



MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

Les dessins de Champignons de Claude Aubriet



Xavier Carteret
& Aline Hamonou-
Mahieu

Les documents manuscrits de la famille des Jussieu, professeurs de botanique au jardin du Roy puis au Muséum d'histoire naturelle ont été acquis en 1858 par le Muséum après la mort d'Adrien de Jussieu. Conservés à la Bibliothèque centrale du

Muséum ils forment un fonds riche d'informations pour l'histoire des sciences, particulièrement celle du jardin et celle de la Botanique. Parmi les plus anciens, se trouve un portefeuille contenant 98 dessins de champignons, réalisés vers 1730, par Claude Aubriet sous la direction d'Antoine de Jussieu. Claude Aubriet, peintre miniaturiste au jardin du Roy, est connu pour la réalisation des illustrations des *Eléments de botanique* que publie Joseph Pitton de Tournefort en 1694. Ces dessins sont loués pour leur précision par Carl von Linné lui-même. Les dessins de champignons par Aubriet furent exécutés à une période « clé » de l'histoire de la mycologie, puisqu'en 1729, Pier Antonio Micheli publie un ouvrage fondamental (*Nova plantarum genera*) sur la physiologie des champignons, accompagné d'excellentes gravures en noir et blanc. Les réalisations d'Aubriet, souvent soignées et fidèles aux modèles sont précieuses, car les représentations en couleurs de champignons sont rarissimes avant la fin du XVIII^e siècle. Elles témoignent en outre du regard que l'on portait alors sur ces cryptogames, qui apparaissaient bien mystérieux du point de vue de leur organisation, de leur reproduction et, pour tout dire, de leur « existence » même.

Cette publication intéressera vivement les mycologues et contribuera à faire connaître Claude Aubriet. En outre, elle souligne le rôle décisif que les illustrateurs scientifiques ont toujours joué au cours de l'histoire.

ISBN : 978-2-85653-654-4 • 330 p. • 94 € TTC

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM

Commandes et renseignements :

Muséum national d'Histoire naturelle

Publications scientifiques

Case postale 41 • 57 rue Cuvier • 75231 Paris cedex 05

Tél. : 01 40 79 48 05 • Fax : 01 40 79 38 40

diff.pub@mnhn.fr • <http://www.mnhn.fr/pubsci>