

Prix Nobel de chimie

La catalyse au palladium

Les molécules organiques, formées d'un squelette carboné, sont omniprésentes : dans l'alimentation, les médicaments, les plastiques, etc. Les liaisons simples carbone-carbone sont très résistantes, mais aussi difficiles à former, de sorte que la synthèse de molécules organiques complexes pose un défi aux chimistes. Le comité Nobel a récompensé l'Américain Richard Heck et les Japonais Ei-ichi Negishi et Akira Suzuki pour avoir mis au point des réactions catalysées par le palladium, dites de couplage, permettant de former plus facilement ces liaisons. Grâce à cette méthode, de nombreuses molécules organiques complexes ont été synthétisées. L'industrie pharmaceutique et l'industrie électronique, à la recherche de méthodes de synthèse efficaces, ont bénéficié de ces innovations.

Le palladium est un métal capable de catalyser, c'est-à-dire d'accélérer, la formation de liaisons entre atomes de carbone. Les réactions de couplage catalysées par le palladium de R. Heck, E. Negishi et A. Suzuki reposent toutes sur un même principe. Des atomes de carbone se lient au palladium par le biais de liaisons métal-carbone (en partie ioniques, en partie covalentes). Cela modifie la conformation des molécules et rapproche deux atomes de carbone, qui peuvent alors réagir et se lier par une liaison covalente. Dès que cette liaison est créée, le catalyseur au palladium est libéré, prêt à servir dans une nouvelle réaction de couplage.

Trois points ont fait la force de ces réactions : les conditions de température (on ne dépasse généralement pas 110 °C), les rendements (ces réactions sont quasi totales) et leur compatibilité avec une grande variété de groupes fonctionnels. Elles ont permis de remplacer les catalyseurs au cuivre par des catalyseurs au palladium. La réaction de couplage catalysée par le cuivre permet aussi de former des liaisons simples

carbone-carbone, mais dans des conditions plus drastiques (jusqu'à 200 °C). En outre, le palladium est un métal relativement courant et moins onéreux que d'autres catalyseurs utilisés dans l'industrie.

Un exemple de molécule synthétisée (en 1994) grâce à la réaction de couplage de Suzuki est la palytoxine, isolée en 1971 du poison d'un corail hawaïen. Formée d'un squelette de 129 atomes de carbone, cette molécule a une structure complexe. En s'accumulant dans les tissus des poissons et des fruits de mer, elle provoque des intoxications chez ceux qui les consomment. Sa synthèse en quantités suffisantes a permis de mieux comprendre son mode d'action.

Citons aussi le cas de la discodermolide, isolée en 1990 d'une éponge de la mer des Caraïbes. Des chimistes ont synthétisé la molécule en utilisant, dans les dernières étapes, la réaction de Negishi. Ils s'intéressent à cette molécule, car c'est un anticancéreux qui bloque la division des cellules cancéreuses. Elle est actuellement en cours d'essai clinique.

Un autre exemple d'application : dans l'industrie électronique, les chimistes ont utilisé des réactions de Heck, Suzuki et Negishi pour optimiser l'émission de lumière bleue dans les OLED, les diodes électroluminescentes organiques présentes dans les téléviseurs à écran plat de nouvelle génération.

→ É. A.

http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2010/sci.html



MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

L'extinction d'espèce



histoire d'un
concept &
enjeux éthiques
Julien Delord

«Durant les neuf derniers millénaires, l'humanité s'est conduite en tant qu'espèce pionnière invasive. Cette espèce est individualiste, agressive et envahissante. Elle tente d'exterminer ou de supprimer d'autres espèces». Et en toute inconscience, pourrait-on ajouter au constat implacable du philosophe Arne Naess ! Comment cet événement écologique massif, cette destruction inconsidérée de nos espèces-sœurs a pu rester si longtemps invisible et demeurer si obstinément impensée ? À moins que les tentatives de reconnaissance et de formalisation de ce phénomène ne se soient heurtées à des résistances d'ordre théologique, scientifique et culturelle profondément ancrées... Mais alors, comment s'assurer que cette «sixième extinction de masse», en tant que conséquence (éco-) logique du développement de l'espèce humaine, peut légitimement faire l'objet d'une condamnation morale ? Sur quelles bases éthiques fonder la conservation des espèces et proposer une norme de vie commune au sein de l'odyssée de l'évolution ?

C'est en réponse à ces questionnements essentiels où s'entrecroisent les perspectives millénaires de l'histoire environnementale des civilisations humaines et l'urgence de la crise de la biodiversité contemporaine que ce livre suggère nombre d'éclaircissements historiques et philosophiques à même de nourrir une indispensable réflexion écologique.

ISBN : 978-2-85653-656-8 • 692 p. • 45 € 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>

Paléontologie

Dinosaures charentais

En janvier 2010, des paléontologues français découvraient un gisement paléontologique dans les carrières Audoin, à Angeac-Charente, près d'Angoulême. Le site est constitué de strates argileuses du Crétacé inférieur (il y a 130 millions d'années). Cet été, pendant 20 jours, les paléontologues l'ont exploré. Il se révèle comme l'un des plus importants sites à dinosaures de France.

Les archéologues y ont déjà découvert plus de 400 ossements, très bien conservés grâce à leur enfouissement rapide dans les dépôts argileux de la région au cours du Crétacé. Ces pièces proviendraient de restes de tortues, de crocodiles et de trois espèces de dinosaures. Il y a notamment un fémur de plus de 2,20 mètres qui proviendrait d'un sauropode herbivore pesant une quarantaine de tonnes. S'y trouvent aussi des ossements et une dent de petits dinosaures herbivores, et des os d'un grand dinosaure carnivore, probablement de la famille des théropodes.

→ B. S.-L.

Physiologie

Urines à l'odeur d'asperge

Régalez-vous d'asperges et allez aux toilettes quelques minutes après: vous sentez une odeur sulfureuse désagréable. C'est tout à fait normal. Seules quelques personnes ne la perçoivent pas. Est-ce parce qu'elles ne la produisent pas ou parce qu'elles ne la sentent pas? Des biologistes aux États-Unis ont répondu à cette question: les deux cas existent.

Marcia Levin Pelchat et ses collègues ont testé les urines de 38 volontaires avant et après qu'ils ont mangé des asperges ou du pain, et ils leur ont fait identifier l'odeur sulfureuse et une odeur de rose. Ils ont aussi analysé les gènes de leurs récepteurs olfactifs. Résultats: environ huit pour cent des personnes ne produisent pas l'odeur d'asperges dans leurs urines, et six pour cent ne la sentent pas (bien qu'elles sentent l'odeur de rose). Seul un sujet ne la produisait pas et ne la sentait pas. Ces différences d'olfaction pour les composés sulfureux correspondent à des différences génétiques des récepteurs exprimés dans le nez. En outre, cela prouve que les humains n'ont pas tous le même métabolisme de dégradation de l'asperge.

→ B. S.-L.

M. Levin Pelchat et al., *Chemical Senses*, en ligne, 27 septembre 2010

Astrophysique

Simuler les flambées d'étoiles

La collision entre deux galaxies entraîne la formation de nouvelles étoiles un peu partout dans leurs disques. Mais les simulations numériques peinent à reproduire cette situation: la flambée d'étoiles n'y a lieu que dans le centre galactique. Romain Teyssier et ses collègues du Laboratoire Astrophysique, instrumentation et modélisation, à Paris, viennent de réaliser une simulation numérique à haute résolution plus réaliste. Elle montre que lors d'une collision, de nouvelles étoiles se forment dans tout le disque.

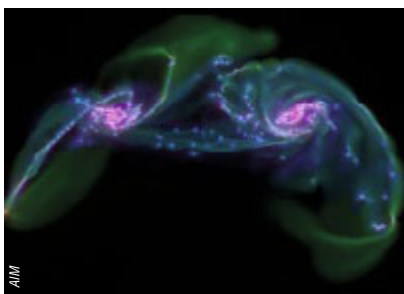
La puissance de calcul limitée interdit de prendre en compte simultanément toutes les échelles en jeu dans les simulations numériques, de la galaxie entière à l'étoile en formation. De fait, la résolution maximale était jusqu'ici de l'ordre de 100 années-lumière. Le gaz interstellaire était donc considéré comme un milieu homogène, et les nuages moléculaires froids, structures plus denses où naissent les étoiles, d'une taille inférieure à une centaine d'an-

nées-lumière, n'étaient pas résolus. Dans ces modèles, suite à la collision, le gaz interstellaire «coule» vers le centre de la galaxie. Il s'y forme un noyau dense et massif, où naissent les nouvelles étoiles. Cette concentration ne reproduit pas les flambées réelles de formation stellaire.

R. Teyssier et ses collègues ont réussi à simuler une collision de galaxies avec une résolution de 26 années-lumière, assez pour suivre la formation des nuages moléculaires géants. Ils ont alors constaté qu'une partie du gaz s'effondre en une myriade de nuages moléculaires dispersés dans tout le disque avant d'avoir pu tomber au centre de la galaxie. Dans chacun, une flambée d'étoiles se produit. Cette formation stellaire étendue et non homogène reproduit bien mieux que les modèles précédents les observations, par exemple du système des Antennes.

→ Ph. R.-G.

The Astrophysical J. Lett., vol. 720(2), pp. L149-L154, 2010



Simulation de la collision des galaxies des Antennes telle qu'elle se présentait il y a 150 millions d'années. Le gaz est représenté en vert, les vieilles étoiles en rouge et les jeunes étoiles en bleu.

DERNIÈRE minute ...

PASSAGE DE VIBRATIONS DANS LE VIDE

Une équipe allemande, à Oldenburg, a montré que quand on place une molécule de monoxyde de carbone (CO) au bout d'une aiguille en platine-iridium chaude, et qu'on l'approche à 0,3 millimètre d'un plan d'or froid, les phonons (quanta de vibration du réseau cristallin) créés par l'agitation thermique de la pointe se transmettent, via des champs électriques, dans l'or et le chauffent 10^{10} fois plus vite que ne le fait le rayonnement infrarouge de la pointe!

DÉMASQUER LA COCAÏNE

Détecter en quelques minutes de la cocaïne dissoute dans des bouteilles d'alcool sera bientôt possible sans les ouvrir, grâce à deux techniques. La première, mise au point en Angleterre, utilise la spectroscopie Raman; portative, elle détecte 60 grammes par litre. La seconde, élaborée en Suisse, est fondée sur la spectroscopie RMN; elle détecte jusqu'à 1,5 gramme par litre, mais elle n'est pas transportable...



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

Assurance vie : alliez performance et sécurité !

L'assurance vie demeure le produit d'épargne préféré des Français. Dans la multitude des contrats présents sur le marché, la GMF se distingue par des solutions offrant rendement et sécurité.



La crise financière n'entame pas la confiance des Français dans l'assurance vie ! Les cotisations collectées au 1^{er} semestre 2010 par la GMF sont en hausse de 17% par rapport à la même période de l'année précédente. Rien d'étonnant à cela lorsqu'on constate les taux servis par la GMF en 2009 et qui sont parmi les meilleurs du marché. Le rendement de ses contrats et supports d'assurance vie en euros a atteint 4,15%⁽¹⁾.

Un taux non seulement supérieur à la moyenne du marché, qui n'excède pas 3,70%⁽²⁾

en 2009, mais aussi beaucoup plus intéressant que ceux désormais offerts par les livrets d'épargne traditionnels. Ainsi, alors que ces livrets classiques garantissent à l'épargnant la sécurité contre un faible rendement, le contrat Altinéo de la GMF, lui, offre sécurité et performance. Vous profitez d'un taux minimum garanti chaque année, les intérêts vous sont définitivement acquis et génèrent eux-mêmes d'autres intérêts. De plus, vous investissez sans plafond, tout en profitant d'une fiscalité privilégiée. Profitez-en !

UNE PERFORMANCE RÉCOMPENSÉE

Depuis 2000, le contrat d'assurance vie en euros Compte Libre Croissance – aujourd'hui remplacé par Altinéo, un produit qui offre des caractéristiques et un niveau de performance similaires – a offert à l'épargnant un rendement moyen de 4,48%⁽³⁾ par an, soit plus de 36,84%⁽⁴⁾ sur 8 ans. C'est pour distinguer notamment la régularité de ses performances que les experts des Dossiers de l'Épargne ont, en 2010, décerné pour la troisième année consécutive le label d'excellence à Altinéo.

Didier Ledeur, Directeur Général de la GMF VIE

« Une expertise qui profite directement aux épargnants »

« La GMF propose une large gamme de produits d'assurance vie, d'épargne et de placement depuis maintenant plus de 30 ans. C'est cette expertise, constituée au fil des ans, qui lui permet aujourd'hui d'afficher d'excellents résultats, et ce malgré un environnement économique et boursier plus difficile. L'épargnant en bénéficie directement, comme il tire profit des valeurs mutualistes qui animent au quotidien l'entreprise : refus des effets d'annonce, absence de taux « boostés » à court terme pour recruter de nouveaux clients... Sans oublier une solide santé financière, un élément indispensable dans le contexte actuel. »

Pour en savoir plus :
appelez le 0 820 809 809
(0,12€ TTC/mn) ou consultez
le site www.gmf.fr



Assurément Humain

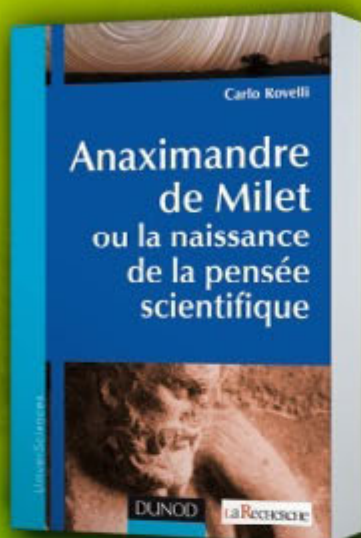
(1) frais de gestion déduits, avant prélèvements sociaux.

(2) source : Fédération Française des Sociétés d'Assurances, estimation au 23.6.10.

(3) taux de rendement annualisé du 31.12.01 au 31.12.09, frais de gestion déduits et avant prélèvements sociaux.

(4) taux de rendement du 31.12.01 au 31.12.09, frais de gestion et prélèvements sociaux déduits.

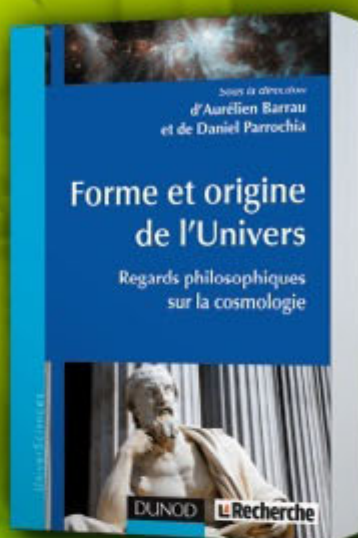
SCIENCE ET CONSCIENCE



C. ROVELLI

9782100529391 ■ 196 pages ■ 19,50 €

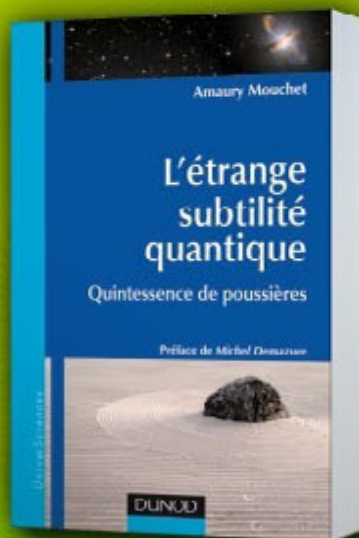
Le grand physicien,
Carlo Rovelli,
explore l'origine des sciences



A. BARRAU, D. PARROCHIA

9782100547838 ■ 416 pages ■ 29 €

Une enquête sur
les grandes questions
posées par la cosmologie



A. MOUCHET

9782100546596 ■ 144 pages ■ 15 €

Une explication simple
des lois de
la physique quantique



F. VANNUCCI

9782100547890 ■ 224 pages ■ 18 €

L'histoire de
la physique des particules
pour comprendre la matière

Tous nos ouvrages sont disponibles en librairie

Illustration : natho

Pour recevoir gratuitement notre catalogue : crea@dunod.com



DUNOD

ÉDITEUR DE SAVOIRS

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ COUP DE CHAUD SUR LE RIZ

Le riz est la céréale la plus consommée au monde : elle nourrit plus de la moitié de l'humanité. Pour suivre la croissance démographique, la production mondiale de riz devra augmenter d'un quart d'ici 2025, alors qu'elle a déjà été multipliée par trois depuis 40 ans. Pour ce faire, les agronomes créent des variétés de riz qui tolèrent la sécheresse et d'autres contraintes, en croisant des plants et en sélectionnant les caractères intéressants (voir *Le riz, vers des variétés mieux adaptées*, *Pour la Science*, mars 2010, <http://bit.ly/plsoer389>). Un autre facteur environnemental est à prendre en compte : l'augmentation des températures diurnes et nocturnes. Des chercheurs américains viennent de montrer que si les températures continuent d'augmenter dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, la production de riz ralentira (*PNAS*, 9 août 2010). Ils ont analysé six ans de données concernant 227 cultures irriguées de riz dans les six principales régions productrices de riz en Asie (qui fournissent 90 pour cent de la production mondiale) : l'augmentation des températures depuis 25 ans a déjà ralenti la production de 10 à 20 pour cent. Il faudrait adapter les méthodes de production ou trouver des variétés supportant les températures élevées.

→ UN NOUVEL ANTIBIOTIQUE ?

Les antibiotiques tuent les bactéries qui leur sont sensibles, mais favorisent le développement des autres, plus ou moins insensibles. L'antibiotique finit ainsi par ne plus faire effet (voir *Consommation d'antibiotiques et résistance des bactéries*, *Pour la Science*, mai 2005, <http://bit.ly/plsoer331>). Si l'on ne veut pas se trouver démuné face aux infections bactériennes, on doit changer la façon de consommer ces médicaments et en trouver de nouveaux. Les quinolones sont des antibiotiques qui inhibent une enzyme, la topoisomérase IIa, des bactéries et notamment du staphylocoque doré. Cette enzyme modifie l'enroulement de l'ADN dans la bactérie, un

→ UN NERF QUI REPOUSSE

Si la salamandre est capable de régénérer à l'infini une patte, ce n'est pas le cas de la plupart des vertébrés adultes. En revanche, pendant le développement embryonnaire, même les mammifères peuvent remplacer des bourgeons de membres perdus. Mais cette aptitude disparaît avant la naissance (voir *Un bras qui repousse ?*, *Pour la Science*, septembre 2008, <http://bit.ly/plsoer371>). Le remplacement d'un membre suppose la repousse de la peau, des os, des muscles, des ligaments, des tendons, des vaisseaux sanguins et des nerfs. La régénération des nerfs intéresse notamment les victimes de lésions à la moelle épinière où se trouvent les fibres nerveuses qui contrôlent les mouvements volontaires, car aujourd'hui, la paralysie est incurable. Des chercheurs américains viennent de régénérer ces fibres dites corticospinales chez des souris (*Nature Neuroscience*, 8 août 2010). Ils ont montré que la capacité de régénération des neurones corticospinaux dépend d'un couple de molécules enzymatiques nommé PTEN/mTOR. Après le développement, l'activité de mTOR – qui participe à la prolifération cellulaire – dans les neurones est diminuée ; en effet, PTEN bloque l'expression de cette enzyme. En réactivant cette voie moléculaire chez des souris adultes ayant une lésion de la moelle épinière – c'est-à-dire en supprimant le gène *Pten* codant PTEN –, les chercheurs ont constaté que les neurones se reconstruisent et forment des connexions. Reste à voir si les souris marchent à nouveau...

mécanisme nécessaire à sa multiplication. Or les bactéries deviennent résistantes à ces antibiotiques. Plusieurs chercheurs ont mis au point d'autres inhibiteurs de la topoisomérase IIa. En observant aux rayons X la structure de l'enzyme en présence d'un nouvel inhibiteur, nommée GSK 299423, des cristallographes américains ont découvert comment fonctionnait leur molécule (*Nature*, 5 août 2010) : elle forme un pont entre l'ADN bactérien et une région de l'enzyme où les

quinolones n'agissent pas. Et cette molécule inhibe la réplication des bactéries, qu'elles soient Gram-positives, tel le staphylocoque doré, ou Gram-négatives, comme *Escherichia coli*. Les molécules de la famille de GSK 299423, si elles sont sans danger pour l'homme, représentent de bons candidats pour combattre les bactéries.

→ SURPRENANT GRAPHÈNE !

Le graphène est une feuille d'atomes de carbone à deux dimensions qui présente d'étonnantes propriétés physiques (voir *Le graphène, premier cristal bidimensionnel*, *Pour la Science*, mai 2008, <http://bit.ly/plsoer367>). Une nouvelle s'y ajoute : en faisant croître du graphène sur un substrat en platine, des chercheurs américains ont montré qu'il forme des nanobulles dont les électrons se comportent comme s'ils étaient soumis à un champ magnétique gigantesque de plus de 300 teslas ! L'étirement des nanobulles change la longueur des liaisons entre les atomes de carbone, ce qui modifie les déplacements des électrons les uns par rapport aux autres.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle



La topoisomérase IIa est une enzyme des bactéries qui permet la réplication de leur ADN (en vert). Elle participe donc à leur multiplication. La nouvelle molécule GSK 229423 (en jaune) se fixe sur l'enzyme et bloque son action.

Ben Bax

POINT DE VUE

Pour une approche moins restrictive de la biodiversité

Aujourd'hui, on tend à ne voir les organismes vivants qu'à l'aune de leur rôle écologique ou de leur utilité. Une vision partielle et partielle qui brouille les enjeux de la biodiversité.

Guillaume LECOINTRE

L'année 2010 célèbre la biodiversité. C'est sans doute une bonne chose. Mais les discours médiatiques et politiques, les livres (pour autant écrits par des biologistes), ne voient cette biodiversité qu'à travers ce que les espèces *font*. Hormis les inventaires et dénombrements des espèces, il n'est question que des relations dynamiques entre les espèces d'aujourd'hui (leur fonction dans les milieux, leur écologie), de la modélisation et prédiction de ces relations.

Rien de plus normal : il existe une demande politique forte pour des indicateurs prédictifs permettant des prises de décision en matière de conservation. Toutefois, la biologie et les politiques de la conservation sont en train de devenir borgnes. Car on peut voir une espèce ou des espèces non pas en fonction des « services » qu'elles rendent (ce qu'elles *font*), mais en fonction de l'originalité de leur patrimoine anatomique ou génétique (ce qu'elles *ont*). Or ce dernier aspect tend à être négligé.

Détaillons. Depuis les origines des sciences naturelles, une tension existe dans notre appréhension du vivant, entre ce que les êtres vivants *font* et ce qu'ils *ont*. Ce qu'ils *font* ne reflète pas nécessairement ce qu'ils *ont*, et inversement. Une mouche vole avec un organe qui n'a rien à voir avec le membre antérieur d'une chauve-souris (même fonction, structures différentes) ; un moineau vole avec un organe qui ressemble fort à celui du corbeau (même fonction, même structure) ; une chauve-souris vole avec

un organe qui ressemble beaucoup à celui avec lequel un hérisson marche (fonctions différentes, même structure).

Toutes les combinaisons sont possibles, avec tous les pièges qui peuvent être tendus à notre soif de mise en ordre. Ainsi, le thylacine, animal de Tasmanie, « fait » le loup (mêmes aspect et mœurs), alors qu'à l'intérieur, c'est du kangourou. Le dauphin « fait » le « poisson », alors qu'à l'intérieur c'est du mammifère. L'ordre écologique ne suit pas nécessairement l'ordre dans la disposition des organes.

LA SYSTÉMATIQUE,
science qui classe les êtres vivants d'après ce qu'ils ont et non ce qu'ils font, est une discipline occultée.

Ces problèmes tiennent pour une large part à des questions de vocabulaire. En effet, à y regarder de près, aucun organisme vivant n'a exactement la même chose ni ne fait exactement la même chose que son voisin, fût-il de la même espèce : la variabilité est omniprésente dans le vivant. Pour parler de la nature, nous avons besoin d'y projeter des concepts, lesquels doivent remplir certains critères qu'on leur a fixés, et de leur appliquer des conventions de langage.

Ainsi, dehors, il n'y a pas d'oiseaux : il n'y a que des individus. « Oiseaux » est un concept forgé par l'homme et défini par ce que ces individus *ont* : des plumes et un bec (entre autres caractéristiques). Ces concepts et conventions régissent le degré

de similitude ou de différence à partir duquel on utilisera le même mot pour désigner des structures ou des fonctions qui diffèrent toujours dans le détail. La science qui régit ces relations entre des objets naturels, des concepts et des noms est la *systématique*, science des classifications.

La systématique régit ce que les êtres vivants *sont*. Par convention, aujourd'hui, elle fonde ses concepts classificatoires sur ce que les êtres vivants *ont* (ainsi, les « oiseaux » ont tous des plumes). Mais d'autres disciplines, comme l'écologie, forgent aussi leurs concepts sur ce que les êtres vivants *font* (par exemple, les « algues » font toutes de la photosynthèse en milieu aquatique), ou bien sur les deux attributs (ainsi, les « poissons » ont des vertèbres mais nagent dans l'eau).

Selon l'un ou l'autre, on voit se formuler des phrases contradictoires. Si l'on s'intéresse aux relations dynamiques entre dinosaures de la fin du Jurassique, leurs tailles, leurs habitudes, leurs relations et rôles écologiques dans les milieux de l'époque, il est certain que les dinosaures ont disparu. Si l'on s'intéresse à ce qu'ils *ont*, on doit envisager la définition des *Dinosauria* qui tient, entre autres caractères, à la présence d'un trou particulier dans le bassin de ces organismes.

Ces structures n'ont pas disparu de la nature actuelle, elles persistent chez les oiseaux. Rien d'étonnant à cela : les oiseaux sont les descendants des dinosaures. Pour parler plus rigoureusement le langage de la systématique, les oiseaux *sont* des dinosaures, puisqu'ils en portent la marque ana-

tomique. Pour un systématique, les dinosaures n'ont donc pas disparu.

Ces considérations ne sont pas anodines et ont des conséquences sur les politiques de conservation. Par exemple, personne n'ira plaider une campagne coûteuse de sauvegarde du cœlacanthe : vu le nombre d'individus, vu l'habitat (les grottes profondes des pentes des îles volcaniques de l'océan Indien), sa disparition ne va pas révolutionner le milieu terrestre ou océanique. L'impact du cœlacanthe en termes de « service » est ridicule.

Mais il est le seul vertébré actuel à présenter une articulation intracrânienne, une queue à trois lobes, etc. En fait, le cœlacanthe est truffé de caractères rares. Il est donc très précieux en termes de patrimoine anatomique. Il en est de même de l'ornithorynque et de bien d'autres espèces, que les prismes écologique et utilitariste tendent à oublier.

De même, on oublie la systématique, science fondamentale que l'on ne répertorie même pas parmi les disciplines qui catégorisent les articles de vulgarisation parlant de flore ou de faune : on préfère « écologie », « biodiversité » ou « évolution ».

Ce point aveugle, au premier chef chez les biologistes, a des conséquences politiques considérables lorsqu'il s'agit d'allouer des moyens financiers, matériels et humains. La science qui consiste à savoir sur quels organismes on travaille, sur laquelle toutes les autres disciplines biologiques sont assises, se retrouve dépouillée – le plus souvent inconsciemment – par ceux-là même qui en ont le plus besoin. La systématique est bien trop rarement identifiée en tant que telle dans les organismes et les programmes de recherche. Il en est de même des nombreux rapports officiels sur la biodiversité (même

ceux de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité !). Ainsi, les « Libres points de vue d'académiciens sur la biodiversité » publiés le 22 juillet 2010 ne la citent que deux fois en 108 pages, et encore pour parler d'autre chose. Généralement, cette science se retrouve diluée dans des thématiques globales telles que l'écologie ou l'agronomie, comme s'il fallait aux systématiciens un alibi pour mener leurs recherches.

La communauté des biologistes tend à occulter la systématique, et cela s'appelle scier la branche sur laquelle on est assis. ■

Guillaume LECOINTRE est directeur du Département Systématique et évolution du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.



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

ÉCONOMIE

Perversités bancaires

La frilosité des investisseurs est favorisée par de faibles taux d'intérêt qui seraient, en principe, favorables aux industries.

Ivar EKELAND

Quand j'étais jeune étudiant et que je cherchais ma voie, j'avais lu la *Théorie générale* de Keynes, et j'en avais conclu qu'il valait mieux que je continue à faire des mathématiques. Quarante-cinq ans après, je la relis, et je comprends les raisons de mon incompréhension. Dès la première phrase de l'ouvrage, Keynes dit : « Ce livre s'adresse d'abord à mes collègues économistes », et c'est strictement vrai. On ne peut pas comprendre de quoi il parle si l'on ne maîtrise pas les concepts de l'économie classique.

Un jeune mathématicien de 20 ans ne pouvait guère savoir tout cela, mais même le vieil économiste que je suis devenu apprend beaucoup de choses en lisant Keynes. J'ai l'impression d'avoir enfin compris ce qu'est

la monnaie. Dans la théorie classique, c'est un moyen de paiement. Elle est, soit absente (on désigne un des biens comme numéraire, et on exprime tous les prix en unités de ce

bien), soit introduite de façon artificielle. Ce sont les modèles dits « cash-in-advance » : on ne peut pas acheter à crédit, il faut mettre l'argent sur la table.

Pour Keynes, la monnaie, c'est avant tout la liquidité, c'est-à-dire un moyen pour son détenteur de se retirer momentanément du jeu économique, tout en gardant la faculté de le réintégrer à tout moment. C'est bien ce qui se passe en ce moment. Les investisseurs, ne sachant si la récession est derrière nous, ou si au contraire elle va s'accroître, gardent une partie de leurs actifs par-devers eux sous forme de cash, ou d'argent placé au jour le jour, pour pouvoir réagir rapidement quand l'ambiguïté sera levée.

En économie classique, garder son argent sous son matelas n'a guère de sens : quelle



J.-M. Thiriet

que soit mon aversion au risque, le marché me fournira toujours un placement suffisamment sûr, ou suffisamment alléchant pour que j'accepte de diminuer mon compte-courant. Et si j'ai besoin de mon argent entre-temps, il me suffira de revendre mon placement à un tiers. Mais, dans la réalité, ce n'est pas ainsi que les choses fonctionnent. Dans des temps incertains, comme ceux que nous vivons, particuliers et banques veulent disposer de leur argent à tout moment, de sorte que les entreprises qui voudraient investir dans des projets industriels ou commerciaux ne trouvent plus à se financer. Pour y remédier, les gouvernements peuvent intervenir de deux façons. Ils peuvent financer eux-mêmes la production, par exemple en se lançant dans un programme de travaux publics. Mais ils peuvent aussi fournir de la liquidité aux banques, en leur permettant d'emprunter à la banque centrale à des taux avantageux, dans l'espoir que les banques prêteront aux entreprises cet argent, qui n'est ni le leur ni celui de leurs clients.

Bien entendu, les néolibéraux, hostiles à toute intervention de l'État, préfèrent, et de loin, la seconde solution. Rien de neuf à cela : déjà du temps de Keynes, c'était la position de von Hayek. Mais Keynes fit observer que, quand les taux sont déjà très bas, comme en ce moment, cela ne fait qu'aggraver le problème. En effet, si les banques peuvent se procurer de l'argent à 1 % auprès de la banque centrale, un particulier ne trouvera guère de rendement plus élevé. Le gain est dérisoire, et de surplus extrêmement sensible aux variations du taux d'intérêt. Supposons que je place mon argent à 1 % : j'achète une obligation qui me rapporte 10 000 euros si je la vends dans un an. Je la paie 9 900 euros, soit une rémunération de 100 euros. Mais si le taux augmente de 1 % et passe à 2 %, ce qui n'est pas grand-chose, le lendemain, la même obligation vaudra 9 800 euros, et la rémunération 200 euros. Examinant ces perspectives, je serais bien sot de me séparer de mon argent maintenant : mieux vaut attendre que les taux remontent.

Et, pour vérifier tout cela, une expérience grandeur nature. L'Union européenne a pris la deuxième voie, et les banques ont emprunté à la BCE pour plusieurs centaines de milliards. Où est cet argent maintenant ? Dans les entreprises, qui en ont besoin pour investir ? Vous n'y êtes pas. Chez les particuliers, pour relancer la consommation ? Encore moins. Il est retourné à la BCE, où il est placé au jour le jour : au plus fort de la crise, les dépôts bancaires à la BCE atteignaient 550 milliards. En d'autres termes, le plan de relance s'est traduit par un simple jeu d'écritures au sein de la BCE. Tout le monde est content, les banquiers parce que la BCE paie plus l'argent qu'ils lui rendent que l'argent qu'ils lui prêtent, les gouvernements parce que les banquiers sont contents, et les citoyens parce qu'ils sont fiers de l'action énergique de leurs gouvernements. Au vu de ce déplorable état des choses, vous verrez que l'on dira encore que c'est la faute aux matheux ! ■

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Réduire la pollution par les médicaments

Des mesures simples permettraient de limiter les rejets de médicaments dans les eaux usées.

Jean-Marie HAGUENOER

Les médicaments contribuent beaucoup à l'augmentation de l'espérance de vie. Mais ce progrès a un revers : des résidus de produits utilisés en médecine humaine ou vétérinaire contaminent l'environnement. Ils proviennent, d'une part, des rejets urinaires et fécaux, et des médicaments non utilisés, souvent jetés à la poubelle ou dans les toilettes ; d'autre part, de l'industrie chimique et de l'industrie pharmaceutique, des hôpitaux, de l'élevage et de l'aquaculture.

Les stations d'épuration où passent tous ces résidus ne sont pas conçues spécifiquement pour les éliminer. Toutes les classes de médicaments se retrouvent dans leurs effluents, sous forme de molécules mères (les molécules métabolisées ne sont pas recherchées), à des concentrations de l'ordre du nanogramme ou du microgramme par litre. Les eaux superficielles et souterraines peuvent être contaminées. Par exemple, l'éthinylestradiol de pilules contraceptives a été détecté à des concentrations de

quelques dizaines de nanogrammes par litre dans les rivières et les estuaires. Les antibiotiques peuvent rester piégés dans les sédiments et y demeurer actifs pendant des années. De plus, dans les stations d'épuration, une partie des résidus est adsorbé par les boues activées, lesquelles sont parfois épandues sur les terrains agricoles. Les végétaux destinés à l'alimentation peuvent alors être contaminés.

Plusieurs études ont montré que des molécules issues des médicaments (divers

anticancéreux, tel le méthotrexate, paracétamol, diazépam, parmi d'autres] peuvent passer, malgré les méthodes de purification utilisées, dans les eaux de boisson, à des doses de quelques nanogrammes par litre.

Certains de ces polluants peuvent s'accumuler dans les organismes vivants. Le cas le plus connu est celui d'un anti-inflammatoire, le diclofénac. Administré à des vaches au Pakistan, il a entraîné le déclin des populations de trois espèces de vautour se nourrissant de carcasses bovines, selon une étude publiée en 2004.

IL FAUT DÉVELOPPER une « écopharmacovigilance ».

Même si les concentrations détectées dans les eaux de boisson sont généralement infimes, on s'interroge : cette pollution a-t-elle des effets sur la santé ? À ne considérer que l'eau du robinet, le risque paraît négligeable : les quantités cumulées pendant 70 ans représentent moins d'une seule dose thérapeutique, sauf dans quelques cas comme le clenbutérol, un anabolisant « brûleur » de graisse [sur la durée d'une vie, l'eau apporte environ 25 doses de ce produit].

Mais il faut tenir compte aussi des apports alimentaires de petites doses cumulées sur plusieurs années et des effets synergiques avec d'autres polluants (bisphénol A, phtalates, PCB, dioxines, insecticides organochlorés, métaux, etc.). Les risques pour la faune et la flore sont réels : sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques, perturbations endocriniennes, notamment. Chez l'homme, les résidus ingérés risquent d'être suffisants à certaines périodes de la vie, lorsque la sensibilité à certains polluants est la plus grande, pour provoquer des perturbations hormonales et des troubles de la reproduction, par exemple.

À défaut de connaissances précises sur ces risques sanitaires, il est primordial de limiter et contrôler les rejets : on sait le faire à la source, bien que les diverses méthodes utilisées, telle l'osmose inverse, soient relativement coûteuses. Mais aujourd'hui, les hôpitaux et les industries ne mesurent pas leurs rejets d'anticancéreux, d'hormones ou

d'antibiotiques, faute de réglementation les y contraignant. La loi ne les oblige qu'à des analyses sans lien direct avec l'utilisation ou la production de médicaments, telles des mesures standards de pollution de l'eau. Or, pour connaître l'impact des polluants, il faut mettre en œuvre des tests sur cellules et sur modèles animaux, seuls à même d'évaluer les effets néfastes, mutagènes ou perturbateurs endocriniens par exemple, d'un échantillon prélevé dans l'environnement.

Il est primordial de développer en France et en Europe une nouvelle science, l'écopharmacovigilance. Des programmes de recherche sont indispensables, ainsi que des actions d'éducation dans toutes les universités, afin notamment de former les médecins à la santé environnementale.

Quant à la population, si elle doit éviter de surconsommer les médicaments, elle doit aussi rapporter systématiquement ceux qui n'ont pas été utilisés ou qui sont périmés dans les pharmacies. Depuis juin 2009, les officines sont tenues par la réglementation de collecter « gratuitement les médicaments non utilisés, contenus le cas échéant dans leurs conditionnements, qui leur sont apportés par les particuliers ». La réglementation prévoit qu'ils sont obligatoirement incinérés par des unités spécialisées conformes aux normes environnementales, qui valorisent l'énergie ainsi obtenue – la redistribution humanitaire étant en revanche interdite depuis 2008.

Ce dispositif est organisé par le réseau de l'association CYCLAMED, financé par les cotisations des entreprises du médicament. Sur ce plan particulier, l'augmentation récente des quantités collectées et valorisées (huit pour cent entre 2008 et 2009, soit un peu plus de 13 200 tonnes) suggère que nous sommes, peut-être, sur la bonne voie. ■

Jean-Marie HAGUENOER, professeur émérite de l'Université de Lille 2, président la Commission santé environnement de l'Académie nationale de pharmacie.

Médicament et environnement, rapport de l'Académie nationale de pharmacie, 2008, sur www.acadpharm.org (rapports d'étude). J.-M. Haguenoer, Les résidus de médicaments présentent-ils un risque pour la santé publique ?, *Santé Publique*, n° 3, pp. 325-342, 2010.

www.cyclamed.org



MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Patrimoines naturels & géologiques



Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe

Dominique Monti
Philippe Keith
Erick Vigneux

Cet inventaire au sein du milieu dulçaquicole de la Guadeloupe a permis de recenser 14 espèces de crustacés décapodes et 16 espèces de poissons. Chaque espèce est présentée dans une fiche synthétique (morphologie, biologie, distribution et menaces) accompagnée d'une carte de répartition et d'une photo. Deux clés de détermination complètent ce descriptif. L'ouvrage aborde aussi les différentes caractéristiques des milieux de l'archipel : géologie, relief, climat, hydrographie, originalité des peuplements aquatiques, menaces et conservation des milieux. Un tableau donne le classement UICN des espèces en danger à l'échelle de la Guadeloupe et une perspective historique permet de remettre dans leur contexte les espèces introduites et celles qui se sont acclimatées.

ISBN : 978-2-85653-648-3 • 128 p. • 23 € TTC



Stratotype Albien

Claude Colleté coordinateur

L'Albien est un étage de l'échelle stratigraphique internationale dont le stratotype se situe dans le département de l'Aube et qui date du Crétacé. L'ouvrage, richement illustré, aborde à la fois l'histoire de l'étude scientifique de cette couche, son contexte géologique, son contenu paléontologique, les paléogéographies et son utilisation par l'homme.

ISBN : 978-2-85653-657-5 • 326 p. • 35 € 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>



Pour réagir aux articles : courrier@pouirlascience.fr
ou directement sur les pages correspondantes du site www.pouirlascience.fr

✓ REMPLACER LE BISPHÉNOL A

L'article *Le bisphénol A : un danger pour la santé ?* (*Pour la Science* n° 396 - octobre 2010, <http://bit.ly/pls396-bisphenol>) met en évidence les risques liés aux plastiques durs. Quel produit chimique remplace désormais le bisphénol A dans les biberons ? Ce produit n'est-il pas similaire ? Ne se dégrade-t-il pas en composés semblables aux dérivés du bisphénol A ?

Félicia Berthaut, Paris

→ RÉPONSE DE JEAN-PIERRE CRAVEDI

Pour l'instant le bisphénol A est toujours utilisé dans la fabrication des plastiques rigides, y compris ceux à usage alimentaire. Plusieurs types de matériaux sont également utilisés pour fabriquer des objets en plastique rigide à usage domestique ; les plus courants sont le PVC, le polyéthylène et le polypropylène. C'est d'ailleurs en polypropylène que sont fabriqués les biberons en plastique garantis sans bisphénol A.

Il faut noter qu'il existe d'autres bisphénols (par exemple le bisphénol F ou S), mais ils sont pour l'instant beaucoup moins utilisés que le bisphénol A et l'on connaît peu de choses sur leur éventuelle toxicité. Le polypropylène est mieux connu et ses produits de dégradation ne sont pas des perturbateurs endocriniens.

Signalons enfin que parmi les perturbateurs endocriniens figurent les phtalates qui sont incorporés dans de nombreux plastiques pour leur conférer leurs propriétés de souplesse.

✓ CAOUTCHOUC ET ALLERGIES

Dans votre article *Du caoutchouc naturel en Europe* (*Pour la science* N° 394, août 2010, <http://bit.ly/pls394-caoutchouc>), vous écrivez que, parce qu'elles se combinent aux ingrédients de la vulcanisation, 20 pour cent des protéines liées aux particules de caoutchouc peuvent provoquer des réactions allergiques. Cela signifie-t-il qu'un latex d'hévéa dans lequel aucun ingrédient de vulcanisation ne serait incorporé ne provoquerait aucune réaction allergique, ou en réduirait le risque ?

Daniel Deméré,

Ingenieur conseil formulation latex naturel

→ RÉPONSE DE SERGE PALU

Lors de la centrifugation, les protéines en suspension ou dissoutes dans le latex sont entraînées avec le surnageant. Néanmoins, celles qui sont attachées à la surface des particules de caoutchouc y restent et se retrouvent, après trempage et vulcanisation, dans les objets finis.

Or elles migrent progressivement à la surface lors du stockage. Ce sont ces protéines de surface qui entraînent des réactions allergiques chez certains patients.

On peut en éliminer une partie par lavage et essorage du produit fini après une vulcanisation partielle. Mais le mieux est de limiter la présence de protéines dans le latex naturel. Pour le latex



Les biberons et les jouets pour nourrisson contiennent du bisphénol A, un perturbateur endocrinien. Par quoi le remplacer ?

d'hévéa, on peut utiliser du latex récupéré en surface par une opération de crémage, ce qui réduit de deux à quatre fois la teneur totale en protéines. C'est cependant une opération longue. Une autre solution est de faire une double centrifugation, mais c'est coûteux, et de ce fait réservé pour des applications très spécifiques.

Une autre piste est d'utiliser du latex de guayule. En effet, contrairement au latex d'hévéa, on ne l'obtient pas par saignée, mais par broyage, donc avec un lavage intensif. Il contient ainsi dix fois moins de protéines qu'un latex d'hévéa.

Par ailleurs, on ne peut totalement écarter des réactions des protéines avec les autres ingrédients de la vulcanisation (acide stéarique, antioxygène, et accélérateurs), mais, à ma connaissance, on n'a pas encore mis en évidence de réactions entre protéines et additifs chimiques.

En conclusion, moins il y a de protéines dans un latex au départ, plus faibles sont les risques de réactions allergiques liées au latex. C'est une opportunité pour le latex de guayule.

✓ LASER SANS CAVITÉ : PAS NOUVEAU ?

Dans l'article *Le laser aléatoire : un vrai laser ?* (*Pour la science* N° 396, octobre 2010, <http://bit.ly/pls396-laser>), les auteurs donnent à la cavité un rôle essentiel. Or des lasers sans cavité existent depuis longtemps. Par exemple, dans l'édition de juin 1974 de *Scientific American*, Jim Small décrit la façon de construire à la maison un laser à azote qui fonctionne sans cavité résonante. Ce laser n'a pas besoin de cavité, car le gain du milieu est énorme : de l'ordre de 2 tous les 20 millimètres.

L. Peralta

→ RÉPONSE DE CHRISTIAN VANNESTE

Il existe en effet un certain nombre de lasers dits « sans miroirs » dont le gain est suffisamment élevé pour pouvoir fonctionner sans cavité. Le laser à azote en est un exemple à la longueur d'onde de 337 nanomètres. On pourrait aussi en citer d'autres comme le laser à hydrogène, certains lasers à excimère, des lasers à gaz comme le laser hélium-néon à 3,39 micromètres, certains lasers à colorants ou à semi-conducteurs. Cependant, si cette liste semble importante, la majorité des lasers connus ne fonctionnent pas sans cavité. Il en est de même pour les lasers aléatoires. Sans le milieu diffusant, les lasers aléatoires ne fonctionneraient pas. Le milieu diffusant joue donc un rôle indispensable, comme la cavité d'un laser classique.

Il est intéressant de noter que si la directivité des lasers sans miroirs peut être assez bonne, leur cohérence temporelle reste en général très moyenne. Ces lasers sont donc intermédiaires entre un oscillateur laser cohérent et une source thermique incohérente. Par contraste, les lasers aléatoires se caractérisent par une directivité médiocre, mais par une assez bonne cohérence temporelle, du moins en principe. La notion de laser sans cavité peut ainsi couvrir plusieurs réalités physiques différentes.