

cnrs

le journal

n° 252-253
janvier-février 2011

MÉDICAMENTS, DIAGNOSTIC, IMPLANTS...

La chimie

PREND SOIN DE NOUS



→ **Le grand entretien**
Pour l'économiste Élie Cohen,
la sortie de crise reste incertaine





MATHIEU VIDARD

14h - La tête au carré

Echange avec les plus grands scientifiques qui racontent avec passion et clarté l'actualité des sciences au quotidien.



franceinter.com



FONDATION
BETTENCOURT
SCHUELLER

2010 PRIX POUR LES JEUNES CHERCHEURS

La Fondation Bettencourt Schueller vient de décerner ses **Prix pour les Jeunes Chercheurs 2010**, à 14 jeunes docteurs désireux de poursuivre leur recherche postdoctorale dans le domaine des sciences du vivant, dans des laboratoires étrangers de renommée mondiale. Le Comité Scientifique de la Fondation Bettencourt Schueller, présidé par le Professeur Pierre Corvol, Administrateur du Collège de France et Membre de l'Institut de France (Académie des Sciences), a distingué les jeunes chercheurs suivants qui ont reçu chacun un prix de 25 000 € :

Mesdemoiselles Diane Lazard, Héloïse Bastide, Leïla Perié, Alix de Colignon, Stéphanie Trouche, Delphine Gomez, Marina Kvaskoff, Cécile Schweitzer.

Messieurs Thomas Portet, Xavier Jaglin, Simon de Beco, Emmanuel Perisse, Guillaume Cambray, Jean-Marc Tadié.

Les **Prix pour les Jeunes Chercheurs** s'inscrivent dans le cadre de l'action prioritaire que mène la Fondation Bettencourt Schueller pour le développement de la Recherche biomédicale française et européenne.

Reconnue d'utilité publique en 1987, la Fondation Bettencourt Schueller a été créée par Liliane Bettencourt, en souvenir de son père Eugène Schueller, lui-même chercheur, chimiste et fondateur de L'Oréal. Elle encourage ceux qui entreprennent dans les domaines de la Recherche scientifique, de la Vie culturelle et de l'Action sociale.

Fondation
Bettencourt Schueller
27-29, rue des Poissonniers
92522 Neuilly-sur-Seine Cedex
www.fondationbs.org
Contact : mwf@fondationbs.org

Éditorial



© N. TIGET/CNRS PHOTO THÈQUE

PAR GILBERTE CHAMBAUD,
DIRECTRICE SCIENTIFIQUE DE L'INSTITUT
DE CHIMIE (INC) DU CNRS

Si on parlait chimie en 2011? L'Unesco a en effet placé cette nouvelle année sous le signe de la chimie, science ancestrale de la transformation de la matière. Et, pour l'occasion, c'est toute la communauté que nous avons mobilisée en France¹. Pourquoi parler chimie ? Parce que la discipline occupe rarement le devant de la scène, alors qu'elle se trouve partout dans notre vie quotidienne. Elle est indiscutablement un des piliers de notre société et elle est incontournable pour relever les défis liés à l'avenir de la planète.

Au CNRS, elle occupe également une place importante. Les 183 laboratoires de chimie de l'INC comptent près de 7000 agents, et des équipes travaillent aussi dans près de 80 laboratoires pluridisciplinaires d'autres instituts. Avec ses partenaires universitaires et industriels, les sociétés savantes et le corps enseignant, le CNRS se positionne comme un acteur majeur de l'Année internationale de la chimie.

L'année 2011 sera l'occasion de lancer un nouveau dialogue entre nos chercheurs et le public et, surtout, de parler de ce que la chimie, notamment celle que l'on pratique au CNRS, doit accomplir pour la société de demain. Une chimie "pensée autrement", dans laquelle s'inscrivent de grands enjeux planétaires tels que l'énergie, l'environnement, l'eau et la santé.

Ce dernier enjeu représente un volet majeur de notre recherche, et les progrès pour la santé n'existeraient certainement pas sans les chimistes et leurs talents. Sans dévoiler le contenu de cette première édition 2011 de *CNRS Le journal*, je tiens à souligner le travail d'orfèvre, le côté stratégique et l'imagination de ces chimistes au service de la santé. Je vous souhaite une très bonne lecture et surtout une très belle année 2011... avec la chimie!

1. Découvrez les événements du CNRS pour l'Année internationale de la chimie sur www.cnrs.fr/chimie2011

4 | 5 L'essentiel

Le point sur les nominations, les prix, les faits marquants...

14 | 15 Le grand entretien

Chargé par le gouvernement de réfléchir à la sortie de crise, Élie Cohen nous livre sa vision de la conjoncture pour 2011.

30 | 31 Portrait

Didier Raoult, spécialiste des maladies infectieuses, est le lauréat du Grand Prix Inserm 2010.

32 | 37 Stratégie

Les innovations, les partenariats et les collaborations internationales.

38 | 42 Culture

Livres, expositions, films... La sélection de la rédaction.

43 | Sur le vif

Les coulisses étonnantes d'une photo de science.



© WWW.GREGGIRADE.COM POUR LE CNRS

6 | 8 L'événement

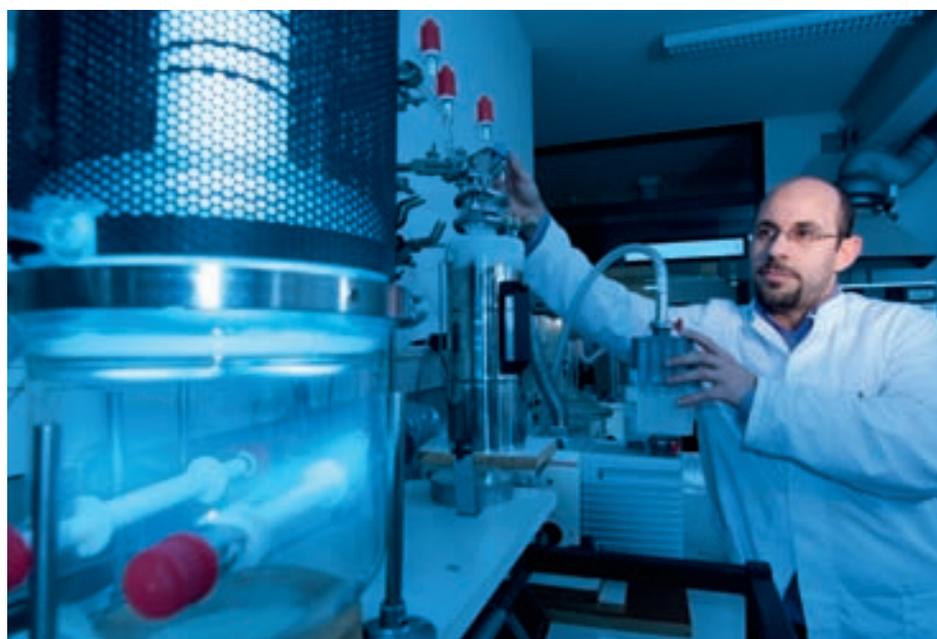
Le détecteur AMS est prêt à rejoindre la Station spatiale internationale. Son but : traquer les composantes les plus mystérieuses de la matière dans l'Univers.

9 | 13 Actualités

Des mouches funèbres chez les Mochicas ; l'importance du carnet d'adresses dans les recrutements ; une synthèse pour y voir plus clair sur la biodiversité ; des molécules déguisées en aimants ; une révélation sur l'atmosphère de Titan...



© NASA/JPL



© H. RAGUET/CNRS PHOTO THÈQUE

16 | 29 L'enquête

La chimie prend soin de nous

17 | Inventer les médicaments de demain

22 | De nouveaux outils pour le diagnostic

26 | Ces matériaux qui réparent le corps

28 | Trois innovations à suivre

À la une

Cinémascience

Le palmarès

Trois excellents longs-métrages sur les dix films en compétition ont raflé les prix de la 3^e édition du Festival international de cinéma Cinémascience, organisé par le CNRS, à Bordeaux. Grand gagnant de ce palmarès, *Gordos*, comédie espagnole de Daniel Sánchez Arévalo sur les excès et les carences de la vie, a reçu les prix du Grand Jury et du jury Jeunes. Autre lauréat, le film belge *Oxygène*, d'Hans van Nuffel, qui met en scène deux frères souffrant de la mucoviscidose, a été salué par le prix d'interprétation du Grand Jury, attribué au prometteur Stef Aerts, le prix du public, le Coup de cœur de l'Inserm et une mention spéciale du jury Jeunes chercheurs. Enfin, ce même jury a décerné son prix à *How I Ended This Summer*, du russe Alexei Popogrebsky, film sur l'isolement et la misère des scientifiques russes. En une semaine, le festival a attiré plus de 8 500 spectateurs – dont plus de 1 000 scolaires –, soit une hausse de 20 % par rapport à 2009. Plus de 50 chercheurs CNRS, Inserm, Inria et universitaires ont animé les échanges scientifiques avec le public et les cinéastes.

EN LIGNE

> www.cnrs.fr/cinemascience/



→ Les jurys de la 3^e édition de Cinémascience, lors de soirée de clôture du festival le 5 décembre.

© IN TIGET/CNRS PHOTO THÈQUE



Brigitte Perucca à la tête de la communication du CNRS

→ Depuis le 3 janvier, Brigitte Perucca est la nouvelle directrice de la communication du CNRS. Jusqu'alors, elle était journaliste au service Planète du quotidien *Le Monde*, qu'elle avait rejoint en 2008 après avoir été pendant sept ans rédactrice en chef du mensuel *Le Monde de l'éducation* et de *La Lettre de l'éducation*. Des fonctions qui l'ont conduite à piloter durant cette période le prix Le Monde de la recherche universitaire, dont l'objectif est de publier des travaux de jeunes chercheurs privilégiant l'interdisciplinarité. Au cours de sa carrière, Brigitte Perucca a aussi travaillé à *L'Usine nouvelle* et aux *Échos*, et publié deux ouvrages sur le système éducatif. Elle succède à Marie-Hélène Beauvais, qui devient directrice déléguée de la direction de la communication.

EN LIGNE

> www2.cnrs.fr/presse/communiqu/2068.htm

Un biologiste à l'honneur

→ Directeur de recherche au CNRS au Centre de génétique moléculaire, Bruno Lemaître est le lauréat 2010 du prix Liliane-Bettencourt pour les sciences du vivant. Également directeur d'une équipe de recherche à Lausanne, il est récompensé pour ses travaux qui portent sur les mécanismes moléculaires mis en jeu au cours d'infections microbiennes et les réactions immunitaires. Ce prix a été créé en 1996 par la fondation Bettencourt-Schueller pour récompenser et soutenir un scientifique européen de moins de 45 ans.

Précision | Au sujet de l'article « Du nouveau sur les mécanismes de notre mémoire », publié dans notre numéro de novembre (*lire n° 250, p. 12*), précisons que les travaux cités ont été effectués au sein du Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action (Unité CNRS/Collège de France).

Le nouveau visage de l'Académie des sciences

→ Alain Carpentier, scientifique et chirurgien cardiaque de renommée mondiale, a été élu le 14 décembre à la présidence de l'Académie des sciences pour 2011 et 2012. Né en 1933, professeur émérite à l'université Paris-Descartes et chirurgien à l'Hôpital européen Georges-Pompidou, il est notamment connu pour la mise au point des bioprothèses

valvulaires cardiaques. Le paléontologue Philippe Taquet, professeur émérite au Muséum national d'histoire naturelle et membre du Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements, a de son côté été élu vice-président. Ces deux personnalités et les deux secrétaires perpétuels, Jean-François Bach et Catherine Bréchnignac, ancienne prési-

dente du CNRS, constituent donc le nouveau bureau de l'Académie des sciences. Deux semaines auparavant, neuf nouveaux membres ont également été élus. Parmi eux figurent six chercheurs du CNRS : Claire Voisin, Hélène Bouchiat, Patrick Flandrin, Philippe Sautet, Daniel Choquet et Félix Rey.

1. Unité CNRS/MNHN/UPMC.



→ Alain Carpentier

Jacques Baudouin prend la direction de CNRS Éditions

→ **Début janvier, l'éditeur et écrivain Jacques Baudouin**, ancien conseiller de Bernard Kouchner au ministère des Affaires étrangères et européennes, a été nommé directeur général de CNRS Éditions. Né en 1950, il a effectué une grande partie de sa carrière dans l'édition. Il est aussi l'auteur de plusieurs romans et a notamment lancé les revues *Monde chinois* (Choiseul Éditions) et *Mondes, Les cahiers du Quai d'Orsay* (Ministère des Affaires étrangères/Grasset). À la tête de la maison d'édition du CNRS, il succède à Jean-François Colosimo, nommé en mai 2010 à la présidence du Centre national du livre.



© H. ASSOLLINE

Laurent Cognet, lauréat du prix Jean-Jerphagnon 2010

→ **Le 2 décembre, Laurent Cognet, directeur de recherche au Laboratoire ondes et matière d'Aquitaine¹, s'est vu remettre le prix Jean-Jerphagnon 2010. Il est récompensé pour son projet ImmuQuant, qui vise à utiliser la microscopie dite photothermique pour le diagnostic médical. Lancé en 2008 par onze acteurs majeurs du monde de l'innovation, ce prix est destiné à promouvoir l'innovation technologique et la diffusion de l'optique-photonique dans divers domaines.**

1. Unité CNRS/Université Bordeaux-I.

SUIVEZ EN DIRECT L'ACTUALITÉ DU CNRS

facebook

www.facebook.com/cnrs.fr

twitter

<http://twitter.com/CNRS>

Ils ont marqué l'actu

→ **Le roi Henri IV vient de retrouver sa tête** grâce à une équipe internationale comprenant plusieurs chercheurs liés au CNRS. C'est en 1793 que des révolutionnaires, profanant les tombes royales de la basilique Saint-Denis, exhument le corps embaumé du roi de France, assassiné en 1610 par Ravaillac, et lui tranchent la tête. Retrouvée chez un retraité féru d'histoire, celle-ci vient d'être formellement identifiée par les scientifiques au moyen de différentes techniques. Leur étude, qui a fait grand bruit, a été publiée en décembre dans la revue *British Medical Journal*.



© WWW.TFLFR



© C. LANAUD/CIRAD

→ **C'est une étude qui a fait sensation le lendemain de Noël :**

une équipe internationale a décrypté le génome du cacaoyer, la plante à la base du chocolat. Plus précisément, il s'agit du génome du *criollo*, une variété assez fine qui pourrait descendre des premiers cacaoyers domestiqués par les Mayas il y a plus de 2000 ans. Coordonnés par le Cirad et impliquant quatre laboratoires du CNRS, ces travaux publiés dans *Nature Genetics* ont déjà permis, entre autres, de mieux cerner les gènes impliqués dans les arômes du chocolat et de retracer l'histoire évolutive du cacaoyer.

→ **La grotte de Cussac, en Dordogne, s'ouvre véritablement à la recherche dix ans après sa découverte.**

Entre-temps, c'est tout un travail de fond qui a été mené pour la conservation de ce site, datant du Gravettien (-29 000 à -22 000 ans), rendu exceptionnel par ses gravures préhistoriques monumentales et par la présence de restes humains. En décembre dernier, un collectif de chercheurs, dirigés Jacques Jaubert, du laboratoire De la Préhistoire à l'Actuel : culture, environnement et anthropologie, a présenté le projet scientifique et les résultats de ses premières études.

1. Unité CNRS/Université Bordeaux-I/Ministère de la Culture et de la Communication/Inrap.



© N. AUJOULAT/CNP-MCC

Astrophysique Le détecteur AMS est prêt à rejoindre la Station spatiale internationale. Son but : traquer les composantes les plus mystérieuses de la matière dans l'Univers.

Un détecteur géant dans les étoiles

LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE

Située à environ 360 kilomètres d'altitude, la Station spatiale internationale (ISS) est le fruit d'une collaboration entre différents pays, dont les États-Unis, la Russie, l'Europe et le Canada. Succédant à l'antique station soviétique MIR, son premier tronçon a été mis en orbite en 1998 par les Russes. Depuis, elle accueille en permanence une poignée d'astronautes, dont l'une des missions est la mise en œuvre d'expériences scientifiques bénéficiant d'une gravité réduite ou de l'absence d'atmosphère.

LE DÉTECTEUR AMS

Pour identifier les particules de haute énergie, présentes dans les rayons cosmiques, comme celui représenté ici, AMS dispose d'un attirail digne des plus puissants détecteurs de particules construits sur Terre. Jusqu'à la fin de l'expérience, entre 2020 et 2028, ce concentré de technologies aura pour tâche d'aider à élucider l'origine de ces particules qui, en provenance du cosmos, bombardent en permanence notre planète.

Les 4 objectifs :

1. PERCER LE SECRET DE L'ANTIMATIÈRE

Où qu'ils regardent dans le ciel, les astrophysiciens n'observent que de la matière. Or, d'après les cosmologistes, matière et antimatière ont été engendrées dans les mêmes proportions lors du big bang. Ainsi, pour de nombreux théoriciens, l'enjeu consiste à déterminer les mécanismes responsables de la disparition de l'antimatière, probablement dans l'Univers primordial. Pour d'autres, il est possible que l'Univers soit encore peuplé d'antimondes (antiétoiles, antigalaxies...). La détection d'un seul antinoyau atomique par AMS serait une preuve de leur existence.

2. DÉTECTER DE LA MATIÈRE NOIRE

C'est une certitude : la matière visible ne représente que 15% du contenu en matière de l'Univers. Le reste est non seulement invisible, mais de nature inconnue. Cette matière, dite noire, pourrait être composée de particules encore jamais observées, mais dont les physiciens ont postulé l'existence pour des raisons de cohérence de leurs théories. Parmi les candidats, on trouve une particule baptisée *neutralino*, dont la désintégration serait susceptible d'engendrer un excès de positrons (l'antiparticule de l'électron) détectable par AMS.

3. PISTER LES PARTICULES ÉTRANGES

Dans les conditions standard, la matière nucléaire, notamment les protons et les neutrons, est composée de deux quarks dits *up* et *down*. Mais plusieurs chercheurs imaginent que, dans les conditions très particulières qui règnent au sein de certains astres, telles les étoiles à neutrons, des particules pourraient contenir un troisième quark qualifié d'étrange. Si c'est effectivement le cas, AMS sera bien placé pour attraper quelques-uns de ces *strangelets*.

4. RÉVISER LA PHYSIQUE CLASSIQUE

Si AMS fait la joie des spécialistes de physique exotique, les astrophysiciens adeptes d'objets plus courants ne seront pas en reste. En effet, étoiles, galaxies, quasars et supernovae sont autant d'astres susceptibles de produire et d'accélérer quantité de particules chargées et de noyaux atomiques éjectés dans l'espace. Leur détection par AMS sera donc riche d'enseignements sur leurs propriétés et les mécanismes dont ils sont le siège.

PAR MATHIEU GROUSSON

C'est un monstre de 7,5 tonnes, haut de 4 mètres et large de 5, dont la valeur totale atteint 2 milliards de dollars. Un détecteur dont les performances annoncées n'ont rien à envier à celles de ses congénères tapis au fond des accélérateurs, tel le LHC à Genève, prêts à débusquer le moindre grain de matière engendré dans une collision entre particules. Une différence existe toutefois, et pas des moindres : celui-ci profitera du dernier vol de la navette spatiale américaine pour gagner la Station spatiale internationale (ISS). AMS (*Alpha Magnetic Spectrometer*), c'est son nom, deviendra le premier détecteur de particules géant en orbite. Objectif : traquer tous les signes possibles de l'existence des composantes les plus mystérieuses de la matière dans l'Univers, parmi lesquelles l'antimatière, la matière étrange ou encore la matière noire.

EN DIRECT DE L'ESPACE

D'après les théoriciens, ces signes sont à chercher dans les rayons cosmiques qui bombardent en permanence la Terre. Soit des particules – électrons, protons, noyaux atomiques en tout genre, positrons (l'antiparticule de l'électron) –, dont l'énergie est parfois bien supérieure à celle des particules observées dans les accélérateurs. En pénétrant dans l'atmosphère, ces particules produisent d'importantes gerbes de particules secondaires, à partir desquelles des observatoires tel celui d'Auger, en Argentine – une collaboration internationale à laquelle participent sept laboratoires de l'Institut de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) du CNRS –, déduisent les caractéristiques des rayons cosmiques qui leur ont donné naissance.

Pendant, la détection n'est de ce fait qu'indirecte. Raison pour laquelle la meilleure façon d'établir précisément le bestiaire des rayons cosmiques est encore de mettre en orbite un puissant détecteur de particules. C'est exactement ce qu'est AMS. Plus précisément, un puissant aimant circulaire de 1,15 m de diamètre,

chargé de courber la trajectoire des particules qui y pénétreraient, afin de les orienter vers un empilement de détecteurs. AMS devrait permettre de repérer toutes les particules le traversant jusqu'à une énergie de l'ordre du téraélectronvolt (10^{12} électronvolts) et de reconnaître un positron noyé parmi un million de protons. Et donc de gagner un facteur de 100 à 1 000 en performance par rapport au satellite *Pamela*, mis en orbite en 2006.

UNE EXPÉRIENCE UNIQUE

« Grâce à AMS, on pourra comparer les caractéristiques de toutes les particules chargées qui bombardent la Terre, s'enthousiasme Jean-Pierre Vialle, du Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules. De quoi donner une indication franche de l'existence de la matière noire qui, bien qu'échappant à toute détection, compte pour 85 % de la totalité de la matière présente dans l'Univers ! De plus, si on ne détecte pas d'antinoyau, on pourra conclure que l'antimatière est absente de tout l'Univers observable. »

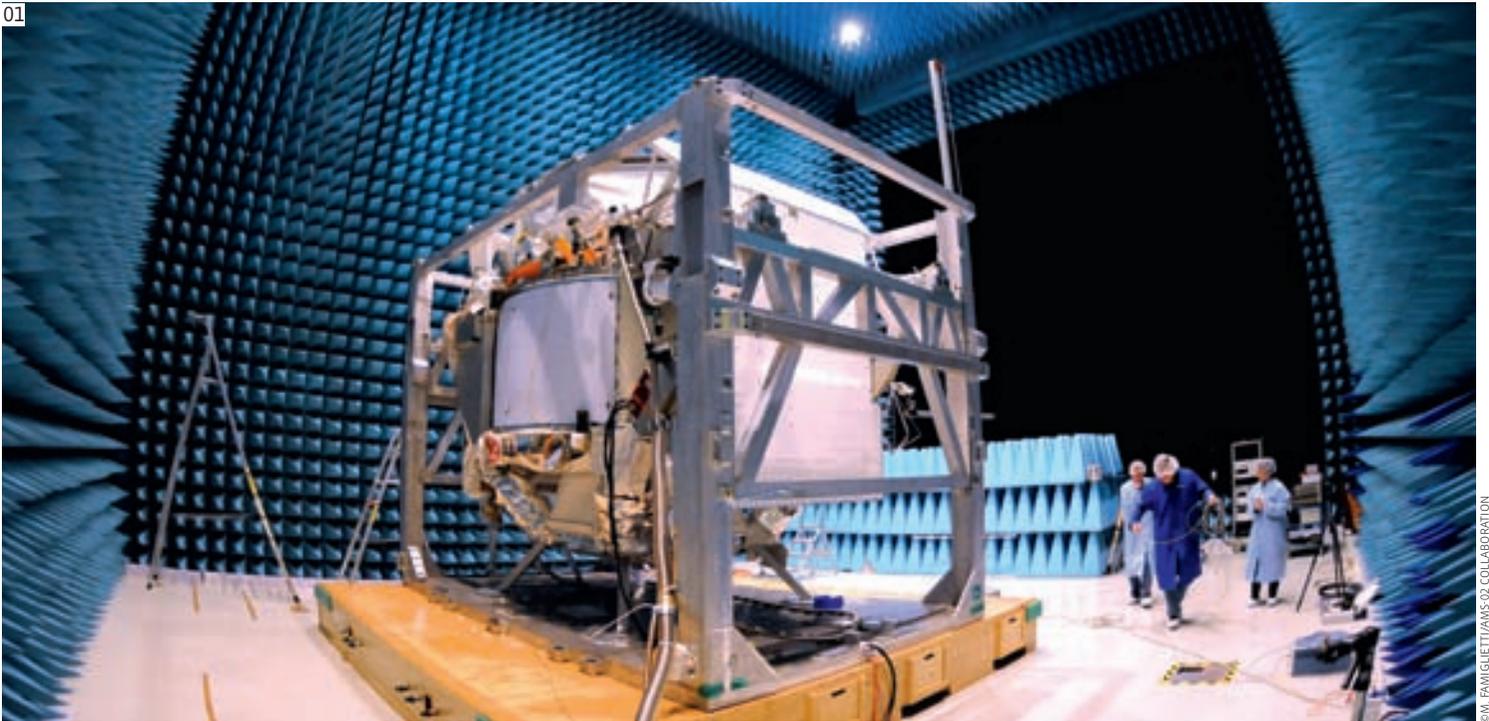
Si AMS fait la joie des spécialistes des astroparticules, s'appêtant à devenir la seule expérience de physique à bord de l'ISS, et peut-être la seule d'envergure à bord d'une station parfois décriée pour sa faible rentabilité scientifique, il revient pourtant de loin. C'est en 1994 que le projet est lancé. Il donne naissance, en 1998, à un premier détecteur qui passera douze jours en orbite à bord de la navette spatiale *Discovery*, afin de démontrer le principe de l'expérience. « Ce fut un réel succès, se souvient l'astrophysicien. Alors qu'il ne s'agissait que d'une mission de tests, celle-ci

Trois unités du CNRS

sont impliquées dans le projet :

le Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules (CNRS/ Université de Savoie), le Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble (CNRS/Université Joseph-Fourier/Grenoble INP) et le Laboratoire Univers et Particules de Montpellier (CNRS/Université Montpellier-II).

01



© M. FAVIGLIETTI/AMS-02 COLLABORATION

a conduit à la publication de cinq articles scientifiques. » Si bien que débute, en 1999, la conception de l'actuelle version d'AMS.

Mais, en 2003, l'accident de *Columbia* remet en cause tout le programme navette américain. Et le projet AMS est mis à la trappe. « S'est ensuivie une redoutable bataille politique dont le succès doit beaucoup aux efforts déployés par Samuel Ting, Prix Nobel de physique et porte-parole de l'expérience », poursuit Jean-Pierre Vialle. Bataille qui se solde par un vote du Congrès états-unien, en 2008, en faveur de la mise en orbite du détecteur. Si AMS est évidemment tributaire de la politique spatiale américaine, il s'agit d'un projet international qui implique 600 chercheurs travaillant dans une cinquantaine d'instituts, répartis dans seize pays, dont trois laboratoires rattachés à l'IN2P3 du

01 Le détecteur AMS (dans la cage au centre de l'image) a subi une batterie de tests dans cette chambre. Celle-ci est équipée de murs qui absorbent les radiations pour faciliter l'interprétation des résultats. 02 Schéma des différents éléments qui composent le détecteur AMS.

CNRS. Et Jean-Pierre Vialle d'ajouter : « Officiellement, AMS est un projet piloté par le Département de l'énergie (DOE) états-unien. Mais 95 % de l'instrumentation a été réalisée en Europe et en Asie. » Au point que le centre de contrôle de l'expérience, qui recevra les données depuis le Centre de l'espace, à Houston, sera installé dans le temple européen de la physique des particules, le Cern, à Genève. Ce n'est pas un hasard. AMS est certes un observatoire astronomique, mais c'est aussi une expérience véritablement conçue « à la manière de la physique des particules ».

LA MISSION PROLONGÉE

Ainsi, alors que les données accumulées par un satellite scientifique d'observation tombent généralement dans le domaine public un an après acquisition, celles d'AMS resteront propriétés de la collaboration, comme il est de coutume avec les données obtenues par un accélérateur. De même, alors que la réalisation de la plupart des satellites scientifiques est confiée à l'industrie, AMS a été entièrement pensé et assemblé dans les laboratoires, tels les grands détecteurs terrestres de particules.

Une singularité à laquelle le détecteur doit peut-être une adaptation de dernière minute liée aux revirements de la politique américaine. Au printemps 2010, alors qu'AMS avait déjà passé tous les tests de validation à Genève et aux Pays-Bas, la mission de l'ISS a en effet

été prolongée jusqu'en 2020, voire en 2028. Or, comme l'explique Jean-Pierre Vialle, « l'aimant supraconducteur d'AMS, adapté à la longévité initialement programmée pour la station, était conçu pour fonctionner de deux à trois ans. Nous avons alors pris la décision de rapatrier le détecteur au Cern pour le démonter entièrement afin de remplacer l'aimant supra par l'aimant permanent du premier détecteur, d'une durée de vie beaucoup plus longue ».

DANS LES STARTING-BLOCKS

C'est ainsi qu'AMS a passé une dernière série de tests dans le faisceau de particules de l'accélérateur genevois, au cours de l'été dernier. Juste à temps pour embarquer, le 26 août 2010, à bord d'un avion C5 de l'armée américaine, de retour d'Afghanistan. Direction Cap Kennedy, en Floride, pour rejoindre la navette spatiale. Une fois en orbite, dans les semaines à venir, le mastodonte, après dix ans d'attente, n'aura plus qu'à se tourner vers le ciel. La pluie de particules qu'il recueillera révélera alors certains mystères du cosmos, tissant de nouveaux fils entre infiniement petit et infiniement grand.

EN LIGNE

> www.ams02.org

CONTACT :

Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules
Jean-Pierre Vialle
 > jean-pierre.vialle@lapp.in2p3.fr

02

Détecteur à radiation de transition

Détecteur de temps de vol

Aimant

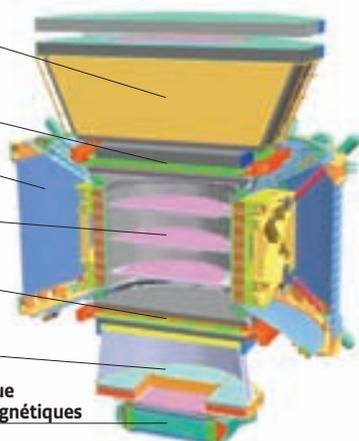
Détecteur silicium de trajectoire des particules

Détecteur de temps de vol

Détecteur Cherenkov à imagerie annulaire

Détecteur calorimétrique de particules électromagnétiques

DÉTECTEUR AMS-02



© AMS-02 COLLABORATION



Archéologie

Des mouches funèbres chez les Mochicas

PAR GRÉGORY FLÉCHET

→ Le voile se lève sur les mystérieux rites funéraires des Mochicas.

Ces Indiens qui vécurent au Pérou entre 100 et 700 après Jésus-Christ laissaient vraisemblablement les cadavres à l'air libre pendant au moins un mois avant de les mettre en terre. Cette hypothèse, publiée le 17 novembre dans *Journal of Archaeological Science*, s'appuie sur la découverte du corps d'un jeune Mochica sur le site de la pyramide de la Lune¹, en 2006.

« *Autour du corps, aux quatre points cardinaux, s'amoncelaient plus de 200 pupes de mouches* », explique Jean-Bernard Huchet, archéontomologiste au laboratoire Pacea (De la Préhistoire à l'Actuel : culture, environnement et anthropologie)² et auteur de l'étude. Or les insectes apportent de précieuses informations sur la décomposition d'un corps. « *Une partie de ces pupes appartient à des espèces de mouches qui viennent pondre sur le cadavre quand il est encore frais ou aux premiers stades de décomposition*, précise le chercheur. *Leur présence implique que le corps a été laissé à l'air libre avant son inhumation.* » Mais combien de temps?

Pour le savoir, Jean-Bernard Huchet a disposé aux abords du site archéologique des pièges à insectes contenant de la viande de porc, car celle-ci est

la viande la plus proche de la chair humaine. Il a ainsi pu estimer à un mois le temps qui s'écoule entre la ponte des œufs sur la chair et leur métamorphose complète en insectes volants. Compte tenu de l'état des différentes pupes trouvées près du jeune Mochica, le chercheur a pu montrer que c'est aussi le temps minimum que le corps a dû rester à l'air libre avant l'inhumation.

Pourquoi une telle pratique? La civilisation précolombienne n'a laissé derrière elle aucune trace écrite. Mais des fresques sur certaines céramiques peintes retrouvées à l'intérieur de plusieurs tombes apportent un début d'explication. Au-dessus de guerriers escortant de futurs sacrifiés ou au-dessus de squelettes en train d'exécuter une danse, des mouches sont toujours représentées. « *Leur envol depuis le cadavre était sans doute pour les Mochicas une sorte d'allégorie de l'âme du défunt quittant son corps* », conclut Jean-Bernard Huchet.

1. Fouilles menées par la Mission archéologique française au Pérou dirigée par Claude Chauchat.
2. Unité CNRS/Université Bordeaux-I/Ministère de la Culture et de la Communication/Inrap.

CONTACT :

De la Préhistoire à l'Actuel : culture, environnement et anthropologie, Talence
Jean-Bernard Huchet
 > jb.huchet@pacea.u-bordeaux1.fr

CLIMATOLOGIE | Les feux de végétation, d'origine naturelle et humaine, seraient mal évalués dans les modèles climatiques. Jusqu'à présent, on estimait que ces sources de monoxyde de carbone (CO) étaient plus nombreuses aujourd'hui que par le passé. Or, en analysant une carotte de glace prélevée en Antarctique et correspondant à une période de 650 ans, des chercheurs du Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE) ont découvert que les concentrations actuelles en CO dans l'hémisphère Sud n'ont jamais été aussi basses.

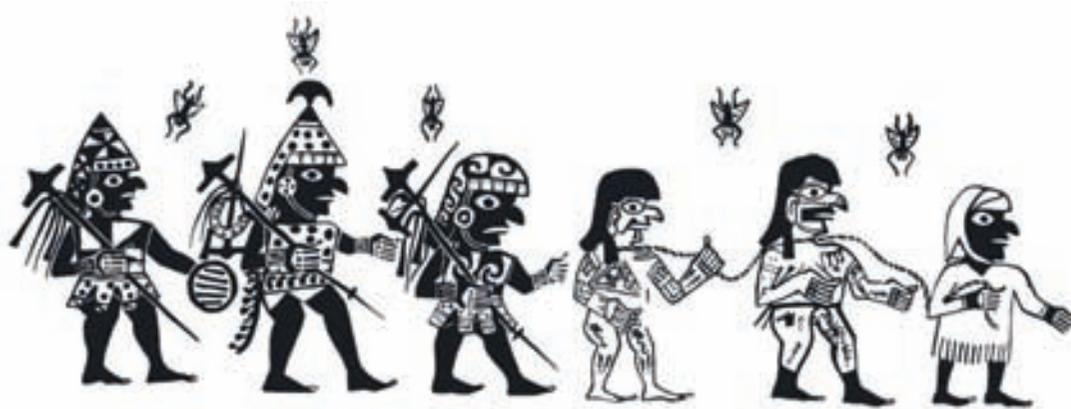
MÉDECINE |

Une nouvelle

stratégie vaccinale contre le paludisme a été développée par des chercheurs du Centre d'infection et d'immunité de Lille et de l'Unité de glycobiologie structurale et fonctionnelle. Elle repose sur l'ingestion d'amidon issu d'une algue verte, génétiquement modifié pour renfermer des antigènes de *Plasmodium*, le parasite responsable du paludisme. Les souris ayant ingéré ces grains d'amidon ont été protégées de manière significative contre l'infection. Des études de faisabilité chez l'homme doivent maintenant être menées.

PHYSIQUE | Première mondiale! Une équipe internationale impliquant l'Institut Femto-ST a maîtrisé la seconde avec 14 chiffres après la virgule à l'aide d'un oscillateur à quartz compact et transportable. Un tel oscillateur ne dériverait alors que d'une seconde en 1,3 million d'années. Ce résultat relance l'intérêt des oscillateurs à quartz, dont les performances ultimes stagnaient ces dernières années, notamment pour les applications spatiales.

PUPE
 Stade de la métamorphose des insectes après l'état de larve. De la pupa durcie s'envole ensuite l'insecte.



→ Sur cette scène de l'iconographie mochica, des guerriers accompagnent des prisonniers destinés à être sacrifiés. On distingue très nettement les mouches qui survolent le groupe en attendant l'exécution.

Emploi

De l'importance du carnet d'adresses

PAR PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

→ Comment les salariés trouvent-ils un emploi, et les employeurs, des salariés ?

Étonnamment, alors que plusieurs millions de recrutements se produisent chaque année en France, les études sur la manière dont salariés et employeurs entrent en contact et décident de travailler ensemble ne font guère ployer les étagères des bibliothèques de sociologie. D'où l'importance de l'enquête réalisée par Nathalie Chauvac, du Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires¹, qui s'est penchée sur plus de 650 cas d'embauches. Son but ? Pénétrer dans la boîte noire qu'est le processus de recrutement et en analyser le fonctionnement. Premier résultat notable : « Dans près d'un cas sur

deux, révèle notre chercheuse, la relation d'embauche se crée grâce à la mobilisation de relations sociales, lesquelles sont activées à différents moments : pour diffuser l'information sur un poste vacant ou sur une candidature, pour la mise en relation et pour le recrutement. » Employeurs et salariés s'appuient, par ailleurs, en priorité sur les ressources directement à leur disposition, c'est-à-dire, précise la chercheuse, « sur les liens qu'ils ont tissés avec leur milieu professionnel ou sur des contacts personnels ».

Second enseignement, les « chaînes relationnelles » impliquées dans une séquence d'embauche sont en général courtes : 33% des salariés disent avoir été en contact direct avec les employeurs, 61% par l'intermédiaire d'une personne et donc seulement 6% par au moins deux

personnes. Les employeurs, eux, mentionnent plus souvent des contacts directs.

Ainsi, les résultats de cette enquête prouvent qu'actionner son réseau de relations constitue bien la principale clé d'entrée du marché du travail. Les intermédiaires du marché du travail que sont Pôle emploi, l'Apec, les entreprises d'intérim, etc., interviennent surtout quand les liens personnels ou professionnels ne suffisent pas. Ou, cela peut aussi arriver, lorsqu'ils constituent un obstacle, par exemple quand une personne est « grillée » auprès de son entourage.

1. Unité CNRS/Université de Toulouse-II-Le Mirail.

CONTACT :

Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires, Toulouse
Nathalie Chauvac
 > nathalie.chauvac99@wanadoo.fr

Génétique

Des facteurs à double casquette

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

→ Il y a quatre ans, la biologie cellulaire a été marquée par un résultat historique :

des chercheurs japonais ont réussi à reprogrammer des cellules spécialisées pour en faire des cellules souches capables de se différencier en divers types de cellules. Cela grâce à certains facteurs de transcription, des petites protéines qui régulent l'expression des gènes. Il restait encore à comprendre le fonctionnement de ceux-ci. Un pas important dans ce sens vient d'être réalisé par l'unité de Génétique moléculaire murine¹ de l'Institut Pasteur. Dans un article publié dans *Nature* le 17 novembre, les chercheurs ont en effet pu décrire l'action de trois de ces protéines dans l'un des processus fondamentaux de l'**embryogenèse** des femelles mammifères : l'inactivation d'un chromosome X.

« Les cellules femelles possèdent deux chromosomes X, alors que les cellules mâles n'en ont qu'une, rappelle Philip Avner, qui a dirigé ces travaux. Pour éviter un excès de protéines codées par le chromosome X chez les femelles, l'un d'entre eux doit être inactivé. Cette mise sous silence est indispensable ; elle a lieu lors des premiers stades de l'embryon et se maintient tout au long de la vie de l'individu. »

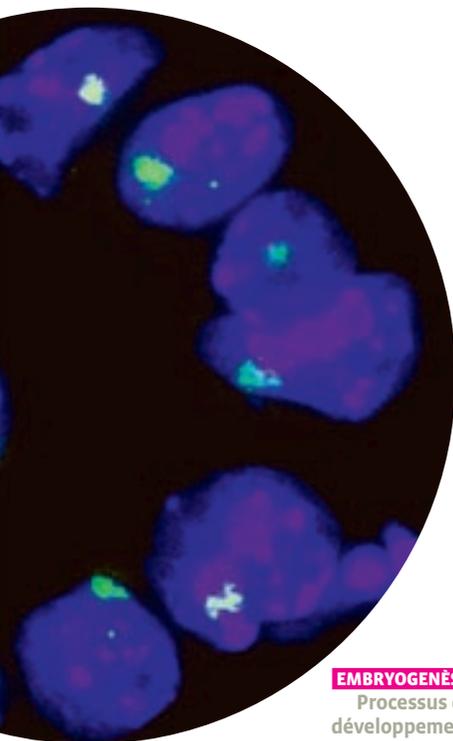
Nos chercheurs ont découvert que trois des fameux facteurs de transcription – en jeu dans la reprogrammation des cellules spécialisées en cellules souches – suppriment aussi l'inactivation du chromosome X. Les cellules femelles redevenues artificiellement cellules souches ont donc retrouvé l'usage de leur chromosome X baïllonné. Les deux phénomènes – spécialisation des cellules et inactivation du chromosome X – seraient donc bel et bien liés.

« La recherche sur la reprogrammation des cellules promet d'avoir des retombées très importantes, notamment dans le domaine médical. Nous pouvons par exemple imaginer que, lorsqu'on connaîtra mieux ces mécanismes, nous pourrions réprimer les parties du génome qui fonctionnent mal afin de corriger certaines maladies génétiques et traiter de nombreux cancers », avance Philip Avner.

1. Celle-ci fait partie de l'unité Bases génétiques, moléculaires et cellulaires du développement (Unité CNRS/Institut Pasteur).

CONTACT :

Bases génétiques, moléculaires et cellulaires du développement, Paris
Philip Avner
 > philip.avner@pasteur.fr



EMBRYOGENÈSE
 Processus de développement de l'embryon.

→ Dans ces noyaux de cellules femelles adultes (en bleu), le chromosome X inactif a été mis en évidence grâce à de l'ARN non codant (en vert).

Environnement Une étude comparant les scénarios d'érosion de la biodiversité devrait permettre de guider les décideurs politiques.

Biodiversité : une synthèse pour y voir plus clair



© A. LANGAUDERE

→ La flore du Cap, en Afrique du Sud, est réputée pour être l'une des plus riches du monde, mais elle est menacée par l'expansion des villes et par le changement climatique.

PAR CHARLINE ZEITOUN

Des centaines d'études publiées dans les revues scientifiques prédisent l'érosion de la biodiversité au cours du XXI^e siècle. Mais, même lorsque ces scénarios portent sur un sujet précis, comme l'avenir des récifs coralliens ou celui de la forêt amazonienne, ils conduisent souvent à des prédictions très différentes. Dans ces conditions, comment débusquer d'éventuelles opportunités d'intervention ?

Pour faire le point, un groupe d'experts internationaux conduit par Paul Leadley, du laboratoire Écologie, systématique et évolution¹, à Orsay, a réalisé une analyse croisée des différents scénarios, à la demande de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Publiée récemment dans *Science*² et déjà diffusée auprès de certains décideurs politiques, leur étude montre qu'il existe bel et bien des choix permettant d'éviter certaines

catastrophes irréversibles en termes de disparition d'espèces ou de modification de leurs répartitions. À condition d'agir vite, car « les marges de manœuvre se réduisent rapidement », assure le chercheur.

DES MODÈLES COMPLEXES

Pourquoi tant de variations dans les prévisions ? Parce que celles-ci dépendent, d'une part, de la complexité des modèles utilisés et, d'autre part, de la précision des réponses apportées à une question. Par exemple, instaurer une **taxe carbone** sera-t-il une bonne chose pour la biodiversité ? Oui, si on fait payer les pollueurs à proportion de leurs émissions de dioxyde de carbone (CO₂), que celles-ci proviennent d'énergies fossiles, fortes émettrices de ce gaz à effet de serre, ou du carbone stocké dans le bois des forêts. Sans cette seconde condition, instaurer la taxe s'avérerait en réalité contre-productif : « La demande en biocarburants augmenterait de manière trop élevée », explique Paul

TAXE CARBONE
Elle vise à limiter les émissions de dioxyde de carbone, gaz à effet de serre.

CDB
Traité international adopté lors du Sommet de la Terre, à Rio de Janeiro, en 1992, qui a pour but la conservation de la biodiversité.

Leadley. Or leur culture réclame des terres qu'il faudrait aller démesurément grignoter sur les forêts.

UN SYSTÈME D'ALERTE AFFINÉ

Dans cette jungle de modèles et de leurs variations subtiles, les décideurs politiques se trouvaient jusqu'alors bien souvent submergés de résultats opposés. « Notre analyse, qui résume ce qui est connu, permet désormais de les alerter très précisément des conséquences de tel ou tel choix socio-économique », confirme le chercheur. Ainsi, illustre-t-il « en fonction des mesures politiques prises aujourd'hui, les modèles prévoient soit une augmentation de la couverture forestière mondiale d'environ 15 %, soit une réduction de plus de 10 %, dans le pire scénario, d'ici à 2030... »

Présentée en octobre au Sommet de la biodiversité, à Nagoya, au Japon, l'étude commence à porter ses fruits. « Le message est bien passé, analyse Paul Leadley, et nous avons eu un bon retour des délégués de la CDB. » Surtout, dans ce travail de communication avec les décideurs, la nouvelle plateforme intergouvernementale IPBES³ sera certainement « *extrêmement importante* », conclut le chercheur. Sorte de Giec⁴ de la biodiversité, celle-ci devrait entrer en vigueur en février.

1. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI/AgroParisTech.
2. *Science*, vol. 330, 10 décembre 2010.
3. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
4. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

EN LIGNE

> La version française de l'étude est à lire sur : www.fondationbiodiversite.fr

CONTACT :
Écologie, systématique et évolution, Orsay
Paul Leadley
> paul.leadley@u-psud.fr

Électronique

Des molécules déguisées en aimants

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

→ **Les composants électroniques ont beau se miniaturiser de jour en jour,**

ils ne sont toujours pas assez petits pour les chercheurs : ceux-ci pensent déjà à construire des transistors, les éléments de base de l'électronique, de la taille... d'une molécule ! Une percée majeure dans ce sens vient d'être réalisée par une équipe de l'Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés (IMPMC)¹, à Paris. Les travaux portent sur des molécules très spéciales qui, à des températures proches du zéro absolu, se comportent comme des aimants. Dans un article publié dans la revue *Nature* le 27 octobre, les chercheurs ont montré que l'orientation magnétique de ces molécules appelées SMS (*single-molecule magnets*) pouvait être contrôlée à volonté.

Grâce à leur capacité à maintenir leur orientation, ces molécules aimants pourraient permettre de coder un bit d'information et constituer des transistors de taille nanométrique. Et qui sait, devenir la clé de voûte de l'ordinateur quantique, le Graal de nombreux chercheurs, dont la puissance de calcul reposerait sur le spin de l'électron (sorte de rotation de la particule sur elle-même). « Ces résultats sont l'aboutissement de dix ans de recherches expérimentales et théoriques », observe Philippe Saintavit, chercheur à l'IMPMC. « Nous sommes la seule équipe au monde capable d'observer l'orientation

DES TRANSISTORS ULTRASENSIBLES

Une équipe de l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN)¹, en collaboration avec des chercheurs japonais du NTT Basic Research Laboratories, vient de mettre au point des transistors de taille nanométrique à la sensibilité hors norme : ils sont capables de détecter le passage d'un seul électron à température ambiante. « Nous pensons que ces transistors en silicium pourraient servir de capteurs chimiques ou biologiques qui détectent la présence d'une molécule unique », affirme Nicolas Clément, chercheur à l'IEMN. Ces travaux, déjà publiés dans *Nature Communications* le 19 octobre, sont à paraître dans *Applied Physics Letters*.

1. Unité CNRS/Université Lille-1/Université de Valenciennes/Isen/Centrale Lille.

CONTACT :

Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie, Villeneuve-d'Ascq
Nicolas Clément
 > nicolas.clement@iemn.univ-lille1.fr

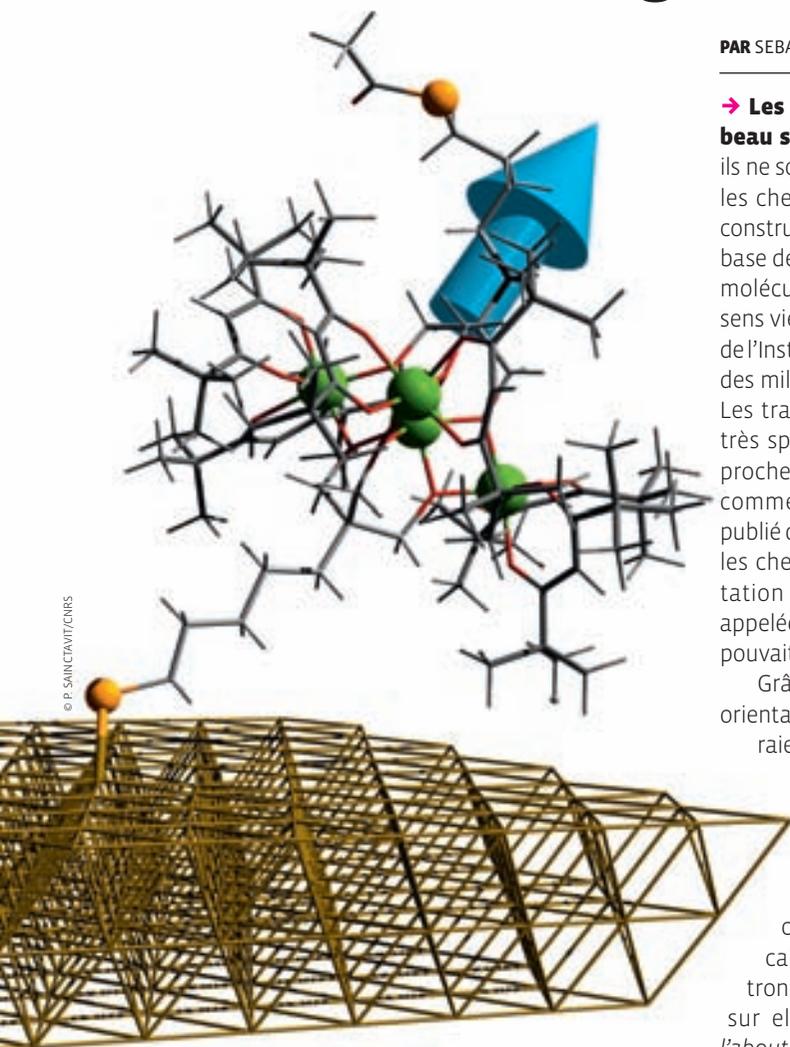
magnétique et cristallographique [l'arrangement spatial des atomes] de molécules isolées à une température inférieure à 1 kelvin [-272,15°C].»

Le chemin à parcourir est encore long pour que les SMS trouvent une application : le contrôle de leur orientation n'est qu'un premier pas avant de pouvoir créer des réseaux organisés de molécules aimants connectées entre elles. Mais, lorsque ces réseaux opéreront leurs premiers calculs, alors l'ordinateur quantique sera vraiment à nos portes.

1. Unité CNRS/UPMC/Université Paris-Diderot/IPGP/IRD.

CONTACT :

Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés, Paris
Philippe Saintavit
 > philippe.saintavit@impmc.upmc.fr



→ Cette simulation montre une molécule dite SMS déposée sur une surface d'or. Ce type de molécules, dont on peut contrôler l'orientation magnétique, pourrait jouer un rôle important dans l'électronique de demain.

À suivre

Anthropologie | Jusqu'au 18 février, des chercheurs du laboratoire De la Préhistoire à l'Actuel : culture, environnement et anthropologie arpentent les hauts plateaux d'Afrique du Sud. Leur mission : analyser la manière dont les splendides sites d'art rupestre des montagnes du Drakensberg et du Cederberg sont à la fois préservés et valorisés.

Astronomie | Le 7 février, à 3h55 précises, les deux satellites du programme Stereo seront en parfaite opposition autour de la Terre et pourront photographier pour la première fois le Soleil dans son intégralité. Ces sondes ont été lancées en 2006 par la Nasa en collaboration avec plusieurs laboratoires français pour étudier notre étoile.

Océanographie | Ces prochains mois, et ce jusqu'en juin, les instruments installés par les scientifiques du programme MoMarsat, qui implique des équipes du CNRS, vont accumuler les données sur l'activité sismique et la faune du site hydrothermal de Lucky Strike. Celui-ci se trouve à 1700 mètres de profondeur au sud-est des Açores.

Optique

Les microscopes gagnent en relief

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

→ **Voilà plus de cent ans que les scientifiques attendaient cela :** des images 3D au microscope qui soient aussi précises dans les trois dimensions de l'espace. Une équipe de l'Institut Fresnel¹, à Marseille, est en effet parvenue à tripler la résolution selon la profondeur, dimension qui, jusqu'à présent, restait à la traîne côté précision². Explications.

Pour obtenir des images à très haute résolution, les microscopes actuels balaient le volume des objets à l'aide d'une tache de lumière concentrée. Plus cette tache est petite, plus l'image est précise. Or les lentilles qui servent à concentrer la lumière produisent toujours une tache allongée dans le sens de l'axe d'observation. L'image est donc plus grossière selon cet axe et, par conséquent, la profondeur des volumes perd en précision.

Nos chercheurs, eux, sont parvenus à obtenir une tache de lumière quasiment sphérique, offrant une résolution équivalente dans toutes les directions

de l'espace. « Nous éclairons l'objet grâce à un mélange de deux ondes de lumière. L'une se concentre directement sur lui, tandis que l'autre converge indirectement, après avoir été réfléchi par un miroir placé à l'arrière de l'objet. Les deux ondes atteignent le même point au même instant, et leur interaction produit cette tache lumineuse sphérique », explique Patrick Ferrand, chercheur à l'Institut Fresnel. Ce double faisceau si particulier est formé à l'aide d'un modulateur spatial, un dispositif qui permet de façonner à volonté la lumière. Cette méthode, tout juste brevetée, devrait connaître de nombreuses applications. « Elle est particulièrement adaptée à l'étude d'objets biologiques, car ils sont relativement transparents et peuvent être déposés sur un miroir », précise Patrick Ferrand.

1. Unité CNRS/Université Paul-Cézanne/Centrale Marseille/Université de Provence.
2. Travaux publiés dans *Physical Review Letters*, vol. 105, le 12 novembre 2010.



Un album photo sur l'Institut Fresnel est à voir sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal



→ Ce système génère une petite tache quasi sphérique de lumière (à droite) qui améliore la résolution d'un microscope.

CONTACT :
Institut Fresnel, Marseille
Patrick Ferrand
> patrick.ferrand@fresnel.fr



ATMOSPHÈRE DE TITAN : UNE RÉVÉLATION SURPRISE

→ **Jusqu'à présent, on pensait que la présence d'eau liquide conditionnait la formation des briques du vivant,** ces petites molécules organiques ayant permis, par leur assemblage, l'émergence des premiers êtres vivants : la fameuse "soupe primitive". La découverte de structures azotées indispensables à la fabrication de ces molécules, dites prébiotiques, dans une simulation réalisée par des chercheurs du CNRS de l'atmosphère de Titan, le plus gros satellite de Saturne, bouscule ce scénario. Le milieu atmosphérique pourrait donc être à l'origine de certains matériaux du vivant. Pour parvenir à ce résultat, les chercheurs du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos)¹, épaulés par ceux des laboratoires de planétologie de Grenoble², de chimie physique³, à Orsay, et de génie des procédés et matériaux de l'École Centrale Paris, ont recréé le mélange gazeux à base d'azote et de méthane

constituant l'atmosphère de Titan et l'ont soumis aux mêmes conditions : basses températures, basses pressions et apport énergétique comparable à l'irradiation solaire. « Nous sommes allés très loin dans la chaîne des réactions chimiques, jusqu'à la création d'aérosols, ces grains solides en suspension responsables du brouillard autour de Titan », indique Nathalie Carrasco, du Latmos. C'est l'analyse de ces aérosols qui a révélé la présence étonnante des fameuses structures azotées. Et les chercheurs ne sont certainement pas au bout de leurs surprises, car leur travail d'identification ne fait que commencer. **L.C.**

1. Unité CNRS/UPMC/Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.
2. Unité CNRS/Université Joseph-Fourier.
3. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.

CONTACT :
Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales, Guyancourt
Nathalie Carrasco
> nathalie.carrasco@latmos.ipl.fr

→ Aux yeux de la sonde Cassini, le brouillard atmosphérique orangé apparaît comme des anneaux lumineux autour de Titan.

Analyse Chargé par le gouvernement de réfléchir à la sortie de crise, Élie Cohen, directeur de recherche au CNRS, nous livre sa vision de la conjoncture économique.

Économie : les incertitudes de 2011

PROPOS RECUEILLIS PAR GRÉGORY FLÉCHET

Après la faillite de la banque Lehman Brothers en septembre 2008, le système financier s'est retrouvé au bord du gouffre, provoquant une grave crise économique mondiale. Selon vous, comment va évoluer la situation en 2011 ?

Élie Cohen : L'année 2010 aura été celle du rebond : la reprise du commerce international et la demande issue des pays émergents ont fini par inciter les entreprises des pays développés à reprendre leurs achats et leurs investissements. L'année 2011 s'annonce en revanche plus incertaine, car les aides publiques ne sont plus là pour soutenir la croissance qui est désormais conditionnée uniquement par l'activité économique des entreprises et la consommation des ménages. Plusieurs signaux laissent donc penser que 2011 verra une consolidation des économies européennes et non une accélération de leur croissance. À l'inverse, des pays comme l'Inde ou la Chine, dont les économies sont tirées à la fois de l'intérieur, par de grands plans d'équipement et par le développement de la consommation, et de l'extérieur, par les besoins occidentaux, devraient mieux surmonter cette période de transition.

Peut-on dire aujourd'hui que l'économie de marché a su tirer des leçons de ces bouleversements ?

É. C. : Non. À la faveur de la crise, des scénarios assez radicaux ont été envisagés pour réformer le système, tels que la création d'une taxe sur les transactions financières assez dissuasive pour tuer certaines opérations spéculatives sans fondement économique. À l'image de ce qui a été fait après la crise de 1929, on a aussi envisagé de séparer les différentes activités de la finance en contraignant les banques à se spécialiser dans l'une ou l'autre. Au plus fort de la crise, on a même pensé nationaliser celles-ci ! Mais, finalement, les États ont préféré sauver au plus vite le système en lui fournissant les capitaux nécessaires à la reprise de son activité. Depuis, les banques ont décidé de rétablir leur situation financière le plus

rapidement possible. Et, pour ce faire, il est plus rentable de spéculer sur les matières premières que de prêter de l'argent à des PME du sud de la France.

L'effondrement de l'économie irlandaise est d'ailleurs venu nous rappeler que la crise n'était pas terminée. Comment expliquer cette déroute du Tigre celtique ?

É. C. : En pariant sur une stratégie très attractive en matière de réglementation et de fiscalité des entreprises, l'Irlande est parvenue à construire une industrie de pointe dans les domaines de l'informatique et du biomédical. En vingt ans, ce pays est ainsi devenu le deuxième plus riche de l'Union européenne après le Luxembourg. Puis la finance a pris le relais et alimenté une formidable bulle spéculative dans l'immobilier. Le secteur financier a fini par atteindre trois fois la valeur du produit intérieur brut (PIB) national. Mais, à la suite de la crise américaine, le gouvernement qui avait décidé de garantir de manière illimitée les engagements des banques irlandaises a été incapable d'éponger leurs pertes. Résultat, les Irlandais doivent aujourd'hui payer les pertes bancaires en souscrivant des dettes à des coûts croissants.

Doit-on craindre en 2011 une contagion à d'autres pays, notamment au sein de l'Union européenne ?

É. C. : Au sein de la zone euro, il y a aujourd'hui des pays dont les déficits et la dette augmentent rapidement, alors que le niveau de compétitivité économique par rapport à l'Allemagne, notre maître étalon dans ce domaine, ne cesse de se creuser. Or, lorsqu'un pays qui se trouve dans une telle situation est à la fois incapable de dévaluer sa monnaie, du fait de son appartenance à une zone monétaire unique, et d'exporter davantage, car son industrie n'est plus assez compétitive, il n'a plus aucun moyen de rembourser ses dettes, qui augmentent. Dans les mois à venir, le Portugal et peut-être l'Espagne pourraient ainsi se retrouver dans la même situation d'insolvabilité que l'Irlande.

Qu'en est-il de la France ?

É. C. : En 2009, l'économie française est celle qui a le mieux résisté à la crise dans l'ensemble de l'Union européenne. Deux raisons à cela : au plus fort de la crise, nous avons bénéficié de ces précieux filets de sécurité que sont nos systèmes de

« Il est fondamental que la France respecte ses engagements de maîtrise budgétaire et fiscale, soit 3% de déficit en 2013. »



© PHOTOS : C. FRESILLON/CNRS PHOTOTHÈQUE

LA CRISE EN 5 DATES

SEPTEMBRE 2008

La banque Lehman Brothers annonce sa faillite, la plus grande de l'histoire des États-Unis.

NOVEMBRE-DÉCEMBRE 2008

La crise économique frappe le secteur automobile aux États-Unis et en Europe.

JANVIER-FÉVRIER 2009

Le taux de chômage explose dans les pays développés.

AVRIL 2009

Le G20 se réunit pour redéfinir le capitalisme mondial.

NOVEMBRE 2010

L'Irlande accuse un déficit public record de son PIB de 32%.

protection sociale et de redistribution de l'argent public. Seconde explication : l'économie française est diversifiée. La France n'étant pas une grande puissance industrielle et exportatrice comme l'Allemagne, elle a donc moins subi le choc de 2008-2009. Toutefois, en ce début de sortie de crise, cette non-spécialisation ne permet pas à la croissance française d'être portée par la reprise de la demande des pays émergents en biens d'équipement. Pour l'avenir, compte tenu de l'ampleur de ses déficits et de sa dette, il est fondamental que la France respecte ses engagements de maîtrise budgétaire et fiscale, soit 3% de déficit en 2013. Faute de quoi, sa dette sera dégradée, et ses conditions de financement se durciront.

Le Premier ministre vous a confié la réalisation d'un rapport proposant des pistes pour sortir notre pays de la crise. Comment allez-vous procéder ?

É. C. : Avec Gilbert Cette et Philippe Aghion, membres comme moi du Conseil d'analyse économique (CAE), nous avons rédigé un premier rapport sur les leviers de la croissance en 2007. Il s'agit à présent de l'actualiser à la lumière de la crise, de la contrainte budgétaire plus forte et de la nouvelle configuration européenne. Nous allons explorer différentes pistes pour stimuler la croissance, en particulier dans le secteur industriel, en réfléchissant au potentiel économique de nos entreprises en fonction du modèle de production choisi.

Selon vous, une conséquence assez inattendue de la crise serait la récente réforme des retraites...

É. C. : En effet. Lorsqu'en 2007 le candidat Sarkozy s'était engagé à ne pas réformer le système des retraites, il ne se doutait pas qu'une crise financière viendrait déprimer massivement nos recettes fiscales. Avec l'augmentation du chômage, les cotisations sociales ont diminué alors même que la part du budget de l'État dédiée au financement des pensions de retraite continuait d'augmenter. Pour limiter nos dépenses publiques, Nicolas Sarkozy a estimé qu'il était socialement plus acceptable de plaider la réforme des retraites que celle de l'assurance maladie ou du chômage. À mon avis, repousser l'âge du départ à la retraite est cependant loin d'être suffisant pour espérer son financement durable. Il faudra donc soit décider de passer à un régime de retraite à la carte, comme en Suède, soit se résigner à taxer les *papy boomers* dans la mesure où cette génération aura profité de carrières complètes et d'une accumulation de patrimoine sans précédent.

A LIRE

> *Penser la crise*, Élie Cohen, Fayard, 2010, 432 p.

CONTACT :

Centre de recherches politiques de Sciences Po, Paris
Élie Cohen
> elie.cohen@wanadoo.fr



MÉDICAMENTS, DIAGNOSTIC, IMPLANTS...

La chimie prend soin de nous



Inventer les médicaments de demain **17** | De nouveaux outils pour le diagnostic **22** |
Ces matériaux qui réparent le corps **26** | Trois innovations à suivre **28** |

C'est un fait : la chimie est partout. Mais, s'il y a bien un domaine où elle occupe une place de choix, c'est celui de la santé. Pour prendre soin de nous et inventer la médecine de demain, les chimistes sont en effet sur tous les fronts : ils créent de nouveaux médicaments, améliorent les techniques de diagnostic ou encore développent de nouveaux matériaux implantables. Alors que débute l'Année internationale de la chimie décrétée par l'Unesco, *CNRS Le journal* vous invite à découvrir leurs dernières recherches et innovations.

UNE ENQUÊTE DE JULIEN BOURDET, NICOLAS CONSTANS ET XAVIER MÜLLER

Inventer les médicaments de demain

Qu'on se le dise : les médecins ne sont pas les seules blouses blanches à veiller sur notre santé. Sans les chimistes, nous n'aurions pas de médicaments. Ces as de la paillasse sont de fait à la source du processus d'élaboration : « *Ce sont eux qui, après avoir identifié une molécule intéressante, vont modifier telle partie pour rendre la molécule plus active et changer telle autre pour la rendre assimilable par l'organisme* », explique Jean-Daniel Brion, du laboratoire Biomolécules : conception, isolement, synthèse¹, à Châtenay-Malabry. Chaque comprimé, pilule ou sirop que vous avalez porte en lui la trace de leur travail. Au cœur d'un médicament, diluée à l'intérieur des **excipients** qui constituent la grande majorité des ingrédients, on trouve en effet la molécule active, ou principe actif, mise au point par les chimistes, qui lui confère son pouvoir thérapeutique. Comment ? En allant s'accrocher à une molécule naturellement produite par notre organisme, mais dont le dysfonctionnement est à l'origine d'une maladie. Cette cible, comme l'appellent les chercheurs, est alors activée ou inactivée par la molécule chimique et retrouve son fonctionnement normal.

Si le principe de fonctionnement d'un médicament paraît simple, sa mise au point, en revanche, est une longue route

EXCIPIENTS
Substances qui vont donner au médicament ses caractéristiques physiques ou gustatives.



01 Les plantes sont une source inépuisable d'inspiration pour les chimistes en quête de nouveaux médicaments. Elles sont d'abord séchées avant d'être disséquées, tels ces spécimens qui entourent Vincent Dumontet, du Laboratoire des plantes médicinales de Nouméa, en Nouvelle-Calédonie.

semée d'embûches : dix ans au bas mot entre sa découverte et son utilisation par monsieur et madame Tout-le-monde. Première étape de cette aventure : la recherche d'une nouvelle molécule active. Cette phase a récemment fait l'objet d'une révolution qui a changé le quotidien des chimistes : le développement du criblage. Pour mesurer l'ampleur de ce changement, un retour en arrière s'impose.

À la fin des années 1970 et au début des années 1980, avec son équipe de l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN) du CNRS, Pierre Potier met au point deux molécules, la vinorelbine (Navelbine) et le docétaxel (Taxotère), qui comptent aujourd'hui parmi celles les plus utilisées pour soigner le cancer. « *Dans les deux cas*, raconte Claude Monneret, chercheur émérite au laboratoire Conception,



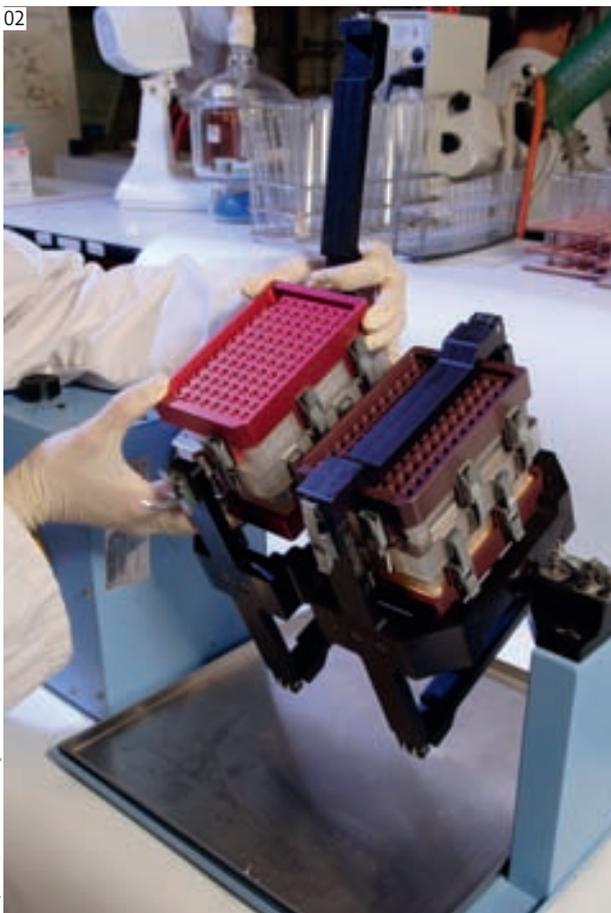
Une sélection de photos en lien avec l'ICSN est à voir sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

synthèse et vectorisation de biomolécules², à Paris, les molécules actives avaient été isolées dans des plantes, mais leur synthèse à grande échelle était très compliquée du fait de leur rareté dans les végétaux. Pierre Potier a alors eu l'idée de fabriquer ces molécules à l'identique, en assemblant deux morceaux plus petits, soit présents eux aussi dans la plante mais en grande quantité, soit synthétisés de manière totalement chimique. À chaque fois, une molécule est apparue par hasard au cours du processus. Et celle-ci s'est révélée plus efficace que le produit naturel lui-même. »

LA RÉVOLUTION DU CRIBLAGE

Trente ans après ces succès qui ont marqué l'histoire du CNRS, les choses ont bien changé pour les successeurs de Pierre Potier. Il faut dire que la révolution du criblage est passée par là. Désormais, on ne teste plus à la main, dans un tube à essai, une molécule pour observer si elle modifie les fonctions biologiques d'une cible impliquée dans une maladie. Ce sont des robots qui accomplissent ce travail

02



© F. JANIN/CNRS-PHOTO THEQUE

LA TRÈS GRANDE BIBLIOTHÈQUE DES MOLÉCULES

Née en 2003, la Chimiothèque nationale du CNRS est une collection unique de molécules qui sert à découvrir de nouveaux médicaments. Regroupant une trentaine d'unités de recherche en France, ce conservatoire contient plus de 44 000 produits de synthèse et 14 000 extraits d'origine naturelle. Dès qu'une nouvelle cible liée à une maladie est identifiée, la collection est décortiquée. Les molécules sont stockées dans des formats standard

adaptés aux tests de criblage robotisés : poudre, solution dans des microplaques de 96 cavités ou solution congelée. Une base de données publique consultable sur Internet donne accès à la formule chimique de chaque substance. « Ces molécules biologiquement actives ont des origines très diverses, confie Marcel Hibert, directeur de la chimiothèque. La plupart ont été conçues pour étudier une fonction

du vivant ou en vue de découvrir des médicaments, mais certaines ont été développées dans un cadre sans rapport avec la biologie. » Une diversité chimique qui présente l'intérêt de permettre d'identifier rapidement une molécule active sur une cible particulière. D'ailleurs, les firmes pharmaceutiques, qui possèdent leurs propres bases de données, font parfois appel à cette banque de molécules intelligente. En sept ans d'existence, la chimiothèque a permis de réaliser plus de 200 criblages et de découvrir des candidats médicaments contre la maladie d'Alzheimer, le cancer et l'asthme.

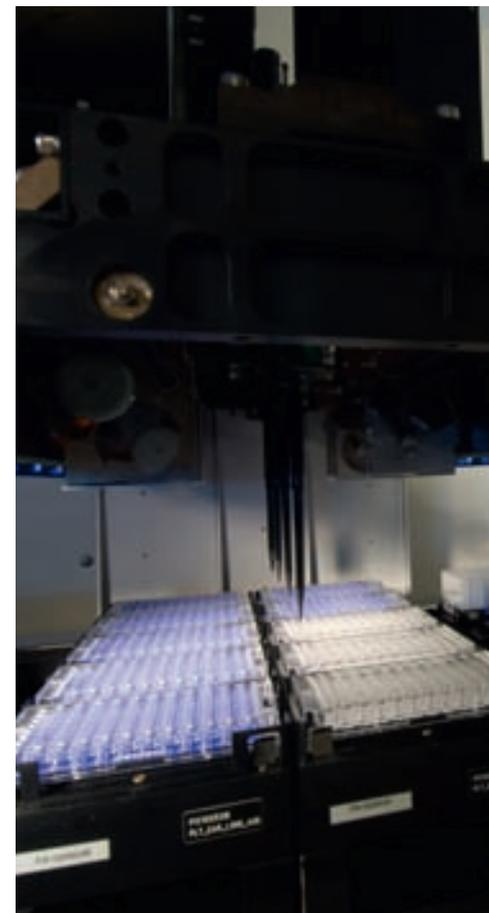
EN LIGNE

> <http://chimiotheque-nationale.enscm.fr/>

04 Stockage en poudre d'un groupe de 80 molécules.

ESSAIS CLINIQUES

Études statistiques effectuées chez l'homme pour évaluer l'efficacité et l'innocuité d'un médicament avant sa mise sur le marché.



de fournir. « Alors qu'il fallait autrefois une heure à un chimiste pour analyser une seule molécule, les robots peuvent en tester plusieurs milliers par jour », note Marcel Hibert, directeur du Laboratoire d'innovation thérapeutique³, à Strasbourg.

Autrefois réservé à l'industrie pharmaceutique, le criblage, qui nécessite des instruments d'analyse automatiques et miniaturisés, ainsi que de puissants moyens informatiques, est maintenant utilisé systématiquement par les chercheurs. « Cette technique est le point de départ incontournable de toute recherche sur de nouveaux médicaments », souligne Georges Massiot, directeur adjoint scientifique de l'Institut de chimie du CNRS. « Elle est aussi à l'origine de la majorité des médicaments qui sortent sur le marché », ajoute Marcel Hibert. Le chercheur sait de quoi il parle, puisque son équipe a découvert grâce au criblage une molécule, actuellement en phase d'essais cliniques, qui pourrait être utilisée contre la maladie d'Alzheimer en empêchant l'inflammation des neurones. Mais qui dit criblage dit





03

« Alors qu'il fallait autrefois une heure à un chimiste pour analyser une seule molécule, les robots peuvent en tester plusieurs milliers par jour. »

une vingtaine de protéines par an, explique Marcel Hibert. Après, on s'est retrouvé face à pas moins de 25 000 protéines, dont on explore à présent l'intérêt thérapeutique. »

Tous ces progrès conjugués font qu'aujourd'hui une même molécule est testée sur de multiples cibles et non plus sur une seule, comme c'était le cas par le passé. « Nous testons systématiquement l'ensemble de nos extraits d'origine naturelle sur des cibles différentes, impliquées dans le diabète, le cancer ou encore des maladies parasitaires comme la malaria, explique Françoise Guéritte, chercheuse à l'ICSN. Car une molécule qui n'est pas active sur une certaine cible peut très bien l'être sur une autre, liée ou non à la même maladie. » Même son de cloche chez Claude Monneret : « Pour chaque médicament que nous tentons de développer, nous conservons précieusement toutes les substances qui ne se sont pas révélées suffisamment actives pour les étudier sur d'autres cibles. » Et les chimistes poussent très loin cet art du recyclage des molécules en passant même au crible les substances actives de médicaments déjà sur le marché. « Nous avons ainsi découvert l'effet potentiellement anticancéreux d'une molécule utilisée à l'heure actuelle pour traiter une tout autre pathologie », confie Marcel Hibert.

Lorsqu'ils ont identifié une nouvelle molécule active, les chimistes ne crient pas victoire pour autant. Car l'étape suivante n'a rien d'une promenade de santé. Ils vont devoir réaliser un véritable travail d'orfèvre sur cette molécule, une "touche" comme ils l'appellent à ce stade. « La première molécule active identifiée n'est qu'une clé grossière qui va se loger dans plusieurs trous de serrure en même temps, commente Marcel Hibert. Pour mettre au point la clé idéale qui va s'insérer

uniquement dans la protéine visée, le chimiste va modifier la molécule, ajouter tel morceau, retirer tel autre, par une suite de réactions chimiques. Une entreprise de longue haleine qui nécessite de travailler main dans la main avec un biologiste, le seul à connaître le fonctionnement intime de la protéine cible. » D'une simple touche active *in vitro* sur une protéine, les chimistes passent ensuite à ce qu'ils nomment une "tête de série", active sur des cultures cellulaires.

UN LONG PROCESSUS SÉLECTIF

Ce passage d'une échelle microscopique à une échelle macroscopique n'est pas anodin : la molécule doit en effet être capable de pénétrer dans la cellule pour jouer son rôle thérapeutique. Et il faut ensuite la doter, toujours en la modifiant petit à petit par une suite de réactions chimiques, de propriétés indispensables pour qu'elle puisse être absorbée par des patients. Ainsi, celle-ci ne doit pas être éliminée trop vite ni trop lentement par l'organisme et, surtout, elle ne doit pas être toxique. Des tests sur les animaux sont ensuite menés. S'ils sont concluants, la substance reçoit le statut de candidat médicament. Tout ce processus est extrêmement sélectif : sur 50 000 molécules criblées, une centaine de touches apparaîtront, qui conduiront à une dizaine de têtes de série, pour donner enfin un ou deux candidats médicaments seulement.

Le travail du chimiste s'arrête alors là. Il confie sa molécule à l'industrie pharmaceutique, qui débute les essais sur l'homme avec, peut-être, au bout la naissance d'un nouveau médicament. Dans le cahier des charges extrêmement contraignant que doivent respecter les chimistes, une grande tendance se dégage : la toxicité d'une molécule doit être quasiment inexistante. « Les agences des médicaments sont de plus en plus exigeantes en la matière et tolèrent de moins

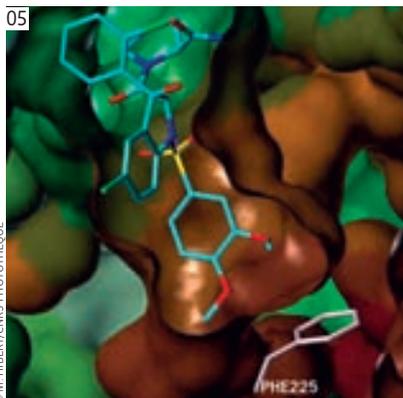
pouvoir disposer d'une collection de molécules chimiques à tester suffisamment large. C'est la raison pour laquelle le CNRS s'est doté en 2003 d'une Chimiothèque nationale (lire l'encadré ci-contre), une véritable mine d'or que les chercheurs passent en revue chaque fois qu'une nouvelle cible liée à une maladie est identifiée.

25 000 PROTÉINES À EXPLORER

Et ces cibles ne manquent pas. Car la révolution du criblage a été accompagnée d'une seconde révolution : grâce au décryptage du génome humain au début des années 2000, le nombre de cibles potentielles a explosé. En effet, un gène, à travers plusieurs étapes, conduit à la synthèse de protéines dans notre organisme. En connaissant l'intégralité de nos gènes, on a pu disposer du même coup de la formule chimique de toutes les protéines correspondantes. Or ces protéines, parce qu'elles sont les véritables chevilles ouvrières de l'organisme en remplissant des fonctions indispensables à la vie de nos cellules, sont les cibles que visent les chimistes dans la très grande majorité des cas. « Avant le décryptage du génome humain, on découvrait à peine

02 Pour découvrir des précurseurs de médicaments, les chimistes synthétisent les molécules, puis les testent sur des protéines issues du génome humain. 03 Cet automate est utilisé pour accélérer et standardiser les étapes du criblage des molécules.

© H. RABIER/CNRS PHOTO THÈQUE



05 Simulation d'un médicament potentiel sur son récepteur selon la technique du criblage virtuel. C'est en se fixant sur un récepteur, généralement une protéine, qu'une molécule exerce son effet thérapeutique.

CRISTALLOGRAPHIE

Méthode utilisée pour localiser les atomes dans l'espace et comprendre comment ils s'assemblent.

LES TESTS VIRTUELS UTILISÉS EN RENFORT

Les robots ne sont pas les seuls à faire du criblage de molécules. Les ordinateurs aussi mènent l'enquête pour découvrir des substances actives. L'intérêt est de pouvoir tester virtuellement encore plus de molécules, celles déjà présentes dans les chimiothèques, mais aussi de nouvelles simulées pour l'occasion par les chercheurs. Seule condition pour la mise en pratique : la structure en trois dimensions de la cible biologique sur laquelle va interagir la molécule virtuelle doit être parfaitement connue. Pour cela, les chimistes utilisent la cristallographie aux rayons X ou la résonance magnétique nucléaire. Sur leurs écrans

d'ordinateur, les chercheurs peuvent alors manipuler chaque molécule simulée et observer si celle-ci se fixe ou non sur sa cible reconstituée numériquement. « Cela nous permet de dresser un premier portrait-robot assez précis de la molécule avant de la synthétiser, confie Jean-Daniel Brion, du laboratoire Biomolécules : conception, isolement, synthèse, à Châtenay-Malabry. De cette façon, nous avons conçu et testé en amont une molécule qui bloque les récepteurs de la progestérone. Particulièrement sensibles à cette hormone, certaines cellules cancéreuses sont alors freinées dans leur développement. » Actuellement testé sur des animaux, le nouveau produit pourrait aboutir un jour à un traitement contre le cancer du sein.

en moins d'effets secondaires pour les malades », note Georges Massiot. Cela est particulièrement vrai dans le cas du cancer, où les chimiothérapies entraînent souvent de graves effets indésirables. Aux chimistes donc d'innover pour mettre au point des traitements moins agressifs. Au CNRS, où le cancer est un axe majeur de recherche, les scientifiques en ont fait une priorité.

LES ESPOIRS DES NANOMÉDICAMENTS

« L'heure n'est plus aux molécules dites cytotoxiques qui, en s'attaquant aux cellules cancéreuses, tuent au passage des cellules saines, explique Françoise Guéritte, mais à des substances qui luttent contre des mécanismes propres au cancer. Nous venons ainsi d'identifier dans une plante de Malaisie une molécule capable d'inhiber l'action de protéines spécifiques qui en temps normal empêchent les cellules cancéreuses de mourir. » Même objectif pour Jean-Daniel Brion : « Dans les tumeurs cancéreuses, on observe une prolifération anormale des vaisseaux sanguins. Si on parvient à supprimer spécifiquement ces vaisseaux, on élimine du même coup la tumeur. Nous venons justement de découvrir une molécule capable d'agir de cette façon et dont les premiers tests in vivo sont très prometteurs. » De telles molécules, dites anti-angiogéniques, existent déjà, mais celle-ci a l'avantage d'être plus stable dans l'organisme et plus facile à synthétiser.

Dans leur quête de traitements toujours plus efficaces, les chercheurs ne se contentent pas d'inventer de nouvelles molécules. Ils mettent également au point des véhicules – des

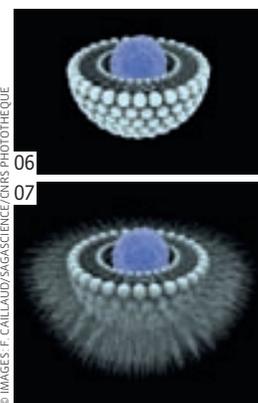
vecteurs – capables de les délivrer directement au bon endroit. Grâce à leur taille nanométrique, cent fois plus petite qu'un globule rouge, ces particules qui contiennent le principe actif pénètrent plus facilement au cœur de l'organe, du tissu ou de la cellule malade. Constitués de matériaux biodégradables (des polymères ou des lipides), ces vecteurs modernes ont différentes formes : sphères, pelotes de laine... Pour le moment, seulement une dizaine de ces nanomédicaments sont sur le marché. Mais ils devraient se généraliser dans le futur. « Leur grand atout est de permettre de diminuer les doses d'une molécule active à donner aux malades et donc de réduire sa toxicité, note Patrick Couvreur, du laboratoire Physicochimie, pharmacotechnie, biopharmacie⁴, à Châtenay-Malabry. Ainsi, nous effectuons actuellement des essais cliniques avec un nanomédicament que nous avons mis au point contre le cancer du foie. Celui-ci n'est pas toxique pour le cœur, contrairement à la même molécule délivrée sous une forme traditionnelle. »

On comprend pourquoi les chimistes améliorent sans arrêt ces nanovecteurs. Ceux de première génération, utilisés depuis les années 1990, étaient reconnus

comme des corps étrangers par l'organisme qui les dirigeait vers le foie. Ils n'étaient donc utiles que pour des pathologies hépatiques. La deuxième génération est dite furtive, parce que recouverte de polymères hydrophiles et flexibles qui la rendent invisible au système immunitaire. Déjà sur le marché, elle a permis d'étendre les indications.

LA THÉRAPIE GÉNIQUE PROGRESSE

Et l'heure est maintenant aux véhicules de troisième génération, équipés de véritables "têtes chercheuses" (vitamine, hormone, anticorps, peptide...) qui vont reconnaître de manière sélective les cibles impliquées dans une maladie. « Grâce à eux, on tente aujourd'hui d'entrer à l'intérieur du cerveau, une barrière réputée infranchissable par beaucoup de médicaments⁵, se réjouit Patrick Couvreur. Avec l'espoir d'aboutir enfin à des traitements contre les maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer. »



Ces trois liposomes sont des vecteurs de médicaments. Ceux de première génération, dits simples (06), ne ciblaient que le foie. Ceux de deuxième génération, dits pégylés (07), ont permis d'étendre les indications. Les liposomes pégylés et décorés (08), de troisième génération, sont désormais capables de diffuser les médicaments de manière sélective.

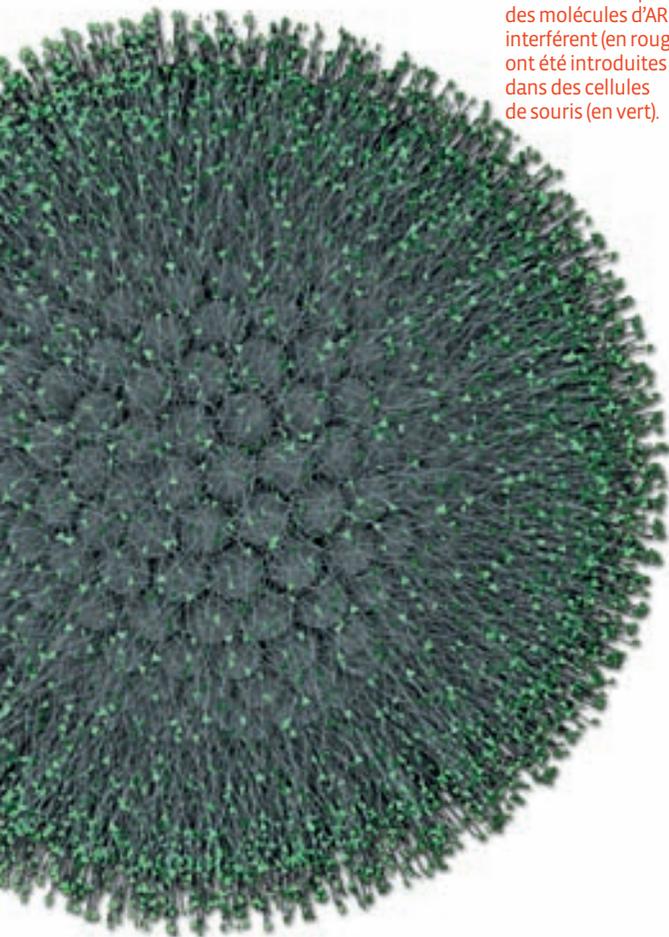


Visionnez un extrait du film *Guérir en nanos* sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

Et les promesses des nanovecteurs ne s'arrêtent pas là. Capables de délivrer aux cellules des substances médicamenteuses, ils pourraient à l'avenir leur apporter des portions d'ADN. C'est la fameuse thérapie génique, qui vise à remplacer un gène manquant ou défectueux. Actuellement, les vecteurs les plus utilisés dans ce but sont des virus, car ils sont naturellement dotés de tout l'arsenal nécessaire pour entrer dans les cellules et y délivrer leur patrimoine génétique. Il suffit de les modifier pour les rendre non infectieux. Les résultats ne sont toutefois pas encore à la hauteur des espérances des scientifiques. « *Le problème des virus est qu'ils entraînent une réponse immunitaire de l'organisme et qu'ils ne peuvent donc délivrer le gène thérapeutique qu'une seule fois au malade,* explique Daniel Scherman, directeur de l'Unité de pharmacologie chimique et génétique et d'imagerie⁶, à Paris. *Ce qui n'est pas le cas des vecteurs synthétiques.* »

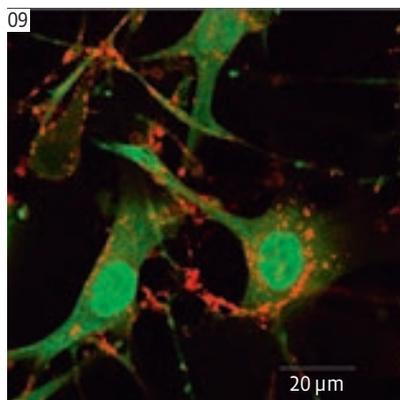
ARN INTERFÉRENT
Petite séquence génétique qui, en inhibant l'action d'un ARN messager, porteur de l'information génétique, empêche la synthèse de la protéine correspondante.

09 Grâce à des vecteurs chimiques, des molécules d'ARN interférent (en rouge) ont été introduites dans des cellules de souris (en vert).



Un petit bémol : les nanovecteurs sont encore loin d'afficher les performances des virus pour délivrer l'ADN à leur cible. Mais les chimistes continuent de les faire progresser et pensent même à une autre stratégie, plus simple à mettre en œuvre. « *Il ne s'agirait plus d'administrer de l'ADN, mais de l'ARN dit interférent, qui est de plus petite taille et n'a pas besoin de pénétrer jusqu'au noyau des cellules pour être efficace,* informe le chercheur. *Une fois dans la cellule, cette molécule bloquerait l'expression d'un gène responsable d'une maladie.* » Une technique que le chimiste et son équipe testent en ce moment sur des animaux et qui pourrait conduire à des traitements contre les maladies inflammatoires telle l'arthrite ou encore contre certains cancers.

Médicaments plus efficaces, véhicules pour les délivrer avec une grande précision, les malades ont beaucoup à attendre des avancées développées dans



les laboratoires. D'autant que les chercheurs travaillent sur une autre piste prometteuse : dans le futur, les traitements seront personnalisés. En effet, dressant la carte d'identité génétique d'un patient, on pourra prévoir à quelles molécules celui-ci sera le plus sensible et à quelle vitesse il les dégradera. Ainsi, on pourra adapter le type de traitement et sa posologie. À la croisée des chemins entre la recherche de médicaments et la génétique, la pharmacogénomique consiste à étudier les facteurs génétiques qui permettent d'établir la façon dont une personne réagit à un

médicament. Aujourd'hui en plein développement, on soigne déjà grâce à elle les malades au cas par cas. Exemple : les scientifiques utilisent les variations des gènes impliqués dans la dégradation de certains médicaments par les enzymes du foie pour déterminer quel patient éliminera lentement une molécule. On peut alors administrer une dose plus faible de médicament et réduire sa toxicité.

DES PISTES ENCOURAGEANTES

Et ce n'est pas tout. « *Pour certains types de cancer, on ne se contente plus de donner à chaque patient le même médicament,* note Daniel Scherman. *On étudie très finement quelles mutations génétiques sont présentes dans les tumeurs et on ajuste le traitement en fonction.* » Même la thérapie génique pourrait bénéficier à l'avenir de cette médecine personnalisée. « *Les mutations qui sont à l'origine de certaines maladies génétiques sont différentes entre les patients,* poursuit le chercheur. *On commence à mettre au point des petits morceaux d'ADN adaptés à chaque malade. Pour la dystrophie musculaire de Duchenne, des essais sont en cours, qui impliquent notamment des chercheurs du CNRS.* » Présents depuis la découverte d'un nouveau principe actif jusqu'à la mise au point d'un nouveau vecteur pour délivrer la molécule directement sur sa cible, les chimistes n'ont pas fini d'œuvrer pour la santé de tous. **J. B.**

1. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.
2. Unité CNRS/Institut Curie/Université Paris-Sud-XI/Université Paris-Descartes.
3. Unité CNRS/Université de Strasbourg.
4. Unité CNRS/Université Paris-Sud-XI.
5. Dans le cerveau, les vaisseaux sanguins sont beaucoup plus étanches : les médicaments véhiculés par le sang ont beaucoup de mal à en sortir.
6. Unité CNRS/Université Paris-Descartes/Inserm/Chimie ParisTech.

CONTACTS :

Jean-Daniel Brion
> jean-daniel.brion@u-psud.fr
Patrick Couvreur
> patrick.couvreur@u-psud.fr
Françoise Guéritte
> francoise.gueritte@icsn.cnrs-gif.fr
Marcel Hibert
> marcel.hibert@pharma.u-strasbg.fr
Georges Massiot
> georges.massiot@cnrs-dir.fr
Claude Monneret
> claudemonneret@curie.fr
Daniel Scherman
> daniel.scherman@parisdescartes.fr

10



© B. RAJAUCIERS PHOTO THÈQUE

De nouveaux outils pour le diagnostic

Sil les chimistes excellent dans la confection de nouveaux médicaments, ils jouent aussi un rôle capital au premier stade de la prise en charge d'un patient : celui du diagnostic de sa maladie. Car cette dernière laisse dans l'organisme de multiples petites traces biologiques, des molécules que l'on va tenter de détecter. Comment ? Tout simplement en les faisant réagir chimiquement avec d'autres substances. Concernant le diagnostic, c'est tout d'abord l'imagerie qui mobilise une grande partie des efforts des chimistes. Le principe est pratiquement toujours le même. Pour réaliser l'imagerie d'un endroit précis du corps humain, il faut y

10 La caméra de cet appareil utilise la technique d'imagerie par émission de positons (TEP). Couplée à un scanner à rayons X, elle permet d'effectuer des examens neurologiques tels que la recherche de tumeur cancéreuse par un traceur radioactif.

accumuler un produit, qu'on appelle un traceur, doté de deux propriétés essentielles : celle de ne s'accumuler qu'à un seul endroit dans le corps et celle d'émettre un rayonnement qui sera vu par la caméra. Chacune de ces fonctions est assurée par un atome ou par une molécule différente. Pour pouvoir être transportés ensemble, ces deux atomes ou molécules sont fixés à un même support, dont la nature est très variable selon les applications : des protéines, des nanoparticules, des petites vésicules de lipides, etc.

Un tel système d'imagerie est utilisé pour identifier une maladie, mais aussi pour suivre son évolution, ce qui n'est pas toujours possible avec les analyses

sanguines. La preuve avec une technique destinée aux pathologies du foie, sur laquelle travaillent des chercheurs du CNRS : « Il n'existe pas actuellement de système qui estime la proportion de cellules saines dans le foie, explique Michel Bessodes, de l'Unité de pharmacologie chimique et génétique et d'imagerie (UPCGI)¹, à Paris. Autrement dit, il est difficile de savoir précisément si un foie est en bonne santé et fonctionne bien. »

TRACER LES CELLULES DU FOIE

Pourtant, les applications d'un tel type d'imagerie du foie ne manquent pas. Il y a environ 600 000 patients atteints d'hépatites C en France : réussir à détecter celles qui risquent d'évoluer vers une cirrhose puis un cancer est en effet primordial. Autre application possible, la greffe du foie, pour laquelle il serait précieux de connaître la quantité précise de cellules saines. C'est pourquoi Michel

L'IMAGERIE AU SERVICE DE LA CHIRURGIE

Aider le chirurgien dans l'accomplissement de son geste chirurgical, c'est possible en combinant deux techniques d'imagerie différentes : la tomographie par émission de positons (TEP) et les traceurs fluorescents, des produits mis au point par les chimistes pour détecter une maladie. De fait, avant d'ôter une tumeur, le chirurgien doit la repérer. Il utilise des techniques qui servent à visualiser le corps en profondeur, comme la TEP. Mais, avec ces outils, les contours de la tumeur ne sont pas très bien délimités. Or, pour prévenir le risque de rechute, le chirurgien doit retirer complètement

la tumeur, donc connaître précisément ses limites. Pour cela, des traceurs fluorescents peuvent aussi être injectés au patient. Ils permettent de voir des détails beaucoup plus précis, de l'ordre de quelques microns. Mais ils ne peuvent être utilisés que pendant l'opération, lorsque la tumeur est accessible, car ils ne sont visibles qu'à la surface des tissus. Aujourd'hui, plusieurs équipes, dont celle de Pascal Dumy¹, à Grenoble, tentent de combiner ces deux techniques : ils cherchent à associer sur un même traceur les marqueurs de la TEP et ceux de la fluorescence. D'abord parce que cela évite d'administrer plusieurs traceurs

au patient, ce qui est parfois toxique. Ensuite parce qu'avec un seul traceur le chirurgien est sûr qu'il voit bien la même chose. En d'autres termes, que la tache lumineuse qu'il a identifiée comme une tumeur sur l'image de la TEP est bien celle qu'il visualise ensuite par fluorescence pendant l'opération. En effet, chaque technique ayant ses particularités, leurs images ne se superposent pas toujours suffisamment bien.

1. Département de chimie moléculaire.

CONTACT :
Pascal Dumy
> pascal.dumy@ujf-grenoble.fr

Bessodes, sa collègue Nathalie Mignet et le reste de leur équipe viennent de mettre au point un nouveau système d'imagerie du foie capable d'estimer la quantité de cellules saines. « Il a été adapté de produits utilisés en Corée et au Japon, précise Nathalie Mignet, pour lesquels nous avons mis au point un procédé de fabrication moins risqué et au rendement excellent. »

Dans le traceur développé à l'UPCGI, le support est une protéine humaine, l'albumine. Elle a été choisie pour sa petite taille,

moins de 10 nanomètres, grâce à laquelle elle passe à travers les étroits canaux sanguins du foie. Un radio-isotope courant, le technétium, y est fixé. Il émet un rayonnement gamma détecté à l'extérieur du corps par une caméra. Du lactose chargé de faire pénétrer le traceur dans les cellules du foie est aussi attaché au support.

PRÉVENIR LES INFARCTUS

« Le lactose joue le rôle d'une clé, commente Nathalie Mignet. Il active les récepteurs qui commandent l'ouverture de la membrane de la cellule pour y faire pénétrer le traceur. Au bout de dix minutes chez la souris, 85 % des traceurs sont entrés. » Ce qui permet d'imager les cellules saines. Quand les cellules sont malades, en revanche, ces récepteurs sont pratiquement absents, et elles ne sont pas imagées. L'équipe recherche à présent des partenaires industriels pour un transfert de technologies, afin que des tests sur l'homme puissent être financés.

Autre champ d'application pour l'imagerie, les maladies cardio-vasculaires. Il y a une vingtaine d'années, les cardiologues se sont aperçus qu'environ deux tiers des infarctus n'étaient pas causés par l'obstruction progressive des artères par des dépôts graisseux, mais par un phénomène plus brutal : la rupture des plaques d'athérome vulnérables. Ces plaques, présentes dès le stade foetal et composées principalement de lipides,



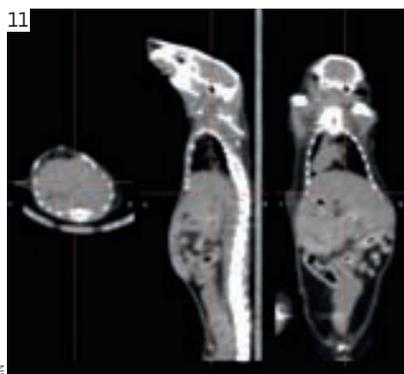
13 Grâce à l'injection d'un traceur, les chercheurs ont pu détecter chez cette souris une plaque d'athérome au niveau de la carotide gauche.

sont situées dans les parois des vaisseaux sanguins. Tout au long de la vie, certaines plaques grossissent et deviennent inflammatoires, ce qui fragilise leur enveloppe, formée de fibres musculaires. Puis un jour, par exemple lors de l'augmentation de la pression sanguine ou de la fréquence cardiaque, ces plaques rompent, provoquant immédiatement la formation d'un caillot. Et parfois un infarctus.

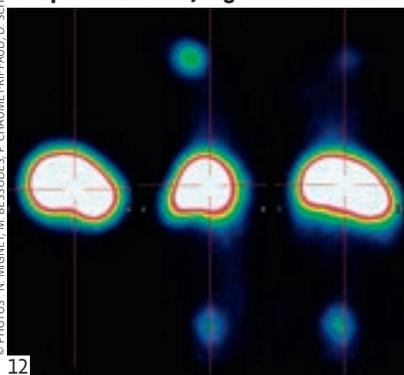
« Le grand problème de ces plaques, remarque Daniel Fagret, de l'unité Radiopharmaceutiques biocliniques² du CHU de Grenoble, est qu'on ne sait toujours pas les détecter malgré plus de quinze ans d'efforts sur le sujet. Avec l'équipe de Pascal Dumy [du Département de chimie moléculaire³, à Grenoble], indique Daniel Fagret, nous avons identifié une protéine très abondante lors du développement des plaques et liée à leur inflammation. Depuis plusieurs années, nous avons testé une vingtaine de traceurs se fixant sur cette protéine. Et nous avons sélectionné celui qui s'est révélé le plus performant : les tests sur des patients sont prévus l'année prochaine. » L'équipe est d'ailleurs en contact avec une entreprise qui souhaite acheter une licence.

DÉPISTER LES TUMEURS

Mais la pathologie qui accapare le plus grand nombre de chimistes spécialisés en imagerie est incontestablement le cancer. Comment les chercheurs visualisent-ils les tumeurs? « Une tumeur se signale par un certain nombre d'indices, révèle Gérard Délérès, du laboratoire Chimie nucléaire analytique et bio-environnementale⁴, à Bordeaux. Comme l'abondance à proximité de la tumeur d'acides aminés et



11 Coupes transverse, sagittale et coronale



11 12 Images réalisées sur un rat après injection du Lactal, agent de diagnostic de la fonction hépatique. En haut : trois plans de coupe obtenus grâce à la technique TEP couplée à un scanner. En bas : ces mêmes plans obtenus par scintigraphie témoignent de la capture complète du traceur par le foie.

14



d'acides nucléiques dont elle a besoin pour grossir. Ou l'abondance du glucose, que les cellules tumorales consomment en grande quantité. De nombreuses équipes conçoivent des traceurs qui se fixent sur ce genre de molécules. »

D'autres méthodes ont également vent en poupe. « Par exemple, explique Gérard Délérès, la tumeur stimule la formation d'un réseau sanguin autour d'elle pour acheminer ses nutriments et son oxygène, et pour évacuer ses déchets : c'est l'angiogenèse. Cette stimulation est déclenchée par des protéines sur lesquelles peuvent être fixés des traceurs. À Bordeaux, nous travaillons à leur élaboration. » Le Laboratoire de conception et application de molécules bio-actives⁵, à Strasbourg, dirigé par Alain Wagner, explore aussi d'autres voies. « Les différents types de tumeurs se caractérisent par des conditions un peu différentes du reste du corps, détaille le chercheur. Tel un milieu plus acide, moins oxygéné, plus riche en acide lactique, etc. Or certaines liaisons chimiques ne se cassent que lorsqu'elles rencontrent ce type de milieu. Notre travail est de les trouver. » Il s'agit en général d'une liaison réunissant un marqueur et une structure chimique qui en inhibe la fluorescence. Quand elle se rompt, le marqueur redevient fluorescent, et la tumeur ou le tissu anormal peut être visualisé.

DES TRAITEMENTS PERSONNALISÉS

Une fois la liaison mise au point et testée, elle peut aussi être utilisée dans la conception d'un nouveau traitement, afin qu'il soit libéré uniquement là où se trouve la tumeur. Un avantage essentiel étant donné la forte toxicité des chimiothérapies. Le couplage entre imagerie et chimiothérapie devient de fait de plus en plus étroit. Car, comme d'autres domaines médicaux (lire p. 21), la cancérologie subit une tendance de fond : la personnalisation du traitement au patient. « Aujourd'hui, souligne Alain Wagner, les recherches visent à caractériser beaucoup plus finement le type de tumeur de chaque patient. En identifiant, par exemple, quels gènes et quelles protéines sont impliqués dans sa réponse aux chimiothérapies et aux radiothérapies. » Et en développant à chaque fois des traceurs qui les détectent.

Outre l'imagerie, les chimistes travaillent sur une autre technique de diagnostic : celle des laboratoires sur puce, qui rassemblent sur quelques centimètres carrés toutes les étapes du diagnostic, depuis le traitement de l'échantillon jusqu'au

14 Les patients qui suivent des chimiothérapies pourraient bénéficier à l'avenir de traitements individualisés.

rendu du résultat. Ainsi, l'équipe de Jean-Louis Viovy⁶, à l'Institut Curie, a mis au point un tel dispositif miniaturisé capable de détecter les cellules qui vont propager le cancer. Certaines cellules tumorales, en effet, se détachent de leurs voisines et atteignent des vaisseaux sanguins ou lymphatiques. De là, elles se répandent dans d'autres endroits du corps. La présence de quelques-unes de ces cellules suffit alors pour que se développe une métastase.

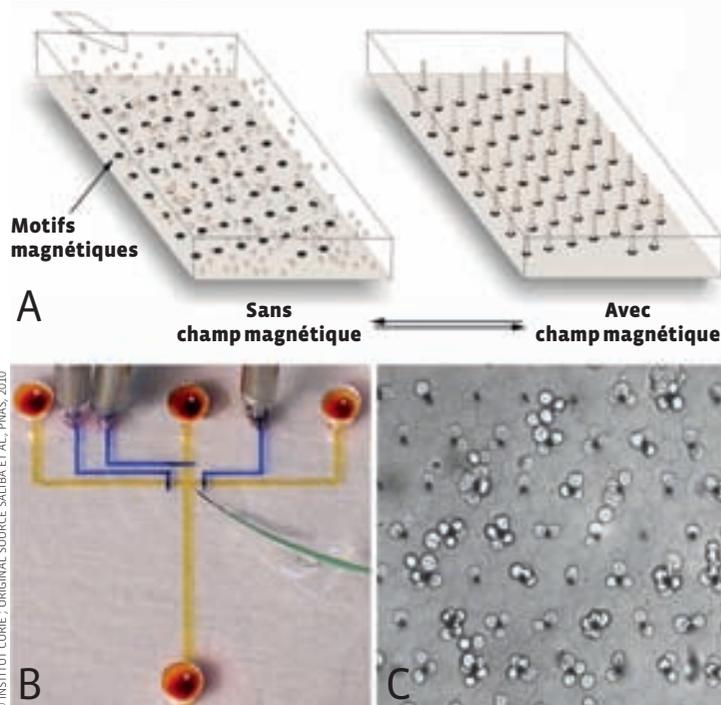
La détection de ces cellules est difficile, car elles sont peu nombreuses : quelques dizaines par millilitres de sang. La solution explorée avec le laboratoire sur puce : les capturer et les compter à l'aide d'un dispositif particulièrement ingénieux. L'échantillon est d'abord injecté dans des microcanaux. À l'intérieur de ces derniers se trouvent de minuscules billes magnétiques, de quelques microns de diamètre, recouvertes d'anticorps qui serviront à attraper les cellules tumorales. Les billes sont ensuite soumises à un champ magnétique, qui les contraint à se mettre à la queue leu leu, formant un réseau de colonnes. Ce réseau quadrille suffisamment

bien l'espace pour que les cellules finissent par se cogner aux billes et être capturées. Elles sont ensuite comptées automatiquement au microscope. « Notre système de capture permet aussi aux biologistes d'étudier ces cellules, signale Laurent Malaquin, chercheur dans l'équipe, et notamment les différentes molécules qu'elles portent et qui pourraient faire l'objet de traitements. »

DES TESTS OPTIMISÉS

Les laboratoires sur puce se montrent aussi très prometteurs concernant les diagnostics qui nécessitent de nombreux tests sanguins. « Quand quelqu'un donne son sang, explique Oleg Melnyk, du Laboratoire approches génétiques, fonctionnelles et structurales des cancers⁷, de Lille, il faut vérifier qu'il n'a pas été infecté par toute une série d'agents pathogènes, tels les virus des hépatites B ou C, le VIH, etc. » Plutôt que de faire des dizaines de tests, utilisant autant d'échantillons de sang, ces laboratoires permettent de

Injection de billes magnétiques dans un microcanal



15 Principe de fonctionnement du système Ephesia (A et B), un laboratoire sur puce capable de détecter les cellules tumorales de patients leucémiques. Lorsqu'on applique un champ magnétique (à droite), de minuscules billes s'assemblent en formant un réseau de colonnes et attrapent les cellules recherchées (C).



Le reportage **photo** complet au Laboratoire approches génétiques, fonctionnelles et structurales des cancers est à voir sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

gagner beaucoup de temps et de n'utiliser qu'un seul échantillon. Ils sont en effet composés de plusieurs dizaines de compartiments où se déroulent des réactions biochimiques différentes.

En collaboration avec l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie de Villeneuve-d'Ascq, l'équipe d'Oleg Melnyk a mis au point un laboratoire sur puce de ce type. « *Nous détectons les anticorps qui sont la trace de ces infections, précise Oleg Melnyk. Pour cela, nous utilisons des peptides, des molécules constituées de quelques-uns à plusieurs dizaines d'acides aminés. Ces peptides sont fixés à la surface du laboratoire sur puce, dans chaque compartiment.* » Il ne reste alors plus qu'à injecter l'échantillon dans le laboratoire sur puce pour qu'il réagisse avec les peptides. « *La liaison du peptide à la surface est une phase délicate, note le chercheur, car le peptide doit rester accessible et bien se présenter pour pouvoir réagir avec les anticorps.* » Tout cela de manière efficace et robuste pour faciliter une production en masse. Le laboratoire sur puce, mis au point pour la

16 Ce scanner à fluorescence est utilisé pour lire les laboratoires sur puce présents au fond de plaques comprenant 96 puits.
17 Agrandissement de l'un des 96 puits.

« *Que ce soient les laboratoires sur puce ou les nouveaux traceurs pour l'imagerie, on constate un essor impressionnant de ces techniques depuis une dizaine d'années.* »

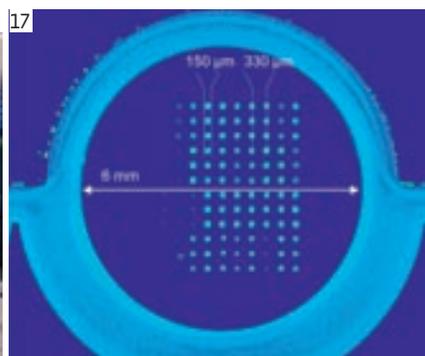
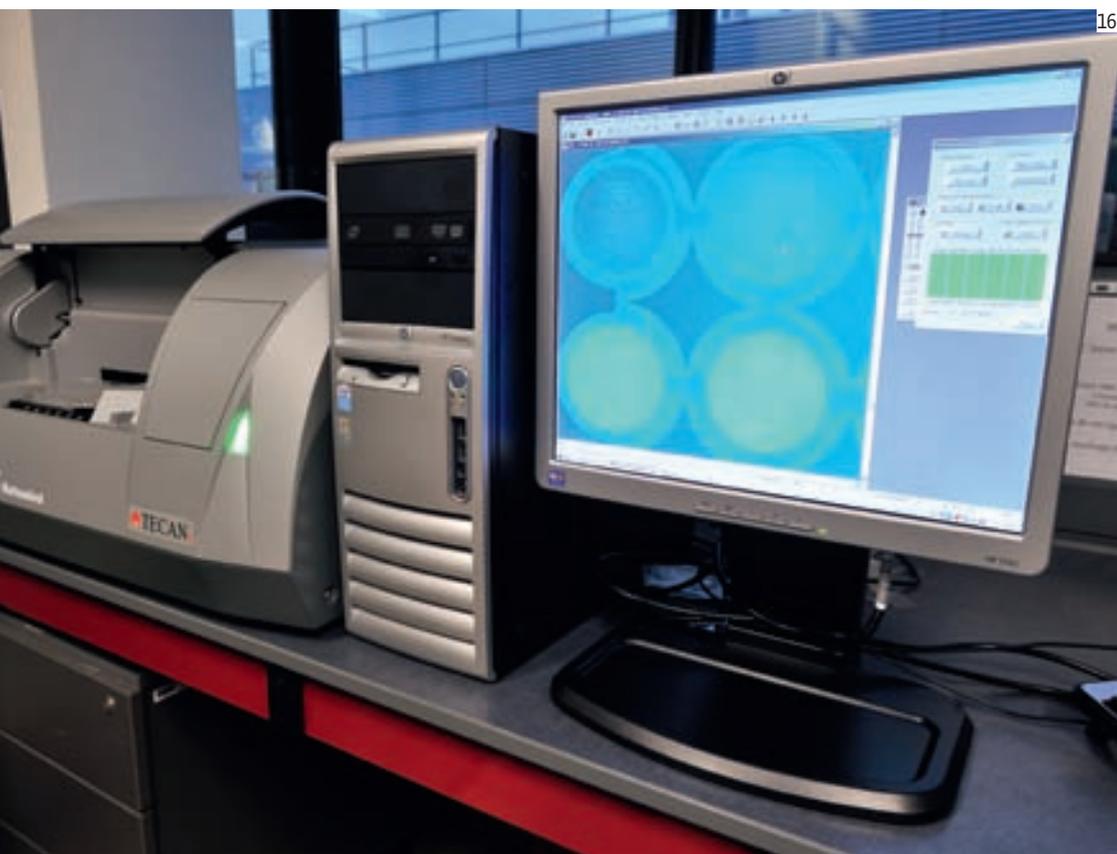
première fois en 2004, s'est révélé plus performant dans son diagnostic que les tests commerciaux existants.

VERS LA COMMERCIALISATION

« *Nous avons beaucoup travaillé depuis 2005 pour remplacer le verre de la surface des compartiments, cassant et donc dangereux, par du plastique, plus courant dans l'industrie* », explique Oleg Melnyk. Une société qu'il a fondée avec deux de ses collaborateurs va commercialiser ce type de laboratoires, probablement dans les deux prochaines années. « *Que*

ce soient les laboratoires sur puce ou les nouveaux traceurs pour l'imagerie, on constate un essor impressionnant de ces techniques depuis une dizaine d'années, indique Alain Wagner, avec beaucoup de publications qui ouvrent des voies inédites. » Bref, c'est toute une panoplie d'outils à venir qui devraient rendre les diagnostics plus précis et véritablement prédictifs de l'évolution d'une maladie. **N. C.**

1. Unité CNRS/Université Paris-Descartes/ Inserm/Chimie ParisTech.
2. Unité Inserm/Université Joseph-Fourier.
3. Unité CNRS/Université Joseph-Fourier.
4. Unité CNRS/Université Victor-Segalen.
5. Unité CNRS/Université de Strasbourg.
6. Unité CNRS/Institut Curie/UPMC.
7. Unité CNRS/Universités Lille-Iet-II/ Institut Pasteur de Lille.



CONTACTS :

Michel Bessodes
> michel.bessodes@parisdescartes.fr
Gérard Déleris
> gerard.deleris@u-bordeaux2.fr
Daniel Fagret
> dfagret@chu-grenoble.fr
Laurent Malaquin
> laurent.malaquin@curie.fr
Oleg Melnyk
> oleg.melnyk@ibl.fr
Nathalie Mignet
> nathalie.mignet@parisdescartes.fr
Alain Wagner
> wagner@bioorga.u-strasbg.fr

Ces matériaux qui réparent le corps

Les êtres dotés de corps étrangers sont déjà là, ce n'est plus de la science-fiction. Et nous sommes tous concernés. En nombre croissant, implants et prothèses permettent aujourd'hui de remplacer partiellement, voire totalement, certains organes déficients. Rien qu'en France 120 000 prothèses de hanche posées chaque année améliorent la locomotion de personnes souffrant de douleurs au bassin. En Europe, ce sont 1,5 million de greffes osseuses qui sont réalisées par an. Des chiffres impressionnants et un passage obligé : la chimie. « Cette discipline est indispensable pour fabriquer la matière de la prothèse, pour élaborer ses propriétés de biocompatibilité – la tolérance de l'implant par l'organisme hôte – et de durabilité », rappelle Didier Letourneur, qui dirige le

Laboratoire de bio-ingénierie de polymères cardio-vasculaires¹, à Villetaneuse. L'os est un bon exemple des progrès récents en matière de greffons artificiels. Pendant longtemps, on a raboiché les os cassés à l'aide d'implants en métal ou bien taillés dans une autre partie osseuse du patient, souvent les côtes. Désormais, 20 % des greffes osseuses utilisent des matériaux artificiels issus tout droit de la chimie : des céramiques en phosphate de calcium, à la composition et, surtout, à la structure poreuse proche de l'os.

DES PROTHÈSES SUR MESURE

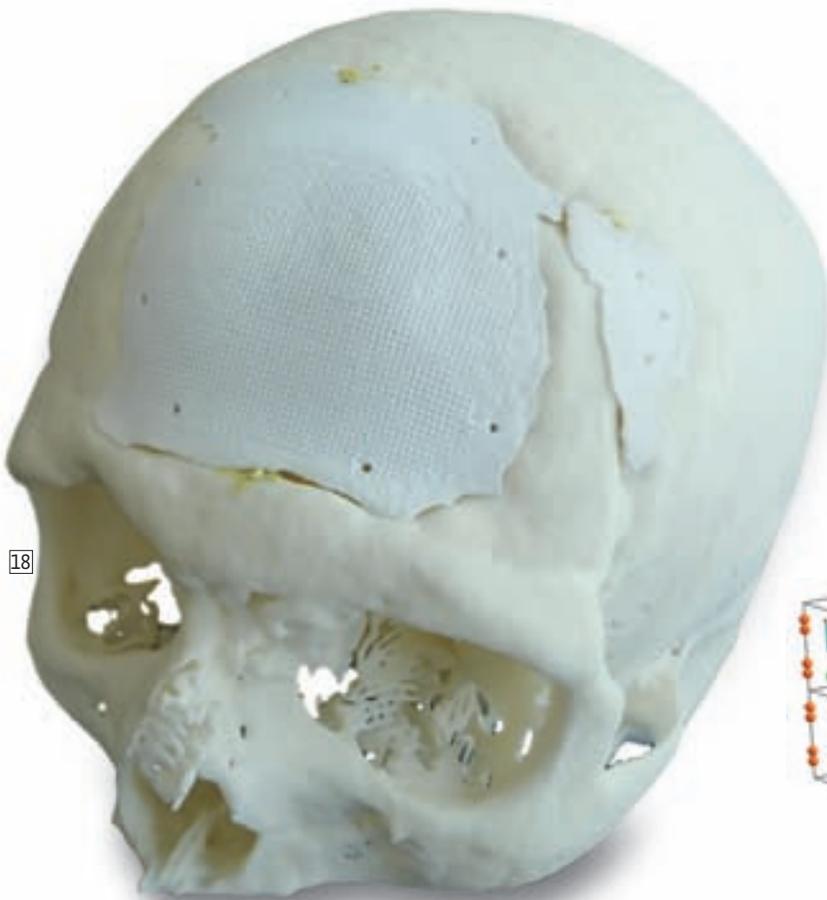
Directeur du laboratoire Science des procédés céramiques et de traitements de surface² de Limoges et spécialiste des procédés de mise en forme des céramiques, Thierry Chartier a ainsi développé un

procédé innovant de fabrication en trois dimensions, qui vient d'être employé par une société pour produire des prothèses osseuses sur mesure. La technique consiste à produire la prothèse dans un mélange de résine et de poudre de céramique. Un faisceau laser y dessine ensuite, couche après couche, la forme de la prothèse repérée au préalable par scanner sur le patient. Puis la résine est brûlée et disparaît du matériau, conférant à celui-ci son caractère poreux. La technique a été développée par la société 3DCeram, en collaboration avec le CHU de Limoges. Une étude clinique menée au CHU vient de montrer que des implants crâniens de plus de 10 centimètres pouvaient être réalisés grâce à ce procédé.

Dans certaines situations, remplacer l'os cassé ne suffit pas. C'est le cas de l'ostéoporose, une fragilité des os dont souffrent beaucoup de femmes après 50 ans. La blessure la plus courante est une fracture du col du fémur. Soigner ce type de fracture à l'aide d'une prothèse ou d'un clou est un pis-aller, car l'ostéoporose touche le cœur des os et, tôt ou tard, l'os cassera ailleurs.

DES IMPLANTS OSSEUX BIOACTIFS

Bruno Bujoli, qui dirige l'unité Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation³, à Nantes, avec l'appui de ses partenaires – l'Inserm et la société Graftys –, a trouvé la parade. L'astuce consiste en des implants médicaments capables de libérer lentement un principe actif. Concrètement, l'idée du chercheur prend la forme d'une pâte blanchâtre. Celle-ci contient du phosphate de calcium qui va se solidifier et former de l'os artificiel, mais aussi un bisphosphonate, une molécule utilisée dans le traitement de l'ostéoporose. Après injection par chirurgie mini-invasive dans la fracture, la pâte se solidifie, puis, des mois durant, largue son médicament. « Nous sommes

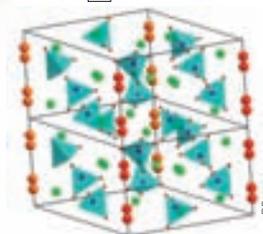


18

18 Fabriqué en céramique hydroxyapatite, cet implant crânien sur mesure sert à remplacer des défauts osseux importants.

19 Structure cristalline de l'hydroxyapatite phosphocalcique, de l'os synthétique.

19





au début des tests cliniques avec le CHR Sainte-Marguerite de Marseille », confie Bruno Bujoli. L'équipe a déposé deux brevets pour la concoction de la pâte et a récemment été auréolée pour sa découverte du prix de la meilleure thèse 2010 en physique-chimie de la fondation EADS.

MOINS DE RISQUES DE REJET

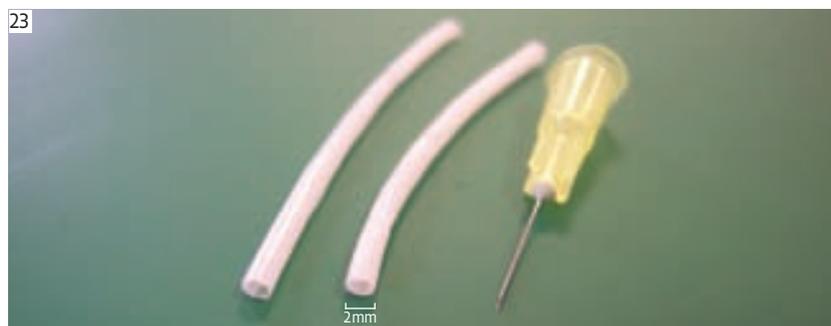
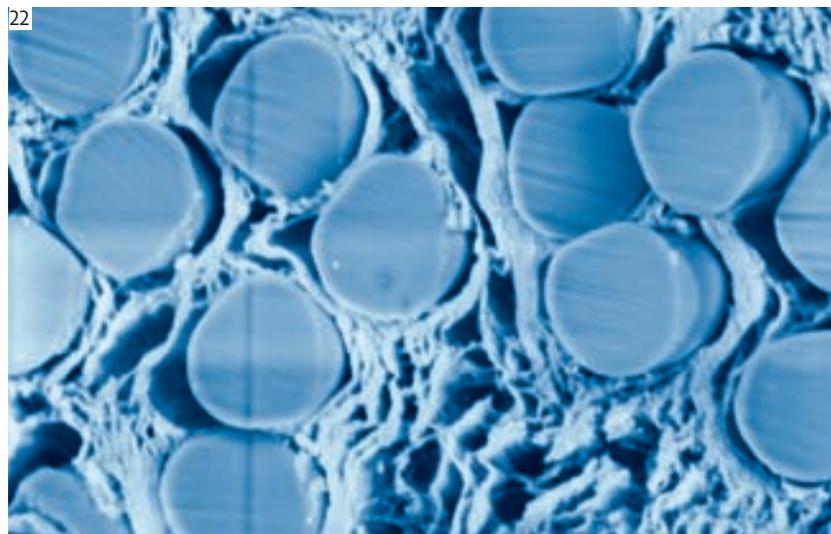
Implants osseux, prothèses articulaires, implants auditifs... Toutes les prothèses rencontrent le même problème une fois dans le corps : la biocompatibilité. Celui-ci détecte facilement tout ce qui n'est pas de nature biologique et déclenche ses défenses, ce qui peut aboutir au rejet de la prothèse. Dans les années 1980, une mauvaise prise en compte de ce paramètre avait entraîné une fréquentation assidue des blocs opératoires par les sportifs dont le ligament croisé du genou avait rompu : le ligament synthétique en polymère qu'on avait utilisé en remplacement leur avait causé des inflammations qui ont nécessité de nouvelles opérations.

S'il existe aujourd'hui des normes strictes en matière de biocompatibilité que doivent respecter les implants, elles ne sont pas suffisantes selon Véronique Migonney, qui dirige le Laboratoire de chimie, structures et propriétés de biomatériaux et d'agents thérapeutiques⁴, réparti sur deux sites, à Villeteuse et à Bobigny. Pour améliorer l'acceptation par le corps des ligaments artificiels produits par la société Lars, Véronique Migonney a une solution : elle les habille d'un « *camouflage biologique* ». En clair, explique-t-elle, « nous greffons sur le ligament des polymères bioactifs, c'est-à-dire qui possèdent des motifs chimiques que l'on retrouve dans l'environnement des cellules ». Décoré de ces motifs, le ligament artificiel ne suscite plus l'ire du corps. Testé avec succès chez 56 brebis, il est en cours de certification chez l'homme.

DES VAISSEAUX SANGUINS ARTIFICIELS

Si la biocompatibilité chimique est un critère important d'acceptation de la prothèse par le corps, attention également au comportement mécanique du greffon artificiel qui peut mener à son rejet. Par exemple, la rigidité est un paramètre clé pour les vaisseaux sanguins artificiels. Ceux-ci sont implantés chez des patients, diabétiques notamment, dont l'irrigation sanguine des membres est si gravement perturbée qu'elle peut mener à l'amputation. Le problème est qu'après l'implantation l'organisme perçoit rapidement la rigidité anormale de ces vaisseaux synthétiques et obstrue par coagulation les implants les plus étroits. Pour y remédier,

20 Une fois injectée, cette pâte blanchâtre se solidifie pour former de l'os artificiel. On distingue à droite, au microscope, ce type de médicament implanté sur un os de brebis. 22 Ligaments artificiels, dits bioactifs, vus au microscope. 23 Ces petits vaisseaux synthétiques en forme de tube de 2 millimètres de diamètre se comportent comme des vaisseaux naturels, ce qui facilite leur implantation.



Didier Letourneur a développé les premiers petits vaisseaux synthétiques qui passent le cap de l'implantation.

« Nous utilisons des polymères naturels issus de cultures de bactéries et de champignons que nous mettons en forme par chimie de réticulation [l'art de souder les polymères entre eux pour leur conférer leurs propriétés voulues] », dévoile Didier Letourneur. Le résultat a l'aspect d'un banal tube, mais qui se comporte mécaniquement comme un vaisseau naturel, en particulier lors des soubresauts dus aux contractions cardiaques. Autre avantage, les polymères sont naturellement dégradables : lors d'expériences

faites chez le rat, un nouveau vaisseau a remplacé l'implant en quelques mois. Des expériences supplémentaires vont à présent devoir être conduites chez l'homme pour s'assurer sur le long terme du succès complet de la méthode. **X.M.**

1. Unité Inserm/Université Paris-Diderot/Université Paris-Nord-XIII.
2. Unité CNRS/Université de Limoges/ENSCI.
3. Unité CNRS/Université de Nantes.
4. Unité CNRS/Université Paris-Nord-XIII.

CONTACTS :

Bruno Bujoli
> bruno.bujoli@univ-nantes.fr
Thierry Chartier
> thierry.chartier@unilim.fr
Didier Letourneur
> didier.letourneur@inserm.fr
Véronique Migonney
> veronique.migonney@univ-paris13.fr

© B. BUJOLI/CNRS

© J.-M. BOULIER/INSERM

© N. ISAAC LISYAMA, E.T. ZHOU, CSBRAT, FRE, CNRS 3043

© I. INO/UNIVERSITE PARIS-NORD-XIII, C. LE VISAGE/INSERM & D. LETOURNEUR/CNRS

Trois innovations à suivre



Des pansements qui libèrent des médicaments

Des pansements médicaments qui libèrent un principe actif pendant plusieurs semaines : c'est l'une des applications possibles des recherches menées à l'Institut de sciences des matériaux de Mulhouse (IS2M)¹ par Vincent Roucoules et Lydie Ploux. L'idée, maline, est de venir coller sur l'élastomère ou le textile du pansement une "boîte moléculaire" qui s'ouvre brièvement seulement lorsque le malade effectue un mouvement. Une astuce qui garantit l'étalement dans le temps de la distribution des molécules médicamenteuses. Comment les chimistes et les biologistes de l'IS2M fabriquent-ils cette boîte? Ils emprisonnent les molécules bioactives entre deux couches

de polymères de plusieurs dizaines de nanomètres d'épaisseur : en se fissurant lors d'un étirement, les couches larguent ensuite les molécules captives. Ces molécules sont déposées sur le pansement par polymérisation plasma, un procédé plus propre que les procédés classiques de polymérisation qui font intervenir des solvants. Les chercheurs, soutenus par la région Alsace, travaillent en ce moment avec des chirurgiens de Besançon pour fabriquer des pansements à usage

24 25 Les molécules médicamenteuses sont emprisonnées sur le pansement (à gauche) grâce à un réacteur plasma.

interne qui éviteraient des infections lors d'opérations de l'abdomen. L'équipe, dirigée par Marie-France Vallat, est également impliquée dans un projet² ayant pour objectif de développer, toujours par polymérisation plasma, d'autres substrats à visées thérapeutiques devenant bioactifs sous contrainte mécanique. X.M.

1. CNRS/Université de Haute-Alsace.
2. Avec l'Institut Charles-Sadron, le Laboratoire de conception et application de molécules bioactives (Unité CNRS/Université de Strasbourg) et l'unité Inserm Biomatériaux et ingénierie tissulaire de Strasbourg.

CONTACT :
Vincent Roucoules
 > vincent.roucoules@uha.fr



Le reportage photo complet sur les pansements médicaments est à voir sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

Une
CHIMIE
 pensée autrement

www.cnrs.fr/chimie2011

2011, année internationale parce que la chimie, c'est l'affaire de tous.



26



26 Ce dispositif mesure les performances énergétiques d'une biopile à glucose implantée chez un rat.

Une pile alimentée par le corps humain

Aujourd'hui, pacemakers et défibrillateurs cardiaques fonctionnent des années grâce à des piles au lithium délivrant de 1 à 10 microwatts. Mais, pour les dispositifs nécessitant plusieurs centaines de microwatts, comme les pompes à insuline ou les sphincters artificiels, il n'existe pas encore de système d'alimentation simple, efficace et autonome. En puisant leur énergie à l'intérieur même du corps humain, les biopiles pourraient combler cette carence majeure. Deux chercheurs grenoblois, Serge Cosnier, directeur du laboratoire Biosystèmes électrochimiques et analytiques¹, et Philippe Cinquin, du laboratoire Techniques de l'ingénierie médicale et de la complexité², viennent justement de développer et de breveter la première biopile implantable. Le concept des biopiles, qui produisent de l'électricité à partir de composés naturels tels que le glucose et l'oxygène, existe depuis plus de quarante ans. Jusqu'à présent, les biopiles ne pouvaient être implantées dans le corps, car les enzymes utilisées pour convertir l'énergie chimique

en électricité ne fonctionnaient pas dans l'organisme. Les chercheurs ont surmonté cet obstacle en utilisant une enzyme résistant aux conditions physiologiques. Pour tester leur modèle, ils ont ensuite implanté dans l'espace péritonéal d'un rat vivant la biopile reliée par câble à un système d'enregistrement externe. Les premières expériences, rapportées dans la revue *PLoS One*³, ont généré 6,77 microwatts par millilitre en continu durant onze jours, sans affecter le métabolisme de l'animal. L'objectif est désormais de parvenir à produire une puissance de plusieurs centaines de microwatts pendant plusieurs mois. C. W.

1. Unité CNRS/Université Joseph-Fourier.
2. Unité CNRS/Université Joseph-Fourier/ Grenoble INP/EPHE/VetAgro Sup.
3. Cinquin P. et al., « A Glucose Biofuel Cell Implanted in Rats », *PLoS One*, mai 2010.

CONTACTS :
Philippe Cinquin
 > philippe.cinquin@imag.fr
Serge Cosnier
 > serge.cosnier@ujf-grenoble.fr

Pour en savoir +

À LIRE |

La Chimie et la Santé au service de l'homme

Min-Thu Dinh-Audouin, Rose Agnès Jacquesy, Danièle Olivier et Paul Rigny (dir.), EDP Sciences, coll. « L'actualité chimique Livres », 2010

EN LIGNE |

Nanotechnologies et santé, un dossier de la collection Sagascience du CNRS
 > www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosnano

À VOIR |

Guérir en nanos (2007, 15 min), réalisé par Marcel Dalaise, produit par CNRS Images
 > http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1833

Histoire de polymères (2009, 15 min), réalisé par Céline Ferlita, produit par CNRS Images et l'université Bordeaux-I
 > http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2123

L'If, aux frontières de la vie (2010, 52 min), réalisé par Jean-Luc Bouvret, produit par Le Miroir, Arte France, CNRS Images et le MNHN
 > http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2235

+ WEB

À l'occasion de l'Année internationale de la chimie, retrouvez une sélection de films sur le catalogue de la vidéothèque du CNRS et un album photo sur la banque d'images de la photothèque.
 > <http://videotheque.cnrs.fr/>
 > <http://phototheque.cnrs.fr/>

27



Des lentilles de contact grand confort

27 Omniprésente dans les examens et les traitements réalisés à l'hôpital, la chimie s'infiltré aussi de plus en plus dans notre quotidien, dans les lentilles de contact par exemple.

La société Ciba Vision propose depuis plusieurs années déjà des lentilles de contact au confort amélioré par rapport aux lentilles standard. Le secret de ces lentilles réside dans un empilement de plusieurs films de quelques nanomètres d'épaisseur déposés sur la lentille grâce à un procédé mis au point à l'Institut Charles-Sadron, à Strasbourg. À l'origine, la lentille est hydrophobe : l'eau couvre mal sa surface, ce qui permet parfois à de l'air ou à des poussières de se glisser entre la lentille et l'œil. Avec les films, la lentille devient hydrophile : dans ce milieu aqueux qu'est l'œil, l'objet est comme un poisson dans l'eau et améliore grandement le confort de l'utilisateur. Récemment, cette méthode de dépôt a été rendue encore plus puissante par les scientifiques

strasbourgeois. Initialement, elle nécessitait de longs trempages successifs dans plusieurs liquides. Aujourd'hui, les chercheurs procèdent par pulvérisation des constituants des films directement sur la surface à couvrir. Le gain de temps et les avantages logistiques sont considérables. Cette méthode de nanofabrication a, par ailleurs, été étendue à la fabrication de nombreux revêtements de surface intéressant les sciences de la vie, en particulier dans les domaines de l'ingénierie tissulaire, de la biocompatibilité des implants et des vecteurs pharmaceutiques. X. M.

CONTACT :
Olivier Félix
 > olivier.felix@ics-cnrs.unistra.fr

Biologie Classé parmi les dix meilleurs scientifiques français par la revue *Nature* en termes de publications, ce virologue vient de recevoir le Grand Prix Inserm 2010.

Didier Raoult

À contre-courant

DIDIER RAOULT EN 5 DATES

1952	Naissance à Dakar
1981	Doctorat à la faculté de médecine de Marseille
1984	Création de l'Unité des rickettsies
2003	Découverte du premier virus géant
2010	Grand Prix de l'Inserm



PAR GRÉGORIE FLÉCHET

Carrure imposante, cheveux en bataille et verbe haut posent immédiatement le personnage, qui n'est pas sans évoquer un certain Olivier de Kersauson. « J'étais encore lycéen à Marseille lorsque j'ai décidé de tout plaquer pour passer un peu de temps sur les océans, d'abord sur un bateau de la marine marchande, puis sur des voiliers, que j'ai acheminés d'un continent à l'autre pour le compte de leurs propriétaires », révèle Didier Raoult. Un rapide coup d'œil à la décoration de son bureau suffit pour comprendre qu'il n'a pas pour autant embrassé une carrière de capitaine au long cours. Point de photos de voiliers emblématiques accrochées aux murs, mais les couvertures des plus prestigieux journaux scientifiques – *Nature*, *Science*, *The Lancet*, *The Journal of Infectious Diseases*... – présentant ses plus belles découvertes. À croire que la soif de connaissance et de reconnaissance de ce médecin et directeur de recherche au CNRS n'est toujours pas assouvie.

De retour dans la cité phocéenne au début des années 1970, le jeune navigateur consent à reprendre des études. Son bac littéraire en poche, il entre à la faculté de médecine, non pas parce qu'il rêve de devenir praticien hospitalier, mais parce que ce sont les seules études que son père accepte de financer : « Aujourd'hui, cela m'amuse beaucoup de me dire que j'ai finalement choisi d'exercer ce métier alors que la médecine n'était pas du tout une vocation », confesse Didier Raoult. Appelé par l'armée durant son internat, il est envoyé à l'hôpital Mamao-Papeete de Tahiti. C'est sans doute là, dans la moiteur tropicale de cette île pacifique où le médecin soigne pour la première fois des patients atteints de la dengue ou du paludisme, que naîtra sa vocation de grand explorateur des maladies infectieuses.

L'ÉTONNANTE DÉCOUVERTE DES VIRUS GÉANTS

Animé par une curiosité grandissante pour l'étude des micro-organismes pathogènes, renforcée par cette première expérience de terrain, Didier Raoult finit par créer, à Marseille, en 1984, sa propre unité de recherche. Son sujet d'étude : les rickettsies, une famille de bactéries, encore mal connues, responsables du typhus. « À cette époque, la communauté scientifique commence à se désintéresser de ces maladies qui n'ont plus cours sous nos latitudes », se souvient-il. Le médecin a donc le champ libre pour se faire un nom dans le domaine. Il choisit d'explorer les zones d'ombre de la microbiologie et de la virologie, où aucun chercheur n'a encore osé s'aventurer : « Pour faire des découvertes surprenantes, il faut savoir quitter les autoroutes de la connaissance et ne pas hésiter à emprunter des voies secondaires », assure-t-il.

C'est justement en suivant l'un de ces chemins de traverse qu'en 2003 une équipe dirigée par Didier Raoult découvre un étrange virus qui va définitivement asseoir sa notoriété dans le milieu de la virologie. Jusqu'ici, la détection de nouveaux virus reposait sur le principe quasi empirique de la microfiltration. Mise

au point par le biologiste français Charles Chamberland en 1884, la technique permet de laisser passer tous les organismes dont la taille est inférieure à 0,2 micromètre. On discrimine ainsi les virus des bactéries, trop grosses pour pouvoir franchir la barrière du filtre¹. Didier Raoult et son équipe ont eu l'intuition d'aller examiner cette improbable zone frontalière. En analysant des échantillons issus d'une tour aéroréfrigérante, ils font cette curieuse découverte : un virus géant logé dans une amibe². « En dépit de nos observations au microscope, nous avions alors du mal à nous persuader qu'il s'agissait bel et bien d'un virus tant cet organisme reprenait les caractéristiques d'une bactérie », se rappelle le chercheur. Le mimétisme est si troublant que les scientifiques baptisent leur découverte Mimivirus, contraction de Mimicking Microbe Virus, littéralement le virus imitant un microbe.

« Pour faire des découvertes surprenantes, il faut savoir quitter les autoroutes de la connaissance et ne pas hésiter à emprunter des voies secondaires. »

LA CHASSE AUX PATHOLOGIES RARES

D'autres trouvailles aux noms tout aussi facétieux ne tardent pas à suivre. Comme Spoutnik, le premier virus satellite capable d'infecter un autre virus, Mimivirus en l'occurrence, et dont la description est publiée en 2008 dans la revue *Nature*. Ou encore Marseillevirus, un autre virus géant isolé en 2009 dans une amibe, qui peut échanger son matériel génétique avec d'autres micro-organismes hébergés par le protozoaire. Il y a deux ans, fort de ces résultats scientifiques retentissants, Didier Raoult prend la direction de l'Unité de recherche sur les maladies infectieuses et tropicales émergentes (Urmite)³, à Marseille. Sous sa houlette, une centaine de scientifiques et de techniciens qui cultivent les micro-organismes avec la dextérité d'un horticulteur chevronné.

S'appuyant sur du matériel de pointe – le laboratoire est le premier en Europe à disposer d'un séquenceur automatique de gènes –, l'équipe de Didier Raoult est déjà parvenue à identifier et à décrire 94 agents pathogènes. L'unité est en outre devenue un centre de référence mondiale pour certaines pathologies rares comme la maladie de Whipple ou la fièvre Q. Partageant désormais son emploi du temps très chargé entre l'enseignement des maladies infectieuses à la faculté de médecine de Marseille, ses consultations à l'hôpital de la Timone et ses fonctions représentatives au sein de l'Urmite, Didier Raoult trouve encore le temps de publier près de cent articles par an : « En tant que littéraire, je ne me laisserai jamais d'écrire », confie-t-il simplement.

1. Outre leur taille bien inférieure à celle des bactéries, les virus diffèrent aussi de celles-ci par leur besoin d'une cellule hôte pour survivre ou se multiplier.
2. Organisme unicellulaire appartenant au groupe des protozoaires et qui, à la différence des bactéries, dispose d'un véritable noyau.
3. Unité CNRS/Université de la Méditerranée/IRD/AP-HM.

CONTACT :

Unité de recherche sur les maladies infectieuses et tropicales émergentes, Marseille
Didier Raoult
 > didier.raoult@gmail.com



Un reportage photo sur les recherches de l'Urmite est à voir sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

Politique du CNRS Le 17 janvier, Alain Fuchs, président du CNRS, a répondu en direct pendant une heure et demie aux questions des agents de l'organisme.

Alain Fuchs dialogue en direct avec le personnel

PAR FABRICE DEMARTHON

Pour marquer sa première année à la tête de l'organisme,

Alain Fuchs, président du CNRS, s'est adressé par deux fois au cours du mois de janvier à l'ensemble des personnels. Le 4, tout d'abord, il a présenté ses vœux sous la forme d'un long message écrit, dans lequel il a fait le point sur la politique scientifique qu'il mène depuis un an, et sur ses projets pour l'avenir du CNRS. Puis, le 17, il a souhaité parler aux agents sous la forme d'une allocution filmée retransmise en direct sur le site www.cnrs.fr et dans les délégations. Le but était de répondre aux questions qui lui étaient adressées par messagerie électronique. *CNRS Le journal* a souhaité retranscrire certains moments de cette allocution au cours de laquelle Alain Fuchs a parlé du budget 2011, des ressources humaines, de l'interdisciplinarité et du positionnement du CNRS dans le paysage de la recherche. Morceaux choisis.

LE BUDGET 2011

L'une des préoccupations des agents du CNRS concerne les éventuelles baisses de budget. Avec 2527,5 millions d'euros de subvention d'État, soit une progression de 0,7%, celui-ci reste globalement stable cette année. Priorité a été donnée à l'emploi. Et, comme la masse salariale (plus de 2 milliards d'euros en 2011) croît plus rapidement que la dotation de l'État, les crédits de fonctionnement, d'équipement ou d'investissement diminuent logiquement. Cette réduction du budget hors masse salariale porte sur environ 250 millions d'euros. « *Il se peut que cette baisse de la dotation de base – dotation qui est décidée au niveau des instituts – n'affecte*

pas les laboratoires de manière homogène », précise Alain Fuchs. Et d'ajouter que le budget du CNRS ne se limite évidemment pas à la dotation de base. Par ailleurs, les unités disposent maintenant d'une plus grande souplesse pour gérer leurs ressources. Depuis l'instauration du dialogue de gestion (*lire CNRS Le journal, n° 251, p. 34*), les crédits sont versés aux laboratoires dans leur intégralité dès le début de l'année.

LES RESSOURCES HUMAINES

Embauche, déroulement des carrières, statut, promotions... De très nombreuses questions avaient trait aux ressources humaines. En 2011, le CNRS a programmé 940 recrutements sur des postes statutaires. Tous les départs définitifs et non les seuls départs à la retraite seront ainsi remplacés. Une décision importante au profit de la recherche, dans un contexte où seul un départ à la retraite sur deux

→ L'intervention d'Alain Fuchs était notamment retransmise dans les délégations régionales du CNRS, comme ici à Meudon.



est remplacé dans le secteur public. En contrepartie, les contrats à durée déterminée (CDD) financés par la subvention d'État sont en baisse. « *Il n'y a pas de volonté de multiplier les CDD*, assure Alain Fuchs. *En revanche, notre priorité en 2011 est de définir une véritable politique de nos droits et devoirs vis-à-vis de nos contractuels : veiller à recruter des primo-diplômés, accompagner la recherche d'emploi par des formations, etc.* » Quant à l'embauche grâce à des contrats à durée indéterminée, elle devra rester exceptionnelle : « *Le mode normal de recrutement reste le concours.* »

Autre priorité : les promotions, « *qui seront plus nombreuses cette année que les années précédentes* », indique Alain Fuchs. Par exemple, près de 1 200 ingénieurs techniciens (IT) pourront bénéficier d'une promotion en 2011 (changement de grade ou de corps). Les statuts

des employés ont aussi fait l'objet de beaucoup d'interrogations. « *Concernant les statuts, nous n'avons pas la maîtrise des textes législatifs, mais nous sommes favorables, par exemple, à la création d'un statut de chargé de recherche hors classe, à l'instar des enseignants-chercheurs, ou d'une prolongation du grade 1* », souligne le président. Au sujet de l'avenir du statut d'assistant ingénieur, dont la disparition est discutée actuellement au niveau du ministère au profit d'une intégration au corps des ingénieurs d'étude, Alain Fuchs réaffirme « *l'attachement du CNRS au maintien d'un recrutement à Bac + 2* ».

LA RÉVISION GÉNÉRALE DES POLITIQUES PUBLIQUES

Engagée en 2007, la Révision générale des politiques publiques (RGPP) est un programme de modernisation des actions de l'État qui touche l'ensemble des politiques publiques, des ministères et des opérateurs de l'État dont le CNRS. Elle soulève des inquiétudes, en particulier en ce qui concerne l'emploi. « *Le processus pour le CNRS vient de démarrer, donc il est un peu tôt pour tirer des conclusions, tient à rappeler Alain Fuchs. Le principe de l'audit est d'identifier le poids des différentes fonctions, les tâches qui peuvent être mutualisées, ce n'est pas une chasse à l'emploi.* » La RGPP devrait donc permettre de mieux rationaliser et d'optimiser les ressources du CNRS.

L'INTERDISCIPLINARITÉ

Croiser les disciplines scientifiques pour conquérir de nouveaux terrains de la connaissance, telle est l'ambition du CNRS. Dans ce domaine, l'organisme possède une véritable force : presque tous les champs scientifiques y sont représentés. Mais l'interdisciplinarité peut poser des difficultés, comme cela a été le cas pour ce chercheur dont la carrière a été ralentie parce qu'il n'a pas été reconnu comme spécialiste de l'une des disciplines relevant des sections du Comité national de la recherche scientifique. « *En France, nous sommes les champions du cloisonnement des disciplines. Il faut que l'interdisciplinarité*

devienne une solution plutôt qu'un problème », estime Alain Fuchs. Adapter les moyens d'évaluation des chercheurs, recruter de jeunes scientifiques ayant des parcours atypiques, prêts à prendre des risques, sont autant de pistes à explorer pour faire éclore le potentiel énorme du CNRS aux interfaces entre les disciplines.

LA POSITION DU CNRS DANS LE PAYSAGE DE LA RECHERCHE

La recherche française est aujourd'hui en pleine mutation. Quelle y sera la place du CNRS? Qu'apportera l'organisme dans le nouveau système de recherche? À ces préoccupations, Alain Fuchs répond : « *Le CNRS sera très présent dans le processus de création des grandes universités de recherche, rendu possible par la loi sur l'autonomie, le plan campus et les investissements d'avenir. En contrepoint à cette structuration locale, il faudra une coordination nationale et internationale. Notre organisme est particulièrement bien placé pour assurer ce rôle.* »

D'ores et déjà, le CNRS est systématiquement sollicité pour participer aux gouvernances des Initiatives d'excellence (Idex), structures réunissant sur un même territoire des établissements d'enseignement supérieur et de recherche autour de projets scientifiques ambitieux, en partenariat étroit avec le tissu économique. « *Nous sommes dans une phase de changement, dans une dynamique de progrès pour la mise en place de futures universités de classe mondiale*, explique le président. *Cela ne signifie pas la destruction du CNRS. Nous serons la locomotive de ce changement.* » En conclusion, Alain Fuchs est très confiant dans l'avenir du CNRS et de la recherche en général. Il encourage les étudiants à entreprendre une thèse et à embrasser une carrière de chercheur en France après une expérience à l'étranger. Son enthousiasme semble être partagé : 9 500 candidats tenteront les concours de recrutement du CNRS cette année. C'est 700 de plus qu'en 2010.

EN LIGNE

› L'intervention du président du CNRS dans son intégralité est à revoir sur : <http://intranet.cnrs.fr>



International Le bureau du CNRS à Washington mène de nombreuses actions sur le continent nord-américain. Entretien avec son directeur, Jean Favero.

Le CNRS exporte sa “French Touch”



© BUREAU DU CNRS, WASHINGTON

PROPOS RECUEILLIS PAR MATHIEU GROUSSON

Quelle est la raison d'être de ce bureau ?

Jean Favero : En coordination avec le service scientifique de l'ambassade de France à Washington et les représentations des autres organismes de recherche français, il a une double vocation, à la fois de veille scientifique et de médiation institutionnelle entre le CNRS et les organismes de recherche et d'enseignement nord-américains. Notre rôle est, d'une part, de décrypter les priorités scientifiques du pays de résidence – une charge d'autant plus importante lors des changements d'administration, comme l'arrivée de Barack Obama au pouvoir – et, d'autre part, de servir de relais entre la recherche française

et nord-américaine : états-unienne et canadienne, mais également mexicaine depuis octobre 2010. L'une de nos missions fondamentales est de contribuer au développement des collaborations entre chercheurs français et nord-américains.

Comment ces collaborations se concrétisent-elles sur le sol américain ?

J. F. : Le CNRS met à disposition plusieurs outils institutionnels. Il s'agit des Laboratoires internationaux associés (LIA) – il en existe, à l'heure actuelle, six avec les États-Unis et trois avec le Canada – et les Unités mixtes internationales (UMI), au nombre de cinq aux États-Unis (deux autres sont en gestation) et de deux au Canada. Ces UMI permettent la mise en place de structures de recherche internationales au sein desquelles les chercheurs travaillent “à la française”. À terme, notre ambition est de créer des antennes de ces UMI sur des campus universitaires français, afin de favoriser la venue de chercheurs étrangers, et donc, dans notre cas, de chercheurs nord-américains sur notre sol. Nous sommes dans un esprit et une dynamique d'échange, pas de collaboration à sens unique.

Comment ces structures, et plus généralement la recherche française, sont-elles perçues par les scientifiques américains ?

J. F. : Les LIA et les UMI ont été salués pour leur efficacité lors de la réunion Europe-États-Unis en novembre 2008 à Atlanta.

On entend parfois dire que notre recherche ne serait pas compétitive. Mais, partout où je vais, je constate que les chercheurs français sont extrêmement appréciés. Au point que le président de l'université de Californie, à Riverside, qui héberge déjà une UMI, serait intéressé par l'ouverture d'une seconde dans son établissement. Ce rayonnement scientifique d'excellence est tel que les autorités de cette université n'ont pas hésité à baptiser une des places de l'université “Place du CNRS” ; de même, le Canada vient d'accorder une chaire d'excellence au directeur français de l'UMI de l'université Laval, à Québec, spécialisée dans les recherches polaires.

Vous vous adressez aussi aux jeunes chercheurs sur le continent...

J. F. : Tout à fait. Avec le bureau de l'Inserm, nous publions une lettre mensuelle, *Le Fil de Marianne*, envoyée à plus de 1 500 jeunes chercheurs français en stage sur le continent nord-américain, afin de les tenir informés des réformes de la recherche en France, mais également sur les postes à pourvoir, les dates des concours d'entrée dans les organismes de recherche ou les différents appels d'offre, comme ceux de l'ANR. Dans le même esprit volontariste, notamment contre la fuite des cerveaux dont on entend si souvent parler, nous sommes présents lors des nombreux forums d'emploi organisés par les grandes universités américaines pour informer des possibilités qu'offre la France aux jeunes chercheurs, tant français qu'américains.

Enfin, des actions sont-elles menées auprès du grand public ?

J. F. : Nous organisons chaque trimestre, à Washington, des conférences grand public, que nous avons intitulées Les Rendez-Vous du CNRS, auxquelles participent des chercheurs français. Lors de leur passage, les conférenciers sont également invités à rencontrer les élèves du lycée français Rochambeau de Washington. Ces visites s'inscrivent dans le cadre des Clubs CNRS, que le bureau a mis sur pied également avec les lycées français de San Francisco et de Montréal. Ils donnent la possibilité à de jeunes élèves de s'impliquer, au sein de leur lycée, dans des projets scientifiques suivis par des experts du CNRS. Notre souhait est que la culture française, si appréciée ici aux États-Unis, le soit aussi dans sa composante scientifique.

LIA
Laboratoires “sans murs” qui permettent la mise en place de collaborations de long terme entre des équipes françaises et étrangères.

UMI
Laboratoires CNRS implantés dans une université étrangère, où travaillent, entre autres, des chercheurs et des ITA du CNRS.

CONTACT :
Bureau du CNRS à Washington
Jean Favero
> jean.favero@cnrs-usa.org

RECHERCHE |

Le 1^{er} janvier, à Montpellier, a été créé le Laboratoire Charles-Coulomb (L2C).

Il résulte de la fusion du Laboratoire des colloïdes, verres et nanomatériaux, du Groupe d'étude des semi-conducteurs et du Groupe de physique théorique du Laboratoire de physique théorique et astroparticules. Ses activités très diverses, allant de la physique théorique à la physico-chimie et la biophysique en passant par la matière condensée et les nanosciences, lui permettront d'être le pivot de collaborations aux interfaces entre la chimie, la biologie et la médecine.

NOMINATIONS |

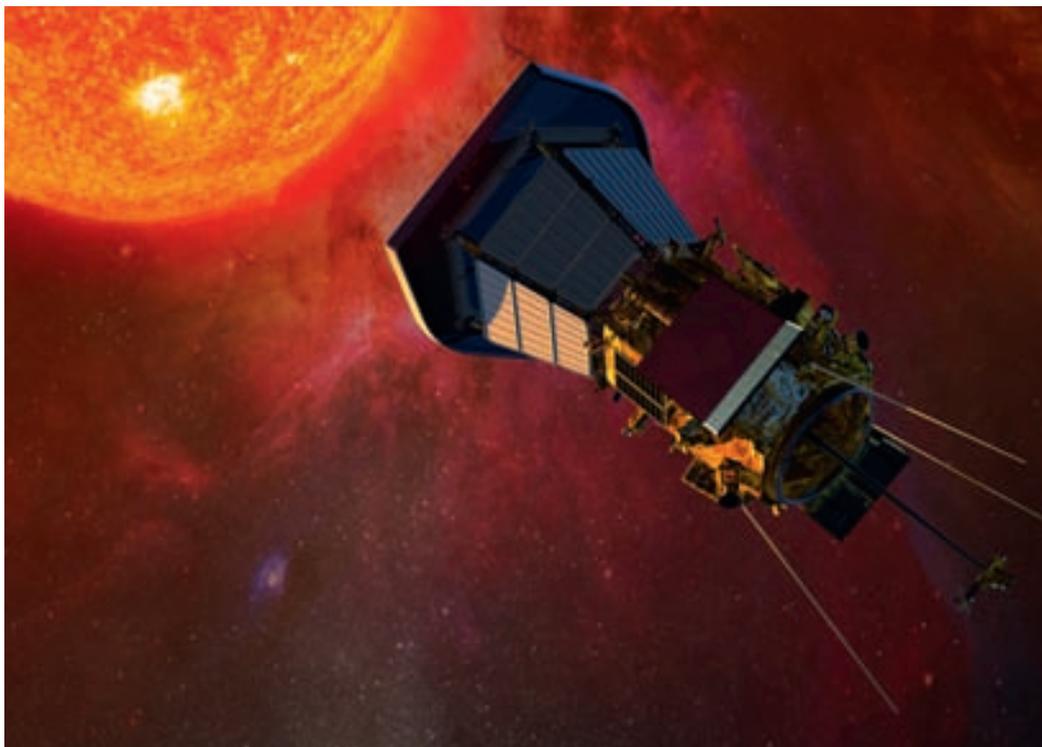
Deux nouveaux

délégués régionaux du CNRS ont été nommés le 1^{er} janvier.

Il s'agit de Françoise Paillous, pour la délégation Nord-Pas-de-Calais et Picardie, et d'André Quinquis, pour la délégation Bretagne et Pays de la Loire.

INTERNATIONAL |

Le 13 décembre 2010, à Stockholm, la coopération scientifique entre la France et la Suède a franchi un cap très important avec la signature de six accords. Ceux-ci impliquent, côté français, quatre laboratoires liés au CNRS (l'IPN Orsay, le Ganil, le LSCE et le LLB) et portent notamment sur la technologie des accélérateurs, la recherche climatique et l'instrumentation nucléaire. Ces accords interviennent dans le contexte de la construction en Suède, avec le soutien de la France, de la Source de spallation européenne (ESS). Lors de sa mise en service, prévue à l'horizon 2020, cette infrastructure européenne devrait être la source de neutrons la plus puissante au monde.



Instrument

En route vers le Soleil

PAR JULIEN BOURDET

→ **Les astronomes français sont aux anges.** Leur rêve d'aller "toucher" le Soleil va enfin se réaliser. Les instruments développés par le Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique (Lésia)¹, à Meudon, et par le Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace (LPC2E)², à Orléans, viennent d'être sélectionnés par la Nasa pour équiper sa future sonde spatiale *Solar Probe Plus*. Celle-ci, qui doit être lancée en 2018, sera la première à pénétrer dans la couronne solaire, l'atmosphère de notre étoile.

Avec cette mission, les scientifiques espèrent résoudre deux grandes énigmes de la physique solaire : comment la température du Soleil, qui n'est "que" de 6000 °C à sa surface, atteint-elle plus de 1 million de degrés dans la couronne ? Et comment le vent solaire, ce plasma d'électrons et de protons qui est éjecté par la couronne et qui est à l'origine des aurores polaires sur Terre, est-il accéléré à plus de 800 km/s ? Pour répondre à ces questions, le satellite américain sera équipé de toute une batterie d'instruments bien à l'abri derrière un bouclier résistant aux températures infernales et aux intenses radiations du Soleil. Parmi eux, de grandes antennes électriques, dont le récepteur a été conçu par le Lésia. « Avec cet appareil, on pourra mesurer dans différentes régions de la couronne la température des électrons et la vitesse des protons », explique Milan Maksimovic,

→ Image de synthèse de la sonde spatiale *Solar Probe Plus* se rapprochant du Soleil, son objet d'étude.

chercheur au Lésia. Quant à l'instrument mis au point par le LPC2E, il permettra de déterminer les variations du champ magnétique générées par ces particules.

Bref, autant de données indispensables pour comprendre les phénomènes à l'origine du chauffage de la couronne et de l'accélération du vent solaire. « Il existe aujourd'hui plusieurs scénarios pour expliquer ces deux grands mystères, note Vladimir Krasnoselskikh, chercheur au LPC2E. En faisant des mesures directes à la source, on devrait pouvoir trancher entre ces différentes théories et ainsi mieux comprendre le fonctionnement intime de notre étoile. » Encore un peu de patience toutefois : après son lancement en 2018, ce n'est que six ans plus tard que *Solar Probe Plus* sera au plus près du Soleil, à environ 6,5 millions de kilomètres de sa surface.

1. Unité CNRS/Observatoire de Paris/Université Paris-Diderot/UPMC.
2. Unité CNRS/Université d'Orléans-Observatoire des sciences de l'Univers en région Centre.

CONTACTS :

Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace, Orléans
Vladimir Krasnoselskikh
 > vkrasnos@cnrs-orleans.fr

Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique, Meudon
Milan Maksimovic
 > milan.maksimovic@obspm.fr

Développement durable

Des bioraffineries zéro déchet



© P. POSTHOLLANDSE/HOGTE-REA

→ Usine de l'entreprise Nuon, aux Pays-Bas, spécialisée dans la production d'électricité à partir de biomasse.

PAR JEAN-PHILIPPE BRALY

→ **Mettre au point des bioraffineries, des usines capables de transformer** des sources très variées de biomasse – cultures non alimentaires, résidus agricoles... – en produits à forte valeur ajoutée – carburants pour l'aviation, polymères, solvants... : tel est l'objectif du projet EuroBioRef (European Multilevel Integrated Biorefinery Design for Sustainable Biomass Processing), coordonné par le CNRS. Lancé en 2010 pour quatre ans, il implique 28 partenaires de 14 pays, pour un budget de 374 millions d'euros, cofinancé par l'Union européenne et les participants.

Prétraitement, séparation et transformation plus efficaces de la biomasse et de ses dérivés, valorisation des produits obtenus, optimisation de la logistique, prise en compte des contraintes locales... EuroBioRef intervient à tous les niveaux. « Dans cet effort commun sans précédent, les chercheurs du CNRS apportent notamment leur expertise sur les procédés chimiques par catalyse, indique Franck Dumeignil, coordonnateur du projet et directeur adjoint de l'Unité de catalyse et de chimie du solide (UCCS)¹ de Villeneuve-d'Ascq. Les équipes vont développer des catalyseurs qui transforment des composants jusqu'ici peu ou pas valorisés en molécules d'intérêt, le tout en consommant le moins d'énergie possible. »

Le coût énergétique de ces bioraffineries devrait d'ailleurs chuter de 30% par rapport à celui des bioraffineries de première génération, et la quantité de matière première nécessaire, baisser d'au moins 10%, le tout sans produire aucun déchet! Autre avantage : la flexibilité. Le concept est adaptable à diverses régions européennes et, dans certains cas, ne nécessitera qu'une modification mineure des installations existantes, qui ne transforment actuellement qu'un type de biomasse en un seul produit (le maïs en bioéthanol, par exemple).

1. Unité CNRS/Université Lille-1/ENSCL/Centrale Lille/ Université d'Artois/Université Lille-Nord de France.

EN LIGNE

> www.eurobioref.org

CONTACT :

Unité de catalyse et de chimie du solide,
Villeneuve-d'Ascq
Franck Dumeignil
> franck.dumeignil@univ-lille1.fr

LA PHYSIQUE ORGANISE SES OLYMPIADES

→ **La finale des Olympiades nationales de physique se tient à Paris les 28 et 29 janvier**, au Palais de la découverte. Pour l'occasion, 25 équipes de lycéens font le déplacement. Placé sous le signe du laser, dont on vient de célébrer le 50^e anniversaire, ce concours soutenu par le CNRS met l'accent sur l'expérimentation. Son objectif : sensibiliser les lycéens aux activités scientifiques et

éveiller chez eux des vocations. Du côté des finalistes, on attend avec impatience ces olympiades qui viennent souvent couronner un an et demi de recherches et de réflexions. Cette année, beaucoup de projets font la part belle à la physique fondamentale : mise en évidence du phénomène de réfraction sur un plan d'eau miniature, réalisation d'un dispositif d'observation des phénomènes en microgravité, mesure précise

de la vitesse de la lumière... Parmi les thèmes choisis figurent aussi des réalisations plus inattendues, comme un robot détecteur de mines ou un ingénieux dispositif de prise de vue en 3D à l'aide d'un mini-laser. Reste au jury, composé de chercheurs, d'industriels et d'enseignants, à départager ces scientifiques en herbe. **G.F.**

EN LIGNE

> www.odpf.org

INTERNATIONAL |

L'inauguration, à l'automne dernier, du centre de recherche conjoint CNRS-Université féminine d'Ewha a scellé le premier partenariat franco-coréen dans le domaine des nanosciences. Baptisé Centre d'imagerie quantique dynamique, celui-ci vise à mettre au point de nouvelles technologies "nano" en matière d'affichage et d'écrans plats. Une initiative qui s'inscrit dans un programme de grande envergure ayant déjà abouti à la création, en Corée du Sud, de dix-sept centres de recherche internationaux nés de la coopération avec différents pays. Après les États-Unis, le Japon, l'Allemagne et la Russie, c'est donc au tour de la France de nouer des liens privilégiés avec le pays du Matin calme.

BILAN SOCIAL |

Véritable photographie

de la situation de l'emploi, de la formation, de l'action sociale et des conditions d'exercice au sein du CNRS, le Bilan social 2009 est disponible en ligne. Élaboré par la Direction des ressources humaines depuis vingt ans, il offre de précieux indicateurs pour mesurer les effets des politiques sociales déployées au sein de l'organisme et informe tous les agents des évolutions statutaires et réglementaires. Le site Internet permet désormais de consulter de manière dynamique les résultats des bilans 2008 et 2009, de télécharger l'ensemble des tableaux et représentations graphiques et d'accéder à de nombreuses données pluriannuelles sur les personnels.
> <http://bilansocial.dsi.cnrs.fr/>

Vie interne Médiatrice du CNRS depuis le 1^{er} janvier 2008, Michèle Postel, à l'heure de quitter ses fonctions, dresse un bilan de ses trois années d'exercice.

Les vertus de la médiation

PROPOS RECUEILLIS PAR P. TESTARD-VAILLANT

En quoi consiste la mission du médiateur du CNRS ?

Michèle Postel : J'ai coutume de dire que le médiateur est un "accoucheur de solutions". Cette fonction a été créée en 1995 pour aider à régler à l'amiable les différends qui surviennent dans la vie de l'établissement et qui mettent en cause le fonctionnement des instituts, services centraux, délégations régionales et structures opérationnelles de recherche et de service. Le médiateur est investi d'une mission de conciliation, mais ne peut imposer de décision à l'administration, ni au demandeur. Depuis ma prise de fonction en 2008, j'ai reçu 160 saisines, ce qui reste faible au regard des quelque 33 000 personnes travaillant au CNRS, mais ce qui fait beaucoup pour une seule femme ! Cette activité de médiation, qui exige de se déplacer en permanence, représente désormais une charge de travail telle que Maïté Armengaud, qui va me succéder, l'exercera officiellement à temps plein auprès du président, Alain Fuchs.

Quels sont les principaux types de saisines auxquels vous avez été confrontée ?

M. P. : Un gros tiers concerne des problèmes administratifs : âge de départ à la retraite, reconstitution de carrière, etc. ; 98 % de ces dossiers ont été réglés. Un autre tiers porte sur des difficultés relevant du harcèlement moral ou de la souffrance au travail (50 % de dossiers clos). Le dernier tiers a trait à des problèmes scientifiques, qu'il s'agisse de querelles opposant des chercheurs (75 à 80 % de dossiers clos) ou de saisines liées à des manquements à l'éthique en recherche : accusation de falsification de résultats,

de plagiat... Ces dossiers sont en nette hausse. Le dernier avis sur la paternité scientifique remontant à 2001, il serait judicieux que le médiateur dispose d'un nouveau référentiel pour mieux identifier le comportement professionnel "normal" à partir duquel un comportement "déviant" pourrait être reconnu.

REPÈRE

Le médiateur est nommé pour une durée de trois ans non renouvelable par le président du CNRS.

Le rôle du médiateur a-t-il évolué en quinze ans ?

M. P. : Il y a surtout eu une évolution majeure entre mars 2004 et mars 2007, sous le mandat de Richard Topol. Les

saisines étiquetées "souffrance au travail", sans doute à la suite de l'adoption par le Parlement de lois sur le harcèlement moral, ont augmenté de façon exponentielle, même s'il convient de faire le tri entre ce qui relève véritablement du harcèlement et le reste, utilisé comme une façon d'"hameçonner" le médiateur. Richard Topol a alors vu son activité exploser. Toutefois, le nombre de dossiers liés à cette problématique sensible s'est clairement stabilisé depuis que la filière des ressources humaines s'en est emparée.

Écoute équilibrée, respect scrupuleux des personnes et du principe de la contradiction, équité... Les qualités requises pour être médiateur sont nombreuses.

M. P. : Je dirais surtout qu'il ne s'agit pas d'un poste de début de carrière, mais d'un poste de "sage" réclamant une bonne connaissance des relations humaines. À mes yeux, la principale qualité que doit posséder un médiateur, qui n'est ni un juge ni un avocat, est l'intelligence des situations. Face à une situation conflictuelle, il faut comprendre le plus vite possible quels sont le périmètre d'action et les enjeux pour les acteurs concernés, et déterminer sur quelles ficelles tirer afin de ménager une sortie de crise honorable pour toutes les parties.



© C. FRESILLON/CNRS-PHOTOHÉRIQUE

CONTACTS :
Médiateur du CNRS
Maïté Armengaud
> maite.armengaud@dr14.cnrs.fr
> mediateur@cnrs-dir.fr
Michèle Postel
> postel@dr20.cnrs.fr

Événement

2011, année Bergson

Édition critique des œuvres d'Henri Bergson, PUF, coll. « Quadrige Grands textes » ; *Lire Bergson*, Frédéric Worms et Camille Riquier (dir.), PUF, coll. « Quadrige Manuels ». Parutions le 26 janvier 2011.

→ **En ce début d'année, les Presses universitaires de France** achèvent la première édition critique des œuvres du philosophe français Henri Bergson. Frédéric Worms, directeur du Centre international d'étude de la philosophie française contemporaine¹ et responsable scientifique de cette édition, nous livre les détails de ce travail inédit.

Avant toute chose, qui était Henri Bergson ?

Frédéric Worms : Bergson, né en 1859 et disparu en 1941, il y a tout juste soixante-dix ans, a été l'un des philosophes les plus honorés du xx^e siècle. Ses cours au Collège de France étaient des événements, il a été élu à l'Académie française, a reçu le prix Nobel de littérature en 1927... Pour autant, certains de ses thèmes essentiels de réflexion n'ont cessé de soulever des polémiques. Il a tenté de mettre en relation, dans chacun de ses livres, la science ou la technique et la métaphysique.

Pourquoi évoquez-vous le choc de sa pensée ?

F.W. : Il ne s'agit pas tant du choc que cette pensée a causé en son temps que de celui que provoque aujourd'hui sa redécouverte. Par-delà toutes les controverses qu'elle a suscitées, la pensée de Bergson demeure très novatrice sur des questions comme le temps, la mémoire, la vie, mais aussi la morale, la religion et la politique. Il faut relire cet auteur à la fois classique et vivant.

Quel parti pris avez-vous adopté pour l'édition critique de son œuvre complète ?

F.W. : Nous avons choisi d'offrir le texte intégral des livres de Bergson tels que celui-ci les a publiés. Nous les avons complétés par un dossier comportant un ensemble de notes historiques, les variantes éventuelles des textes, une brève anthologie des lectures majeures de l'ouvrage par des contemporains de Bergson ou des commentateurs modernes, une table analytique, des index originaux, une bibliographie... Un essai indépendant, *Lire Bergson*, cosigné par toute l'équipe éditoriale, complète ce travail.

Un travail minutieux qui a donc dû demander beaucoup de temps...

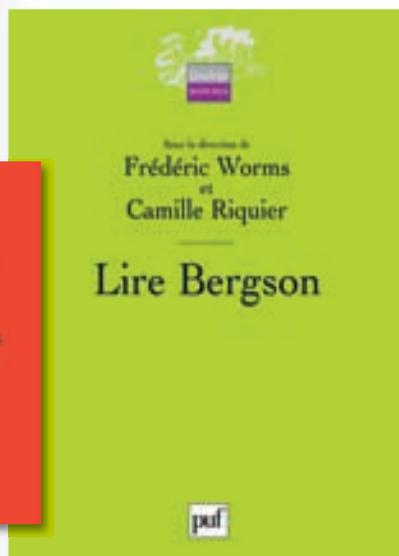
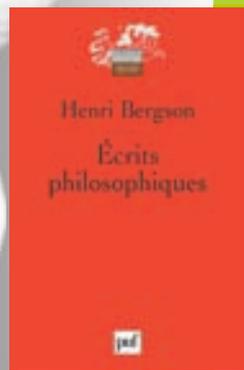
F.W. : En effet, tout a commencé en 2007 avec *L'Évolution créatrice*, dont on fêta alors le centenaire, *Le Rire* et *l'Essai sur les données immédiates de la conscience*. Quatre ans plus tard, 2011 marque la fin de cette aventure éditoriale, avec la sortie des *Écrits philosophiques* et de cinq volumes de conférences tirés de ses recueils.

Propos recueillis par P. T.-V.

1. Unité CNRS/École normale supérieure de Paris.

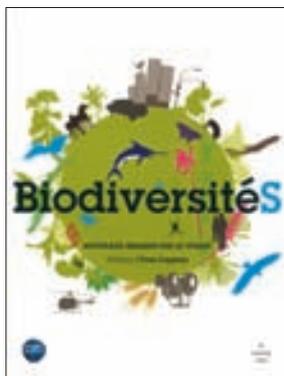
CONTACT :

Centre international d'étude de la philosophie française contemporaine, Paris
Frédéric Worms
 > frederic.worms@univ-lille3.fr



LIVRE |
Biodiversités

Nouveaux regards sur le vivant
Collectif, CNRS/Le Cherche Midi,
176 p. – 24,90 €



→ **En crise, la biodiversité est un immense chantier d'investigations nouvelles,** au croisement des sciences de l'homme et de la nature. De nombreux jeunes chercheurs de l'Institut écologie et environnement

du CNRS se consacrent à son étude et, par voie de conséquence, à sa sauvegarde. Cet ouvrage, richement illustré et parfaitement accessible, offre une vision claire de ce qu'est la biodiversité et des enjeux liés à sa préservation, et explore les bouleversements qu'est en train de connaître la recherche scientifique dans ce domaine.

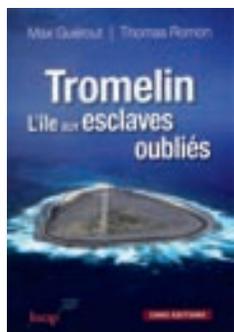
LIVRE |
Tromelin

L'île aux esclaves oubliés

Max Guérout et Thomas Romon,
CNRS Éditions/Inrap, 196 p. – 19 €

→ **Le 31 juillet 1761, un navire négrier de la Compagnie française des Indes fait naufrage** sur les récifs coralliens de la minuscule et désertique île de Tromelin, dans l'océan Indien. Alors que l'équipage français repart sur une embarcation de fortune, la soixantaine de Malgaches, faute de place, reste sur l'île. Ce n'est que quinze ans plus tard qu'on viendra secourir les huit survivants : sept femmes et un enfant. Que s'est-il passé entre-temps? Comment les esclaves oubliés ont-ils survécu sur une île dépourvue d'arbres, sans eau douce ni nourriture? Max Guérout et Thomas

Romon ont mené l'enquête et nous content l'incroyable et terrifiante aventure de ces Robinsons.



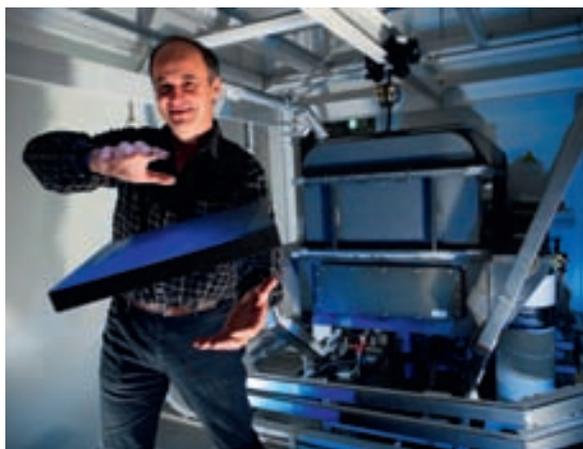
→ Présentée lors du festival, l'expérience Granit a pour objectif d'étudier les effets de la gravité sur l'infiniment petit.

MANIFESTATION |

Oufs d'astro Biennale du ciel et de l'espace

Du 21 au 27 février 2011, Planétarium de Vaulx-en-Velin (69).
Tél. : 04 78 79 50 13 – www.planetariumvv.com

→ **La 2^e édition du festival Oufs d'astro met la gravitation à l'honneur. Coordonnée par le Planétarium de Vaulx-en-Velin, cette biennale du ciel et de l'espace réunira le public autour de chercheurs, d'artistes et d'astronomes amateurs lors de rendez-vous exceptionnels. Entre autres : une grande conférence entre science et poésie donnée par le parrain de cette édition, l'astrophysicien Michel Cassé, une exposition unique mettant en scène les travaux de chercheurs, des spectacles associant art et science, des films, une soirée d'observation ainsi que la finale des Trophées de robotique 2011.**



© ILLAEXIS CHEZIERE

LIVRES |

Décors des corps

Gilles Boëtsch, Dominique Chevê et Hélène Claudot-Hawad (dir.), CNRS Éditions, 400 p. – 30 €
Chimistes, physiciens, historiens, anthropologues, philosophes et linguistes se penchent sur l'évolution et la signification des décorations corporelles.

Archéologie environnementale de la France

Stéphanie Thiébault, La Découverte, coll. « Archéologies de la France », 180 p. – 22 €
Une archéobotaniste présente les principaux résultats obtenus ces dernières années en archéologie environnementale, discipline en plein essor qui permet de connaître les environnements passés pour mieux appréhender leur avenir.

Histoire de la chasse. L'homme et la bête

Andrée Corvol, Perrin, coll. « Pour l'histoire », 578 p. – 26 €
Du xvi^e siècle à aujourd'hui, l'histoire de la chasse contée par une spécialiste des rapports entre nature et société.

Évolution : les grandes questions

Claude Combes, Poche-Le Pommier, 342 p. – 10 €
Un magnifique dialogue entre une adolescente et le célèbre biologiste Claude Combes sur l'évolution des êtres vivants.

Introduction aux savoirs antiques
Germaine Aujac, CTHS, coll. « Format », 400 p. – 15 €
Une étude approfondie et enrichie de textes de référence sur les savoirs théoriques et pratiques en usage au cours de l'Antiquité gréco-romaine.

Santé publique. L'état des savoirs

Didier Fassin et Boris Hauray (dir.), La Découverte, 536 p. – 25 €
Un état de l'art de la santé publique par soixante contributeurs. Toutes les données, clairement exposées grâce à des repères statistiques, permettent enfin de saisir les grands enjeux actuels de la santé publique : inégalité d'accès aux soins, intérêts privés, éthique...



→ **Patte de gecko et son détail : cet animal est célèbre pour ses capacités d'adhésion dues à ses poils de kératine.**

© CNRS IMAGES

FILM |

La Colle

Réalisé par Céline Ferlita, produit par CNRS Images, 15 min – 15 € (usage privé) – <http://videotheque.cnrs.fr>

→ **La colle, objet incontournable de notre quotidien**, est également au cœur d'une vaste problématique scientifique méconnue. Un physicien, un chimiste et un mécanicien apportent trois regards complémentaires sur la compréhension des mécanismes d'adhésion. À partir de différentes expériences, ils nous expliquent pourquoi ça colle... ou pas.



Visionnez un **extrait de La Colle** sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

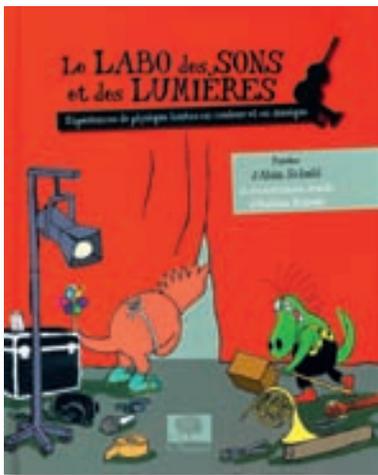
BANDE DESSINÉE |

Le Labo des sons et des lumières Expériences de physique hautes en couleur et en musique

Alain Schuhl et Hélène Maurel, Éditions Le Pommier, 96 p. – 18 €

→ **Illustré de nombreuses bandes dessinées et destiné aux enfants**,

cet album permet à Sakharine et Sakharose de tester toutes sortes d'expériences de physique sur le son et la lumière. Comment ceux-ci se déplacent-ils? De quelle manière se réfléchit la lumière? Comment faire de la musique avec les verres en cristal de mamie? Tout y est!



LIVRES |

La Pellicule et les Ciseaux

La censure dans le cinéma soviétique du dégel à la perestroïka

Martine Godet, CNRS Éditions, 308 p. – 28 €

→ **À la mort de Staline, en 1953, l'étau des interdictions brutales se desserre** sur la production cinématographique. Mais, jusqu'à Gorbatchev, c'est alors une forme de censure subtile et complexe qui s'installe... Cet ouvrage fait la lumière sur les coulisses politiques du cinéma soviétique à cette période. En analysant de nombreux exemples de films, l'auteur montre à quels niveaux s'exerce cette nouvelle forme de censure, depuis le choix du scénario jusqu'à l'attribution d'une catégorie pour le film en passant par le nombre de copies, le doublage, la distribution et bien sûr le tournage. Une fresque passionnante sur le septième art soviétique à une période charnière de son histoire.



Traduire sous contraintes

Littérature et communisme (1947-1989)

Ioana Popa, CNRS Éditions, 590 p. – 29 €

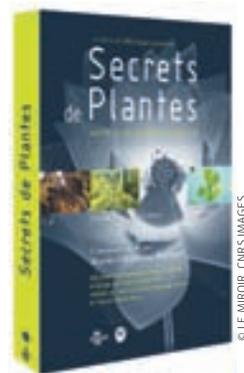
→ **Également centré sur la période de la guerre froide**, ce livre offre quant à lui une analyse magistrale, sociologique et historique, des circuits de traduction des pays de l'Est vers la France. Subsistait-il à cette époque un espace d'échange intellectuel entre l'Est et l'Ouest?

DVD |

Secrets de plantes

Collection de 4 documentaires de 52 min, dirigée par Gabriel Chabanier et François-Xavier Vives, produite par Le Miroir/Arte France/CNRS Images/MNHN/Inra – 34 € (usage privé) – <http://videotheque.cnrs.fr>

→ **Les plantes qui nous entourent, aussi sublimes soient-elles, composent un décor familier que nous regardons peu et que nous connaissons mal. La collection « Secrets de plantes » nous invite à découvrir quatre plantes communes afin d'en révéler les qualités insoupçonnées : l'ortie, emblème de la lutte contre la marchandisation du vivant ; le lotus, véritable boîte à idées pour les technologies de demain inspirées de la nature ; l'arabette, vedette de la génétique ; et enfin l'if, l'arbre médicament. Une série documentaire saluée par la critique lors de sa diffusion sur Arte en mai 2010.**



© LE MIROIR, CNRS IMAGES

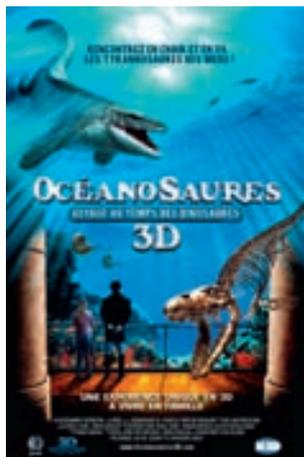


Visionnez un **extrait de L'if**, aux frontières de la vie sur le journal feuilletable en ligne > www2.cnrs.fr/journal

FILM |

Océanosaures 3D

Voyage au temps des dinosaures



Réalisé par Pascal Vuong et Ronan Chapalain, produit par Catherine et Pascal Vuong et François Mantello, 41 min, à partir du 2 février 2011 à La Géode, Paris (75).

Tél. : 01 40 05 79 99 – www.lageode.fr

→ Ce docu-fiction propose une étonnante plongée en 3D dans l'univers des reptiles marins, entre – 250 et – 65 millions d'années. Alors que les films sur les dinosaures pullulent, il offre une occasion unique de se retrouver nez à nez avec d'autres géants moins connus de cette époque que sont les grands prédateurs marins, tels l'*Elasmosaurus* et son cou de 10 mètres, ou l'*Ophthalmosaurus* et ses yeux géants. Clairement pédagogique, le film est le fruit de cinq années de travail méticuleux, notamment celui de Nathalie Bardet, paléontologue au Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements¹ et conseillère scientifique du projet. La chercheuse

a validé chaque détail de l'anatomie et des mouvements de ces monstres de l'ère secondaire. Pour obtenir cette représentation hyperréaliste, elle raconte, amusée, l'effort de documentation qu'elle a dû fournir, car « les auteurs ont posé beaucoup de questions dont la plupart sortaient largement du cadre de réflexion habituel d'un paléontologue... » Ravie du résultat, elle considère le film comme « une symbiose parfaite entre le divertissement et la science ». « Et personnellement, conclut-elle, voir ainsi animés les sujets de mes travaux, c'est comme réaliser un rêve d'enfant! » **C.Z.**

1. Unité CNRS/Muséum national d'histoire naturelle/UPMC.

CONTACT :

Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements, Paris
Nathalie Bardet
 > bardet@mnhn.fr

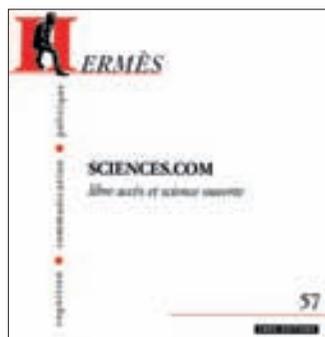
REVUE |

Sciences.com

Libre accès et science ouverte

Hermès, n° 57, CNRS Éditions, 240 p. – 25 €

→ À l'heure des réseaux électroniques et des nouvelles technologies de l'information, une question taraude les chercheurs : où publier leurs travaux? Dans des revues cotées, privées et payantes, qui leur assurent une bonne diffusion auprès de leurs pairs et surtout de bonnes évaluations de la part des gouvernances scientifiques? Ou sur Internet, en libre accès, pour que les résultats soient disponibles au plus grand nombre et le plus rapidement possible? Dans ce volume de la revue *Hermès*, éditée par l'Institut des sciences de la communication du CNRS, des chercheurs de toutes disciplines répondent aux questions que posent ces multiples formes de mise à disposition des connaissances produites par les scientifiques.



LIVRES |

Faire de l'ethnologie.

Réflexion à partir d'expériences

en milieu scolaire

Clotilde Lebas, Fabienne Martin et Alexandre Soucaille, De Boccard, coll. « Travaux de la Maison René-Ginouès », 48 p. – 10 €

Le récit d'une expérience singulière d'ateliers de pratique ethnologique, menée depuis 2004 dans des établissements scolaires dits sensibles.

La Science en jeu

Jean-Michel Besnier, Étienne Klein, Hervé Le Guyader et Heinz Wismann, Actes Sud/IHES, coll. « Questions vives », 320 p. – 27,95 €

Qu'est-ce que la science? Que peut-elle? Que vaut-elle? Deux chercheurs et deux philosophes se livrent au libre jeu des échanges et répondent aux questions que pose la société civile.

Histoire de la vie latente.

Des animaux ressuscitants du XVIII^e siècle aux embryons congelés du XX^e siècle

Stéphane Tirard, Vuibert/Adapt-Snes, coll. « Inflexions », 122 p. – 18 €

L'histoire de trois siècles de recherches sur la vie latente, état limite du vivant dans lequel plus aucune activité n'est décelée et sur lequel se fondent aujourd'hui les techniques de cryoconservation des embryons.

De feu et de glace.

Planètes ardentes

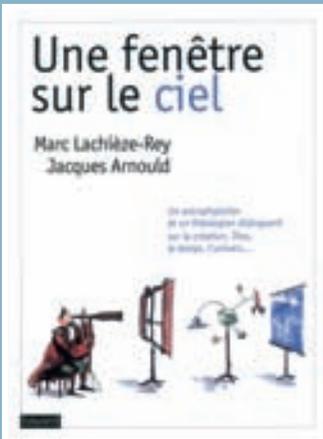
André Brahic, Odile Jacob, 400 p. – 35 €

Un fascinant voyage à la rencontre des quatre planètes géantes – Jupiter, Saturne, Neptune et Uranus –, de leurs lunes et de leurs lointaines cousines, au-delà des frontières de notre système solaire.

Vitesses limites

Alain Fleischer (dir.), Seuil, coll. « Le genre humain », 160 p. – 15 €

Neuf personnalités issues de tous horizons – scientifiques, philosophes, spécialistes de la communication, des sciences politiques ou du cinéma – livrent leurs réflexions sur la vitesse.



LIVRE |
Une fenêtre sur le ciel
 Dialogue d'un astrophysicien
 et d'un théologien

Marc Lachièze-Rey et Jacques
 Arnould, Bayard, 276 p. – 18 €

→ « *Dieu ne joue pas aux
 dés* », « *Pourquoi y a-t-il
 quelque chose plutôt que
 rien ?* », « *L'humanité tirera
 plus de bien que de mal
 des découvertes nouvelles* »...

Ce sont là quelques-unes des
 douze citations célèbres qui
 servent de point de départ à
 un dialogue passionnant entre
 l'astrophysicien Marc Lachièze-
 Rey et le théologien Jacques
 Arnould. De l'infiniment petit
 des particules à l'immensité
 de l'Univers, du mystère
 des origines à celui de la foi,
 les deux scientifiques
 débattent et voient, parfois,
 leurs points de vue converger
 de manière étonnante.

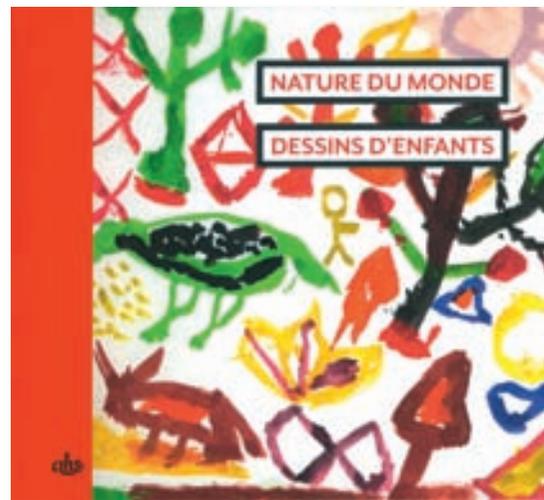
LIVRE |

Nature du monde, dessins d'enfants

Hélène Pagesy, Stéphanie Carrière et Catherine Sabinot
 (dir.), CTHS, 260 p. – 27 €

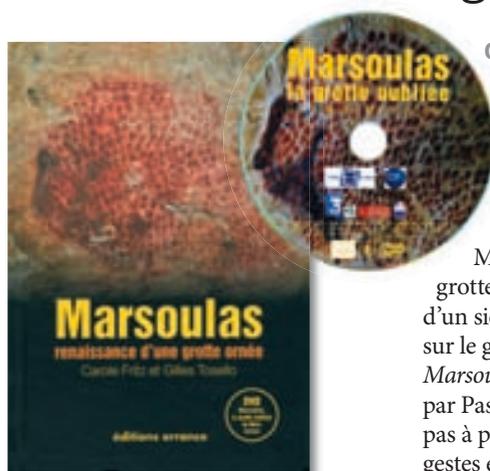
→ « *Dessine moi ta nature.* »

C'est ce qu'a demandé un groupe
 d'anthropologues à des enfants
 de onze régions du monde. Munis de
 feutres, de crayons, de gouache et de
 papier, les bambins ont croqué leur
 environnement, les animaux et les
 plantes qui leur sont familiers. Des
 montagnes bleues du Tien-Shan, au
 Kirghizstan, aux eaux foisonnantes
 de Ko Surin, en Thaïlande, des rennes
 de Yakoutie aux tortues de Mayotte,
 plus de deux cents dessins sont
 décryptés par les scientifiques
 qui nous invitent à découvrir les
 natures et les cultures du monde
 à travers les yeux des enfants.



LIVRE ET DVD |

Marsoulas
 Renaissance d'une grotte ornée



Carole Fritz et Gilles Tosello,
 Éditions Errance, 56 p. – 27 €

→ **À 80 kilomètres de Toulouse, au cœur
 des Pyrénées, se trouve la grotte ornée
 de Marsoulas.** Bisons, chevaux, bouquetins,
 figures humaines et signes énigmatiques
 y ont été peints ou gravés par les hommes du
 Magdalénien, il y a 15 000 ans. C'est l'histoire de cette
 grotte et des recherches qui y sont effectuées depuis plus
 d'un siècle que décrit ce livre richement illustré. Cerise
 sur le gâteau : il est accompagné d'un DVD du documentaire
Marsoulas, la grotte oubliée (réalisé par Marc Azéma, produit
 par Passé simple/CNRS Images, 26 min) qui, en suivant
 pas à pas le travail des chercheurs, offre une restitution des
 gestes et des techniques des artistes préhistoriques.



Visionnez
 un **extrait** de *Marsoulas,
 la grotte oubliée*
 sur le journal
 feuilletable en ligne
 > www2.cnrs.fr/journal

cnrs
 le journal

Rédaction : 1, place Aristide-Briand – 92195 Meudon Cedex
Téléphone : 01 45 07 53 75 **Télécopie** : 01 45 07 56 68 **Mél** : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr
Le journal en ligne : www2.cnrs.fr/journal/
CNRS (siège) 3, rue Michel-Ange – 75794 Paris Cedex 16

Directeur de la publication : Alain Fuchs **Directrice de la rédaction** : Brigitte Perucca
Directeur adjoint de la rédaction : Fabrice Impériali

Rédacteur en chef adjoint : Matthieu Ravaud **Chefs de rubrique** : Fabrice Demarthon, Charline Zeitoun **Rédacteur** : Grégory Fléchet
Assistante de la rédaction et fabrication : Laurence Winter **Ont participé à ce numéro** : Stéphanie Arc, Julien Bourdet, Jean-Philippe Braly,
 Laure Caillioce, Nicolas Constans, Sebastián Escalón, Mathieu Grousson, Xavier Müller, Philippe Testard-Vaillant

Secrétaire de rédaction : Isabelle Grandrieux **Conception graphique** : Céline Hein **Iconographes** : Delphine Meyssard, Christelle Pineau, Cecilia Vignuzzi
Couverture : Megasquib, Jscreationz, G. Pracros, Timurock, Novaya, AG Visuell, Lugers, S. Pepeliaev, P. Devanne - Fotolia.com ; Getty Images/Phil Ashley ;
 C. Frésillon/CNRS Photothèque **Photogravure** : Scoop Communication **Impression** : Groupe CirclePrinters – 6, route de la Ferté-sous-Jouarre –
 77440 Mary-sur-Marne AIP 0001309 **Dépôt légal** : à parution

Photos CNRS disponibles à : phototheque@cnrs-bellevue.fr ; <http://phototheque.cnrs.fr/>

La reproduction intégrale ou partielle des textes et des illustrations doit faire obligatoirement l'objet d'une demande auprès de la rédaction.





« Cette scène se déroule sur la petite île de Bagaud, dans la réserve du Parc national de Port-Cros, dans le Var. L'antenne que je

tiens à la main me permet de détecter les déplacements de treize rats noirs que j'ai équipés d'un collier émetteur très haute fréquence. Comme tous les rongeurs, le rat est une espèce nocturne. Son pic d'activité se situe à la tombée de la nuit. Cet été-là, j'ai donc vécu au rythme des rats noirs, surveillant leurs allées et venues entre 19 heures et 7 heures du matin. Le rat est omnivore et a une forte capacité d'adaptation, ce qui explique qu'il ait réussi à coloniser près de 80% des îles de la planète, à la suite de l'homme avec lequel il a voyagé. On pense que son arrivée à Bagaud date de l'époque romaine. Grâce à cette étude, réalisée dans le cadre du programme Aliens (2005-2009), j'ai découvert que le rat noir était beaucoup moins mobile qu'on le croyait. Il exploite les ressources qui sont sur le territoire de son groupe et ne parcourt guère plus de 200 mètres pour se nourrir. »

LISE RUFFINO, ALORS DOCTORANTE
À L'INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'ÉCOLOGIE
ET DE PALÉOÉCOLOGIE (UNITÉ CNRS/
UNIVERSITÉ PAUL-CÉZANNE/UNIVERSITÉ
DE PROVENCE/UNIVERSITÉ D'AVIGNON
ET DES PAYS DU VAUCLUSE/IRD).

+ WEB

Visionnez un extrait du film
Les Rats, pirates des îles et une sélection
de photos sur le journal feuilletable en ligne
> www2.cnrs.fr/journal



ECLAIRER

→ France 5 chaîne du développement durable et de l'écologie

