

Le  
journal  
du

# CNRS

N° 239 DÉCEMBRE 2009



# Climat

Les enjeux  
de Copenhague

cnrs

dépasser les frontières

IN SITU

**Serge Haroche**

Médaille d'or 2009 du CNRS  
Portrait d'un physicien d'exception



# Le Prix de la Recherche

UN COURS INTERNATIONAL FRANÇAIS DE L'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE

17<sup>e</sup> ÉDITION

En association avec



# PALMARÈS 2009



## RÉCOMPENSE LA MENTION Énergie

**RECHERCHE PRIMÉE :** - MATHÉMATIQUES ET ÉCOULEMENTS  
GÉOPHYSIQUES : PARAMÉTRISATIONS ET PETITES ÉCHELLES -

**attribuée à :** *Dieter Bresch, Benoît Desjardins, Emmanuel Dormy, David Gerard-Varet et Emmanuel Grenier*

**Structure de recherche :** Département de mathématiques et applications - Ecole Normale Supérieure de Paris - UMR 8553 CNRS.



## RÉCOMPENSE LA MENTION Prix du Ministère

**RECHERCHE PRIMÉE :** - COMMENT LES PLANTES  
ACQUIÈRENT-ELLES LEUR FORME ? -

**attribuée à :** *Arezki Boudaoud, Yves Couder, Olivier Hamant, Marcus Heiser, Henrik Jönsson, Pawel Krupinski et Elliot Meyerowitz*

**Structure de recherche :**  
Laboratoire Reproduction et Développement des Plantes  
- Ecole Normale Supérieure de Lyon - CNRS - INRA  
- Université de Lyon 1 - Université Denis Diderot



## RÉCOMPENSE LA MENTION Santé humaine

**RECHERCHE PRIMÉE :**  
- EXPOSITION ADROUÏLE AUX PESTICIDES ET DOMMATION  
MOLECULAIRE A LA LYMPHOMAGÈNESE

**attribuée à :** *Bertrand Nadel, Jean-Marc Navarro et Sandrine Roulland*

**Structure de recherche :**  
Centre d'Immunologie de Marseille-Luminy - INSERM U-631, UMR 6102 CNRS, Université Aix-Marseille 2



## RÉCOMPENSE LA MENTION Sciences de la communication et technologies de l'information

**RECHERCHE PRIMÉE :** - CONTRÔLE, RETARD, ET OSCILLATIONS -

**attribuée à :** *Thomas Erneux*

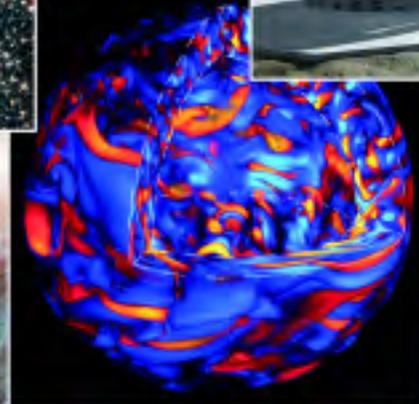
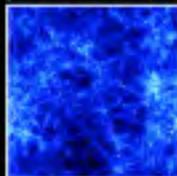
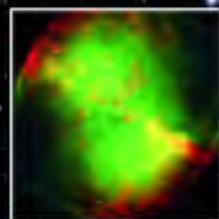
**Structure de recherche :**  
Université Libre de Bruxelles - Département Optique Non Linéaire Théorique.

Avec le soutien de nos partenaires associés :

**Le Point**



# Vous avez dit Univers ?

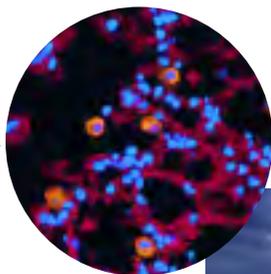


Venez découvrir des images exceptionnelles de l'Univers  
Couloir de la station de métro Montparnasse, Paris. Jusqu'au 15 janvier 2010



# sommaire

© L. Tailleux / Institut Pasteur



## Le journal du CNRS

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/presse/journal/  
**CNRS (siège)**  
3 rue Michel-Ange  
75794 Paris Cedex 16

**Directeur de la publication** :  
Arnold Migus  
**Directrice de la rédaction** :  
Marie-Hélène Beauvais  
**Directeur adjoint de la rédaction** :  
Fabrice Impériali

**Rédacteur en chef adjoint** :  
Matthieu Ravaut  
**Chefs de rubrique** :  
Fabrice Demarthon  
Charline Zeitoun

**Rédactrice** :  
Anne Loutrel  
**Assistante de la rédaction et fabrication** :  
Laurence Winter  
**Ont participé à ce numéro** :  
Stéphanie Arc  
Émilie Badin  
Kheira Bettayeb  
Jean-Philippe Braly  
Patricia Chairopoulos  
Christian Debraisne  
Sebastián Escalón  
Stéphan Julienne  
Marie Lescroart  
Pierre Mira  
Xavier Müller  
Vahé Ter Minassian  
Philippe Testard-Vaillant

**Secrétaire de rédaction** :  
Anne-Solweig Gremillet  
**Conception graphique** :  
Céline Hein  
**Iconographe** :  
Marie Gandois  
**Couverture** :  
Illustration : L. Le Saux pour  
Le journal du CNRS ;  
C. Lebedinsky/CNRS Photothèque  
**Photogravure** :  
Scoop Communication  
**Impression** :  
Imprimerie Didier Mary  
6 route de la Ferté-sous-Jouarre  
77440 Mary-sur-Marne  
ISSN 0994-7647  
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.

**VIE DES LABOS >**  
**Une arme naturelle contre la tuberculose,**  
**p. 12**



© A. Beneteau 2009/www.paleospot.com

**VIE DES LABOS >** Sur les pas des plus gros dinosaures, p. 8

**VIE DES LABOS P. 6**

**> REPORTAGE**

**La caverne aux particules**

**> ACTUALITÉS P. 8**

Les derniers résultats de la recherche

**> MISSION P. 12**

**Un air de grandes villes**

**INNOVATION P. 14**

**Le CNRS décolle avec l'A380**

**PAROLE D'EXPERT P. 16**

**La radio à l'heure du numérique**

Entretien avec Hervé Glevarec

**JEUNES CHERCHEURS P. 17**

**Une histoire de religion**

Portrait de Katell Berthelot

**L'ENQUÊTE P. 18**

## CLIMAT

### Les enjeux de Copenhague

Les coulisses d'un sommet attendu > 18

De Rio à Copenhague, la longue route des négociations > 22

La nécessaire adaptation au changement climatique > 23

**ZOOM P. 26**

**L'océan à dos d'éléphant**

**RENCONTRE AVEC P. 29**

**Réparatrice de neurones**

Portrait d'Afsaneh Gaillard

**IN SITU P. 30**

**Le dompteur de photons**

Portrait de Serge Haroche, Médaille d'or 2009 du CNRS

**HORIZON P. 36**

**Un retour prometteur**

Interview d'Olivier Pourquie

**GUIDE P. 38**

Le point sur les livres, les expos, les manifestations, les films, les conférences, les sites web...



© M. Castro/UN



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

**IN SITU >** Serge Haroche, le dompteur de photons p. 30



## DISPARITION DE CLAUDE LÉVI-STRAUSS

L'ethnologue et anthropologue Claude Lévi-Strauss est décédé dans la nuit du 31 octobre au 1<sup>er</sup> novembre à l'âge de 100 ans. Figure emblématique de ces deux disciplines, Médaille d'or du CNRS en 1967, il avait créé à Paris le Laboratoire d'anthropologie sociale, commun au CNRS, au Collège de France et à l'EHESS. Auteur de plus d'une vingtaine d'ouvrages dont les célèbres *Tristes tropiques*, Claude Lévi-Strauss était considéré comme le père de l'anthropologie moderne. Il avait fondé ses thèses à partir de missions ethnographiques menées en Amazonie dans les années 1930. Il y a tout juste un an, *Le journal du CNRS* lui rendait

hommage<sup>1</sup>. L'anthropologue Frédéric Keck disait alors : « *Son œuvre a fécondé les plus grands travaux en sciences humaines : ceux de Foucault, Deleuze, Bourdieu. Elle a eu*

*un rayonnement international éclatant, dont on a du mal à trouver l'équivalent dans la pensée française actuelle.* »

1. [www2.cnrs.fr/presse/journal/4105.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/journal/4105.htm)



© M. Gantier/GAMMA/Eyedea Presse

## → L'ÉVÈNEMENT

# Premières mises en œuvre du contrat d'objectifs 2009-2013 : du changement dans l'organisation du CNRS

Ces dernières semaines, des événements importants relatifs à l'organisation du CNRS se sont enchaînés. C'est tout d'abord le nouveau décret organique<sup>1</sup> de l'organisme qui a été publié au Journal officiel le 1<sup>er</sup> novembre pour rendre opérationnel le contrat d'objectifs 2009-2013 du CNRS signé avec l'État le 19 octobre dernier. Il entérine la réorganisation de l'organisme en dix Instituts. Autre changement important prévu par le décret : le président du centre, nommé après la fin du mandat de la gouvernance actuelle en janvier 2010, assurera la direction générale de l'établissement. Le futur président sera alors assisté d'un ou plusieurs directeurs généraux délégués. À la suite de la signature du décret, les Instituts ont été créés, avec deux nouveaux venus : l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) et l'Institut des sciences informatiques et de leurs interactions (INS2I). Dans la foulée, les directeurs des anciens départements scientifiques du CNRS ainsi que les deux chargés de mission pour la création des Instituts INSMI et INS2I ont été nommés directeurs par intérim<sup>2</sup> des nouveaux Instituts, les directeurs actuels des deux Instituts nationaux, l'INSU et l'IN2P3, poursuivant leur mission.

1. [www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000884328&fastPos=1&fastReqId=754203837&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000884328&fastPos=1&fastReqId=754203837&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte)

2. Institut de chimie (INC) : Gilberte Chambaud

Institut écologie et environnement (INEE) : Françoise Gaill

Institut de physique (INP) : Bertrand Girard

Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) : Michel Spiro

Institut des sciences biologiques (INSB) : Patrick Netter

Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) : Bruno Lauriou

Institut des sciences informatiques et de leurs interactions (INS2I) : Michel Habib

Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS) : Pierre Guillon

Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI) : Guy Métivier

Institut national des sciences de l'Univers (INSU) : Dominique Le Quéau

## → LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

### Lancement de la mission Smos

Le 2 novembre, le satellite européen Smos a été mis en orbite. Il est chargé de cartographier à la fois la salinité de la surface des océans et l'humidité des sols de l'ensemble de la planète. Menée par l'Agence spatiale européenne, en collaboration avec le Cnes et le Centre espagnol pour le développement technologique et industriel (CDTI), la mission a été imaginée par les chercheurs du Centre d'études spatiales de la biosphère (Cesbio)<sup>1</sup> qui

ont inventé l'instrument de Smos, un interféromètre qui relie 69 petites antennes sur trois bras télescopiques déployés en forme d'Y. Elles mesurent des micro-ondes, émises par la Terre, dont les caractéristiques dépendent de l'humidité du sol et de la salinité des océans.

➤ Plus d'infos : [www2.cnrs.fr/presse/communiquer/1706.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiquer/1706.htm)

1. Laboratoire CNRS / Université Paul-Sabatier / Cnes / IRD.

Le satellite Smos va analyser la salinité des océans et l'humidité des sols à l'aide de 69 petites antennes.



© ESA

## Un prix pour la vulgarisation

Jean-Luc Robert, ingénieur de recherche CNRS au laboratoire Astroparticule et cosmologie<sup>1</sup>, a reçu le prix « Goût de la science » du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche pour son livre *Oh, l'Univers !* publié chez Dunod. Coécrit avec Jacques Paul, chercheur du CEA, l'ouvrage invite le grand public à un voyage de la Terre aux confins du cosmos. Initié cette année, ce prix récompense des scientifiques qui partagent leur savoir avec le public.

1. Unité CNRS / CEA / Université Paris-VII / OBSPM.



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

### Serge Haroche

Enseignant-chercheur au  
Laboratoire Kastler Brossel  
(CNRS / ENS / Université Paris-VI)

Professeur titulaire de la chaire  
de physique quantique au Collège  
de France.

Médaille d'or du CNRS 2009

## Le CNRS plus nécessaire que jamais

Lorsque j'y suis entré en 1967, le CNRS était un organisme en pleine croissance, se développant sous la bienveillante influence des maîtres qu'étaient Alfred Kastler, Louis Néel, Jean Brossel, Pierre Jacquinot et Jacques Friedel. Prolongeant l'œuvre des pères fondateurs – Jean Perrin et Frédéric Joliot –, ils avaient pour idéal le développement d'une recherche libre et indépendante, motivée par la pure curiosité scientifique. Ils pensaient que pour cela, il fallait à la France un centre de recherche indépendant et centralisé, qui devait recruter et employer ses propres chercheurs.

Jusqu'au milieu du siècle dernier, l'université n'avait en effet pas su porter, dans des domaines essentiels comme la physique quantique, le pays au niveau auquel il pouvait aspirer. Les chaires universitaires étaient peu nombreuses et les nominations souvent influencées par un système mandarinal. En créant de nombreux postes à temps plein de chercheurs et en fondant les laboratoires associés (les futures « unités mixtes »), le CNRS a permis d'instaurer dans les universités des conditions propices à la recherche et de garantir le niveau de celle-ci par son système d'évaluation.

Dans les années 1970, l'université s'est ouverte à un flot massif d'étudiants, ce qui a rendu très lourdes les tâches d'enseignement et d'administration des professeurs. Ceux qui ont poursuivi au prix d'efforts héroïques une activité scientifique de haut niveau – et ils furent nombreux – étaient surchargés de travail. Grâce au CNRS, la France a pu alors conserver une recherche compétitive sur le plan international : les unités mixtes, avec leurs chercheurs

pouvant se consacrer aux laboratoires, ont réussi à maintenir une recherche universitaire dynamique. La création de l'Institut Universitaire de France (IUF) au début des années 1990 a d'autre part permis de décharger certains professeurs d'une part importante de leur enseignement.

Au cours de ma carrière, j'ai été témoin de l'évolution du CNRS et j'ai vu ma relation avec lui se transformer, sans que son importance

pour mon travail ne diminue. J'y suis entré comme attaché de recherche à 23 ans, au début de mon travail de thèse. La confiance de l'institution m'a rendu libre, dès le début, de me consacrer sans soucis et préoccupation matérielle au travail qui me passionnait. Si j'ai troqué, à

30 ans, mon poste de chercheur à temps plein pour un poste de professeur d'université, j'ai continué de profiter des liens étroits de mon laboratoire avec le CNRS, en accueillant des jeunes scientifiques exceptionnels. La continuité du soutien humain et matériel apporté par l'organisme à mon équipe au cours de toutes ces années nous a permis de développer un programme de recherche qui a conduit aux résultats que la médaille d'or vient de récompenser. Et maintenant, à l'heure où les universités françaises accèdent à l'autonomie dans un monde globalisé où la concurrence pour les meilleurs cerveaux s'étend à l'Europe et au-delà, quel doit être le rôle du CNRS ? Je pense qu'il est plus nécessaire que jamais. Il doit, par le maintien des laboratoires mixtes, contribuer à l'excellence de la recherche dans le tissu universitaire du pays. Il doit aussi assurer un flux régulier de postes pour des jeunes chercheurs d'avenir. Des formules souples de coopération entre les universités et le CNRS pour la création de postes d'enseignants-chercheurs bien rémunérés et pouvant consacrer, au moins au début, l'essentiel de leur temps à la recherche sont actuellement mises en place. Elles vont certainement dans le bon sens. Il faut également améliorer le sort des chercheurs confirmés dont beaucoup stagnent dans leur carrière à un niveau indigne de leur valeur. La création de passerelles entre le CNRS et les universités peut constituer une solution, tout comme une adaptation de l'IUF. Dans tous les cas, une collaboration harmonieuse entre le CNRS et les universités est impérieuse pour donner ses meilleures chances à la recherche, richesse essentielle de notre pays.



PHYSIQUE

## La caverne aux particules

Du neutrino à la matière noire en passant par l'environnement ou les grands vins, le Laboratoire souterrain de Modane (LSM)<sup>1</sup> accueille des expériences qui explorent les propriétés de l'infiniment petit. Visite de cet espace caché dans les entrailles de la Terre...

L'accès au laboratoire souterrain de Modane se fait par l'abri anti-incendie n°6, situé exactement au centre du tunnel, selon des procédures strictes.

Le nouveau bâtiment du LSM à Modane intègre un lieu d'exposition à destination du grand public.



© Photos : B. Rajau/CNRS Photothèque

**M**ettez ce gilet jaune. À mon signal, vous traversez d'un pas franc, sans courir mais sans traîner. » Au LSM, on ne badine pas avec la sécurité. Et pour cause : pour y accéder, il faut traverser la route à pied en plein milieu du tunnel de Fréjus, en évitant les véhicules qui empruntent le boyau de 13 kilomètres de long entre la France et l'Italie. « Les jours où la circulation est dense, il arrive qu'on doive attendre un certain temps avant de pouvoir accéder au labo », lance, dans le vrombissement des voitures, son directeur Fabrice Piquemal, également chercheur au Centre d'études nucléaires de Bordeaux Gradignan (CENBG)<sup>2</sup>. L'objectif : une lourde porte coupe-feu marquée du chiffre 6, de l'autre côté de la chaussée. « Le laboratoire se situe derrière le 6<sup>e</sup> abri anti-incendie du tunnel », explique Fabrice Piquemal. Après le passage dans l'abri proprement dit et une sorte d'antichambre, le visiteur découvre enfin le laboratoire souterrain : une grande caverne creusée à coups d'explosifs la montagne. En tout, 1800 mètres de roche s'élèvent au-dessus. Une chaleur étouffante y règne ; chaleur que le personnel n'a heureusement pas à subir à longueur de journée. Ici les expériences sont pilotées à distance et les bureaux sont situés en contrebas dans la vallée, dans un bâtiment qui vient tout juste d'être inauguré.



Nemo 3 est constitué de plus de 8000 détecteurs de particules répartis en 20 segments et protégés par une enceinte.



### SOUS TERRE, PAS DE PARASITE

Quelles sortes de recherches peuvent bien nécessiter de s'enterrer ainsi ? « Des rumeurs disent que nous menons des expériences secrètes, sourit Fabrice Piquemal. En fait, nous sommes enterrés... pour observer l'Univers. » Du moins certains de ses constituants les plus élémentaires. Le laboratoire accueille en effet plusieurs expériences internationales de physique des particules. Ici, les chercheurs veulent étudier les neutrinos – particules réputées insaisissables – pour déterminer certaines de leurs propriétés physiques. En particulier pour savoir s'ils sont leurs propres antiparticules<sup>3</sup>, comme l'a suggéré Ettore Majorana, physicien de génie disparu dans de mystérieuses circonstances à la fin des années 1930, ou encore pour calculer leur masse. Ils traquent aussi les Wimps<sup>4</sup>, des particules massives prédites par certaines théories, qui composeraient la fameuse matière noire, une forme de matière invisible mais dont un quart de l'Univers serait constitué. Et pour avoir la chance de détecter ces infimes objets, il faut le moins de parasites possible, donc se cacher des rayons cosmiques qui arrosent la planète. Pour cela, rien de tel qu'une montagne. « Des 8 à 10 millions de particules cosmiques par mètre carré et par jour qui atteignent la surface de la Terre, seules 4 par mètre carré et par jour parviennent jusqu'au laboratoire ! », précise Fabrice Piquemal. Les instruments les plus sensibles sont donc installés dans la caverne, sans risque de brouillage.

## DES INSTRUMENTS GÉANTS

L'un d'eux y tient une bonne place. Avec ses 5 mètres de hauteur et ses 4 mètres de diamètre, Nemo 3<sup>5</sup> est un mastodonte. Son blindage est composé de plus de 200 tonnes de plomb, d'eau et de bois. À l'intérieur, des instruments de mesure attendent que des noyaux de molybdène 100 émettent deux électrons d'une énergie bien précise. « Ces deux électrons seraient le signe d'un des phénomènes les plus rares qui existent dans l'Univers : une forme de radioactivité appelée double désintégration bêta sans neutrino », souligne Fabrice Piquemal. Cette double désintégration bêta sans neutrino, si elle existe, serait la preuve expérimentale que le neutrino est en fait sa propre antiparticule. Par ailleurs, sa période<sup>6</sup>, qui excéderait des milliers de milliards de milliards d'années, peut renseigner sur la masse du neutrino. Évidemment, les chercheurs ne vont pas observer un noyau de molybdène 100 et attendre des milliards de milliards d'années qu'il se transforme par radioactivité double bêta. « Pour réduire le temps, il faut un très grand nombre de noyaux, donc une importante quantité de molybdène 100 », précise Fabrice Piquemal. Le LSM en détient 7 kilos, enrichi à 99,9 % (il n'est enrichi qu'à 10 % dans la nature). Il y a aussi dans ce détecteur d'autres sources radioactives double bêta – très rares – comme le sélénium 82, le tellure 130... « Nous possédons 8 grammes de calcium 48, indique le chercheur. C'est la moitié du stock mondial ! » Les résultats finaux de Nemo 3 devraient être connus l'année prochaine.

Derrière le géant se cache un autre instrument, Edelweiss 2<sup>7</sup>, un piège à particules de matière noire. Bien moins gros que Nemo 3, il est enfermé dans une pièce qui surplombe un impressionnant dispositif de réfrigération. Car pour avoir une chance de capter les Wimps – particules susceptibles de constituer la matière noire – le détecteur constitué d'une trentaine de bolomètres<sup>8</sup> en germanium, doit être refroidi à  $-273,13$  °C soit presque jusqu'au zéro absolu. C'est l'infime élévation de température provoquée par l'éventuel choc entre une Wimp et le germanium que les chercheurs espèrent. Résultats attendus dans quelques mois.

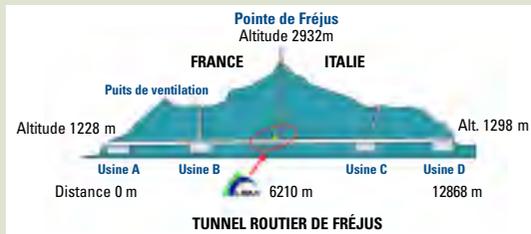
Les détecteurs au germanium sont d'ailleurs une spécialité du LSM. Pia Loaiza, physicienne attirée du laboratoire, dirige leur développement, en partenariat avec la société Canberra, le CENBG et le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE)<sup>9</sup>. « Nous mettons au point des spectromètres gamma dits "bas bruit de fond" qui permettent de mesurer de très faibles doses de radioactivité », explique-t-elle. Mesures effectuées dans bien d'autres domaines que la physique fondamentale. Ainsi, le LSM a étendu ses activités et loue ses services pour des recherches en environnement, en contrôle sanitaire, ou encore dans le nucléaire. « Nous hébergeons plusieurs spectromètres du Département analyse, surveillance et environnement (Dase) du CEA, du LSCE, et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) », précise Fabrice Piquemal. Le laboratoire participe même à des expertises pour le compte de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes. Par exemple, une technique inventée par l'ancien direc-

## UN PEU D'HISTOIRE

L'idée de construire un laboratoire sous les Alpes est née à la fin des années 1970, lorsque la décision a été prise de percer un tunnel entre Modane, en France, et Bardonecchia, en Italie. À l'époque, un groupe de physiciens français et allemands cherche à s'affranchir du rayonnement cosmique afin de déterminer certaines propriétés du proton. C'est l'expérience "tau\_P", qui sera menée jusqu'en 1988.

Viendront ensuite Nemo 1 et 2 et Edelweiss 1. De 3 membres permanents à son ouverture, le Laboratoire souterrain de Modane est passé à 10 membres aujourd'hui.

F.D.



DR

teur du LSM et membre du CENBG, Philippe Hubert, basée sur la mesure du césium 137, permet de dater les millésimes de vin sans ouvrir les bouteilles. Nemo 3, Edelweiss, les spectromètres et bien d'autres encore. Les machines sous la montagne requièrent évidemment des soins quotidiens. Les équipes scientifiques qui les utilisent étant dispersées partout en France et dans le monde, 5 techniciens du LSM aident au montage et à la maintenance. « Les expériences tournent 24 heures sur 24, explique l'un d'eux, Jean-Lou Margueron. Nous sommes donc d'astreinte chacun notre tour et pendant une semaine, jour et nuit même le week-end, pour pouvoir intervenir rapidement en cas d'incident. » Michel Zampaolo, directeur technique et administratif du LSM, tient d'ailleurs à souligner « l'extrême compétence » de ces techniciens qui, pour la plupart, se sont formés « sur le tas » à l'instrumentation scientifique.

Des compétences qui pourront également être mises à profit dans le futur pour le démontage progressif des expériences. Car, à terme, la caverne sera vidée au profit d'une extension du laboratoire dont l'accès se fera par la galerie de sécurité parallèle au tunnel qui est en cours de construction. Baptisée Ulisse, elle sera 10 à 20 fois plus grande que la cavité actuelle et pourra accueillir de nouvelles expériences comme SuperNemo, le descendant de Nemo 3. « La décision de réaliser cette extension doit être prise avant la fin de l'année 2011, lorsque les deux tunneliers qui creusent la galerie de sécurité vont se rejoindre, conclut Fabrice Piquemal. Le nouveau laboratoire pourrait alors être opérationnel dès 2013. »

Fabrice Demarthon

1. Laboratoire CNRS / CEA.
2. Laboratoire CNRS / Université Bordeaux-I.
3. Les antiparticules forment l'antimatière, l'opposée de la matière.
4. *Weakly interacting massive particle* (particule massive interagissant faiblement).
5. L'expérience Nemo est une collaboration impliquant 10 pays.
6. La période d'un élément radioactif est le temps nécessaire pour que la moitié d'une quantité donnée perde sa radioactivité.
7. L'expérience Edelweiss est une collaboration entre la France, l'Allemagne et la Russie.
8. Un bolomètre détecte et mesure un rayonnement par la chaleur que celui-ci induit. Ceux d'Edelweiss mesurent aussi la charge.
9. Unité CNRS / CEA / Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.

Le LSM dispose de spectromètres gamma au germanium afin de mesurer les très faibles doses de radioactivité.



Les échantillons à analyser sont disposés sur les détecteurs au germanium dans des cuves blindées au cuivre et au plomb.

Les chercheurs utilisent un très vieux plomb romain du V<sup>e</sup> siècle, qui a ainsi perdu sa radioactivité naturelle.



## CONTACTS

Laboratoire souterrain de Modane

→ Fabrice Piquemal  
piquemal@cenbg.in2p3.fr

→ Michel Zampaolo  
michel.zampaolo@ism.in2p3.fr

→ Pia Loaiza  
pia.loaiza@ism.in2p3.fr

**PALÉONTOLOGIE**

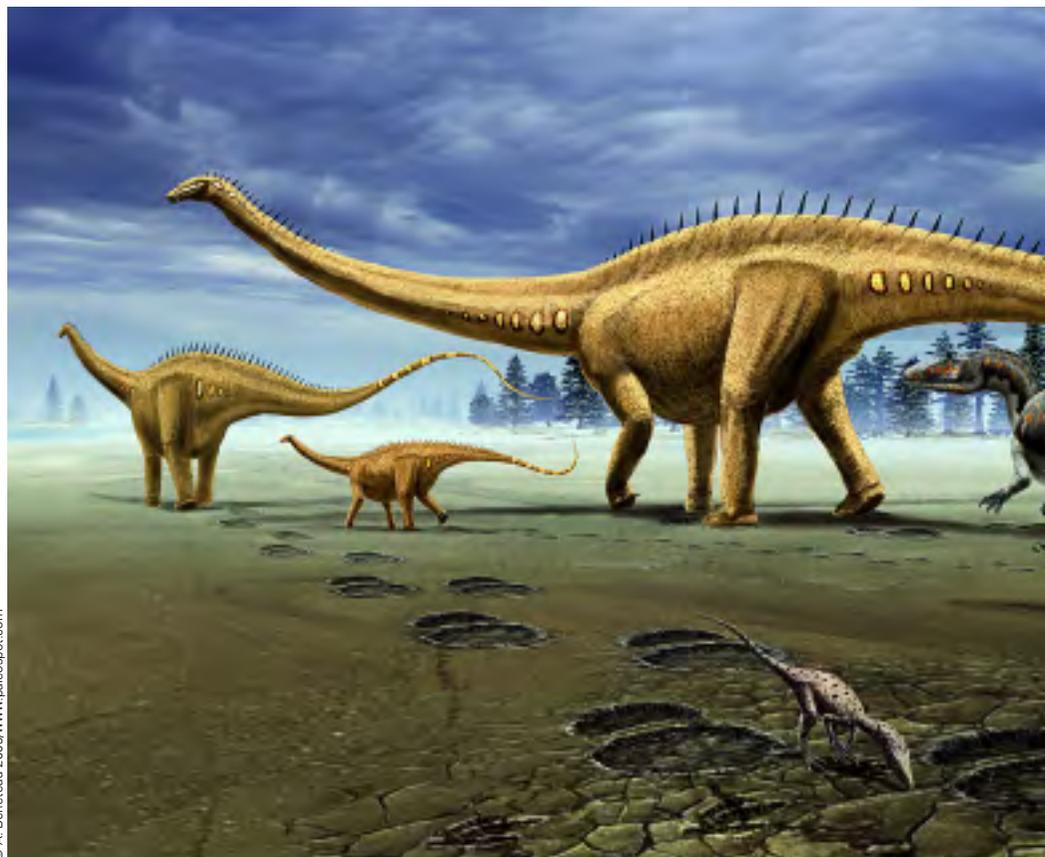
# Sur les pas des plus gros dinosaures

Vue d'artiste de sauropodes (en jaune), gigantesques dinosaures dont on a découvert des traces de pas à Plagne.

Début octobre, le CNRS annonce la découverte<sup>1</sup>, près de Lyon, des plus grandes empreintes de dinosaures au monde. Partout sur la planète, l'évènement fait la une des médias. Aujourd'hui, les chercheurs nous exposent la suite du programme scientifique.

**C**es empreintes ont été laissées par des animaux qui sont parmi les plus gros à avoir foulé le sol de notre planète ! », s'enflamme Jean-Michel Mazin, du laboratoire Paléoenvironnements et paléobiosphère<sup>2</sup>. Ce paléontologue a récemment réalisé avec Pierre Hantzpergue, son collègue géologue, une expertise des vastes dépressions ovales de 1,50 mètre de long découvertes à Plagne, dans l'Ain, en avril dernier. (*Lire l'encadré.*) Résultat : elles sont caractéristiques des sauropodes, gigantesques herbivores au long cou et aux pattes de forme éléphantesque, proches des diplodocus, et qui ont vécu il y a environ 150 millions d'années. Et maintenant que la folie médiatique mondiale autour de la découverte s'est calmée, les experts veulent revenir sur son potentiel scientifique. « Certes ces empreintes sont les plus grandes connues à ce jour. Le précédent record était de 1,20 mètre, rappelle Jean-Michel Mazin. Mais ce qui nous intéresse maintenant, c'est la mine d'informations qu'elles devraient nous apporter sur les animaux qui les ont laissées », insiste-t-il. « Car on va pouvoir comprendre comment ils marchaient ! » Une entreprise qui n'avait rien d'une sinécure vu leur poids. Selon les ossements de sauropodes connus, les traces correspondent en effet à des dinosaures de plus de 25 mètres de long et de plus de 40 tonnes ! Les limites à partir desquelles un être vivant s'écraserait sous son propre poids ne sont plus qu'à une dizaine ou une vingtaine de tonnes de ces chiffres.

Pour reconstituer quelques minutes de la vie d'un géant de 40 tonnes à partir de ces traces – pour l'instant au nombre d'une vingtaine – les chercheurs de Paléoenvironnements et paléobiosphère souhaitent s'allier avec des biophysiciens. Leurs outils ? Des équations de biomécanique typiques de la marche des quadrupèdes, modèles déjà éprouvés pour des dinosaures moins imposants de cette famille. En injectant dans ces équations les distances mesurées entre les empreintes, les chercheurs pourront déduire la vitesse de progression de l'animal – sans doute pas plus de 4 km/h – ainsi que ses vitesses d'ac-



© A. Beneteau 2009/www.paleospot.com

céleration et de décélération. Tandis qu'à partir de l'angle entre les traces laissées par les pieds droits et gauches, ils définiront la manœuvrabilité du dinosaure, probablement très réduite : « Il devait sans doute s'arrêter pour arriver à tourner, commente Jean-Michel Mazin. Certainement incapable de courir, il piétinait presque et gardait toujours trois pattes au sol : en lever une seule relevait déjà de l'exploit ! »

Que faisaient ces dinosaures dans ce secteur recouvert par la mer pendant des millions d'années durant le Jurassique ? « Nous savons qu'à la fin du Jurassique, cette région a connu de fréquentes émergences », explique Pierre Hantzpergue. Nos dinosaures, qui se trouvaient 300 kilomètres plus au nord, ont donc sans doute profité d'une baisse du niveau de la mer pour s'aventurer plus au sud. Et des îlots de végétation, dispersés ça et là sur cette vaste plaine boueuse, ont probablement fourni les ressources alimentaires nécessaires à ce périple. « Mais pour en savoir plus, il reste à reconstituer le cadre de vie de ces sauropodes, notamment à l'aide de fossiles d'autres animaux que nous espérons trouver », poursuit le géologue. Comment les empreintes ont-elles été conservées jusqu'à aujourd'hui ? Imprimées dans une boue carbonatée, préservées du passage d'autres animaux et de la pluie à la faveur des éléments,

elles ont probablement séchées rapidement au soleil. « Elles ont ensuite été recouvertes par plusieurs centaines de mètres de sédiments eux-même dégagés plus tard par l'érosion qui accompagne la formation des reliefs du Jura », explique Pierre Hantzpergue. Et puis, un chemin utilisé de nos jours pour transporter le bois a ensuite favorisé le décapage superficiel de la terre, mettant ainsi presqu'à nu les empreintes découvertes. Mais la piste n'a pas encore révélé tous ses secrets. Des sondages démasquent d'autres traces, à des centaines de mètres de là, encore cachées par 10 à 50 centimètres de terre et de végétation. Pour les découvrir, il faudra décaper une prairie de plusieurs hectares ! Il faudra aussi effectuer un relevé au laser des traces, des photos aériennes, la cartographie des environs, etc. Bref, l'équivalent de 3 ou 4 ans de travail pour une équipe d'une trentaine de personnes que les chercheurs espèrent recruter. Reste à réunir les fonds nécessaires, notamment auprès des collectivités publiques de la région, pour poursuivre cette extraordinaire campagne de fouille sur les traces des sauropodes.

**Charline Zeitoun**

1. Lire le communiqué de presse en ligne [www2.cnrs.fr/presse/communiquel691.htm](http://www2.cnrs.fr/presse/communiquel691.htm)  
2. Unité CNRS / Université Lyon-1.

## DES TRACES À LA LOUPE

Quand Marie-Hélène Marcaud et Patrice Landry, deux passionnés de nature de la Société des naturalistes d'Oyonnax (SDNO), tombent sur ces étonnantes traces ovales, ils appellent aussitôt Pierre Hantzpergue et Jean-Michel Mazin. Ce dernier observe leur taille hors du commun et la présence d'un bourrelet de sédiments calcaire à l'avant. « *Il s'agit d'un bourrelet d'expulsion créé quand la patte s'enfoncé dans la boue* », explique le paléontologue. Il reconnaît également le cycle de locomotion d'un quadrupède, avec alternance d'empreintes de pattes avant (mains) et de pattes arrière (pieds). « *Dans le cas présent, l'animal pose partiellement son pied sur l'empreinte laissée par sa main, la recouvrant en partie. Celle-ci n'apparaît donc que comme un fin croissant à l'avant de l'empreinte de pied.* » De son côté, Pierre Hantzpergue réalise la datation par biostratigraphie. « *Cela consiste à étudier les différentes strates, empilées sous les empreintes, afin d'analyser les fossiles qu'elles contiennent, notamment des ammonites* », explique le géologue. Celles-ci ont connu une évolution très rapide de leur morphologie dans le temps. Cela permet donc de déduire un âge relatif des couches d'où elles proviennent, époque que l'on peut apprécier à 150 000 ans près. Une précision largement suffisante pour des traces de dinosaures remontant finalement à plus de 150 millions d'années.

C.Z.



Autour d'une empreinte, et de g. à dr. : Patrice Landry et Marie-Hélène Marcaud, les découvreurs, Jean-Michel Mazin et Pierre Hantzpergue, les experts.



### → À voir

Le site à empreintes de dinosaures de Plagne (2009, 7 min) de Marie Chevais, produit par CNRS Images : <http://www.cnrs.fr/science-direct/video/video.html#haut>

Des dinos sous les vignes (2009, 17 min) de Claude Delhaye, produit par CNRS Images  
Contact : Véronique Goret, CNRS Images – vidéothèque (ventes) –  
Tél. : 01 45 07 59 69 [videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr](mailto:videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr)

### CONTACTS

Paléoenvironnements et paléobiosphère, Lyon

→ Jean-Michel Mazin  
[jean-michel.mazin@univ-lyon1.fr](mailto:jean-michel.mazin@univ-lyon1.fr)

→ Pierre Hantzpergue  
[pierre.hantzpergue@univ-lyon1.fr](mailto:pierre.hantzpergue@univ-lyon1.fr)

## INTERNET

# Les mots du web en équation

**D**u désordre peut naître l'ordre. Ce principe, souvent constaté dans la nature, s'applique aussi aux comportements des internautes sur la Toile. C'est ce que viennent de découvrir des physiciens du Centre de physique théorique, à Marseille<sup>1</sup>, en collaboration avec des équipes italiennes. Les chercheurs se sont penchés sur certains sites internet<sup>2</sup> où les utilisateurs annotent par des mots-clés, couramment appelés *tags*, – le contenu de pages web. Peu à peu, ces mots-clés constituent une gigantesque base de données qui permet de faire des recherches très précises sur l'ensemble des sites annotés. En étudiant de près la structure de cette base de données, construite sans concertation des internautes entre eux, les scientifiques se sont rendus compte qu'elle était loin d'être anarchique. « *Preuve en est la taille du dictionnaire de mots-clés utilisés par la communauté*, note Alain Barrat. *Celui-ci grandit de manière régulière, en suivant une équation bien précise.* »

L'étape suivante pour les chercheurs a été de retrouver mathématiquement pourquoi ils observaient une telle propriété. « *Chaque individu est complexe*, explique Alain Barrat. *Mais l'action cumulée et non coordonnée de plusieurs millions d'entre eux va faire émerger des comportements qu'on peut modéliser par des concepts mathématiques simples.* » Ainsi, nos physiciens ont montré que la structure de la base de données pouvait être reconstruite à partir d'une succession de marches aléatoires, un concept courant en physique statistique qui décrit différentes trajectoires obtenues par une série de déplacements dans des directions choisies au hasard.

Pour les chercheurs, une seule explication. Selon eux, il existerait un réseau sémantique sous-jacent qui relierait entre eux les mots-clés et dans lequel les internautes « marcheraient » au hasard. « *C'est une idée qui existe depuis longtemps en linguistique*, explique Alain Barrat. *Sans en avoir conscience, chaque internaute associerait au mot-clé principal – évident – d'une page web un autre mot-clé bien à lui.* » À l'annotation "fleur" pour une page de botanique par exemple, l'un va associer le mot "rose", l'autre le mot "pétale", etc. « *Répété par l'ensemble des utilisateurs, ce mécanisme permet d'expliquer nos observations* », ajoute le chercheur.

Un résultat théorique qui pourrait un jour déboucher sur des applications bien concrètes. Notamment la lutte contre le *spamdexing* ou référencement abusif. Certains *spameurs* n'hésitent pas, en effet, à infiltrer les sites en question en ajoutant une longue liste de mots-clés sans rapport avec la page mais qui renvoient discrètement vers des sites commerciaux. « *C'est un comportement qui va contre les règles établies par la communauté d'internautes*, commente Alain Barrat. *Si on parvient à bien modéliser le fonctionnement normal de ce réseau d'utilisateurs, alors tout phénomène bizarre qui s'en écartera sera rejeté.* » Les pollueurs n'ont qu'à bien se tenir.

Pierre Mira

1. Résultat paru dans PNAS du 30 juin 2009.

2. Comme par exemple le site [www.delicious.com](http://www.delicious.com)

### CONTACT

→ Alain Barrat  
Centre de physique théorique, Marseille  
[alain.barrat@cpt.univ-mrs.fr](mailto:alain.barrat@cpt.univ-mrs.fr)

Modèle 3D du squelette du lézard africain *Holaspis guentheri* réalisé grâce au synchrotron de l'ESRF de Grenoble.

© Illustrations : R. Boistel

## ÉVOLUTION

# Ça plane pour le lézard

**P**as d'écailles en forme de volets, pas de larges membranes à offrir en résistance à l'air. Et pourtant il plane ! Comment, sans ces attributs morphologiques dont jouissent certains de ses cousins volants, le petit lézard africain *Holaspis guentheri* fait-il pour ralentir sa chute ? Une collaboration européenne vient de percer ce mystère. « *Tout d'abord, une équipe de l'université d'Anvers a analysé les performances du lézard africain car elles n'avaient été mentionnées que brièvement dans des publications à la fin des années 1950* », explique Renaud Boistel, du laboratoire « Mécanis-

mes adaptatifs : des organismes aux communautés »<sup>1</sup>. Résultat de l'expérience belge : s'élançant d'une hauteur de 2 mètres, notre lézard réduit en effet sa vitesse de descente et parcourt une distance de 80 centimètres. Une sorte d'effet parachute lui permet ainsi d'infléchir sa trajectoire au lieu de tomber à la quasi-verticale comme une pierre. Le lézard des murailles, spécimen bien connu de nos contrées et lui aussi dépourvu de tout aileron, parvient également à le faire mais ne parcourt, lui, que 50 centimètres. « *Le lézard africain aplatit fortement son corps, il offre donc une surface por-*

**De si fines côtes et de nombreux trous repartis partout, dont un grand dans le crâne, montrent que le squelette de Holaspis est particulièrement léger.**

*tante plus grande. Mais cela ne suffit pas à expliquer sa performance par rapport au lézard des murailles* », reprend le chercheur français, appelé à la rescousse dans cette étude. Sa mission : chercher l'explication à l'intérieur du lézard, ou plutôt dans son squelette, fortement soupçonné d'une légèreté hors norme. Grâce à la technologie synchrotron de l'ESRF<sup>2</sup> de Grenoble, il réalise donc des images en rayons X de différents types de lézards et en particulier des deux espèces citées plus haut. Dans la multitude de vues en coupe obtenues, il distingue tissus mous et tissus osseux avant de les

assembler en un modèle 3D du squelette complet. L'analyse morphométrique (mesure de longueurs, de volumes, etc.) est en cours. Quoiqu'il en soit, chez *Holaspis*, la finesse des os et les nombreux forams (trous), notamment dans le crâne, ne laissent d'ores et déjà aucun doute : « *Si on ramène les deux lézards à des dimensions identiques, donc à des surfaces portantes identiques, Holaspis présente clairement un poids plus faible que le lézard des murailles* », conclut Renaud Boistel. Ces résultats, publiés en septembre dans *The Journal of Experimental Biology*, livrent donc la clé d'une vieille énigme. Ils apportent aussi des données nouvelles pour la connaissance de ces espèces, notamment pour l'étude de leur évolution.

**Charline Zeitoun**

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

2. European Synchrotron Radiation Facility.

## CONTACT

→ Renaud Boistel

Mécanismes adaptatifs : des organismes aux communautés, Paris boistel@mnhn.fr

## MODÉLISATION

# Une simulation en béton

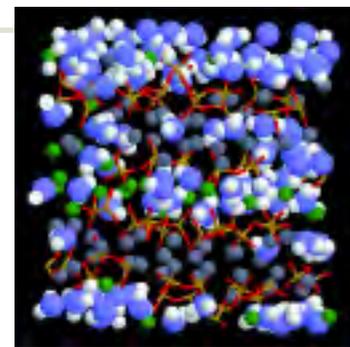
**L**a matière la plus fabriquée par l'homme se met enfin à nu. On savait que le ciment, une fois mélangé à l'eau et solidifié, n'était ni ordonné comme un cristal ni déstructuré comme le verre, mais organisé en « grains » de quelques nanomètres de diamètre. En revanche, la structure exacte des grains résistait aux investigations des chercheurs. Grâce à une simulation numérique inédite, une équipe internationale associant des chercheurs du Centre interdisciplinaire de nanoscience de Marseille (Cinam)<sup>1</sup> et de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) vient de lever le mystère : chaque grain est un empilement de feuil-

lets à l'intérieur desquels les atomes sont disposés de manière désordonnée. C'est ce mélange d'ordre et de désordre qui confère sa solidité au matériau.

Les chercheurs ont procédé de proche en proche pour aboutir à cette structure microscopique. Ils sont partis de la structure atomique de la tobermorite, un minéral naturel de composition relativement similaire à celle du ciment solidifié (oxyde de calcium, silice et molécules d'eau), mais possédant, lui, un ordre cristallin. Ils ont ensuite manipulé cette structure en introduisant des lacunes (des trous dans l'agencement atomique) et en simulant l'impact de la prise d'eau, c'est-à-dire le durcis-

sement du ciment après l'ajout d'eau, sur son architecture atomique. Et ce jusqu'à obtenir une structure crédible pour le ciment, qui est en fait en conformité avec les données expérimentales connues (obtenues par diffraction aux rayons X, spectroscopie infrarouge, tests de dureté...). À chaque étape, le nouvel état de la structure était déterminé par une simulation numérique, véritable clé de voûte du travail.

Premier modèle numérique précis du ciment, la simulation développée par les chercheurs est le point de départ de futures améliorations des propriétés du ciment. Par exemple, « *nous regardons actuellement s'il y a moyen, en intégrant des atomes d'aluminium ou d'autres éléments, d'augmenter la résistance du ciment ou à l'inverse, dans le contexte du stockage*



© R. Pellenq

**Les grains de ciment solidifié sont un mille-feuille de couches de molécules d'eau (en bleu et blanc), d'ions calcium (en gris et vert) et d'atomes de silicium et d'oxygène (en rouge et orange).**

*sous-terrain des déchets nucléaires, si la présence d'un élément tel le chlore affaiblirait les propriétés mécaniques des fûts de stockage en béton, mélange de granulats et de ciment* », décrit Roland Pellenq du Cinam. Le béton « vert » est également l'enjeu de ces

## NEUROBIOLOGIE

# Dormir pour mieux se souvenir

Si la nuit porte conseil, elle nous permet aussi de mémoriser des informations importantes acquises durant la journée. Des travaux récents apportent un éclairage étonnant sur ce processus.

**V**oici un beau rat qui dort paisiblement. Chut... ne le réveillons pas : en ce moment, il apprend à se repérer dans le labyrinthe que les chercheurs ont conçu pour lui. Penchons-nous plutôt sur les processus neurophysiologiques en cours dans son cerveau en compagnie de l'équipe « Mémoire et navigation spatiale » du Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action (LPPA)<sup>1</sup>. Celle-ci a publié deux articles dans *Nature Neuroscience*, mis en ligne les 31 mai et 13 septembre, qui aident à mieux comprendre les mécanismes de la mémorisation durant le sommeil.

D'après l'hypothèse la plus acceptée, pendant le sommeil, il s'établit entre deux structures du cerveau, l'hippocampe et le cortex, un dialogue qui permet la mémorisation à long terme des informations dans le cortex. Cependant, ce dialogue n'avait jamais été véritablement démontré. Pour y parvenir, les chercheurs ont implanté dans le cerveau de rats des électrodes permettant d'observer l'activité des neurones. Les rongeurs, placés dans un labyrinthe ont alors dû apprendre une tâche spécifique, par exemple, tourner

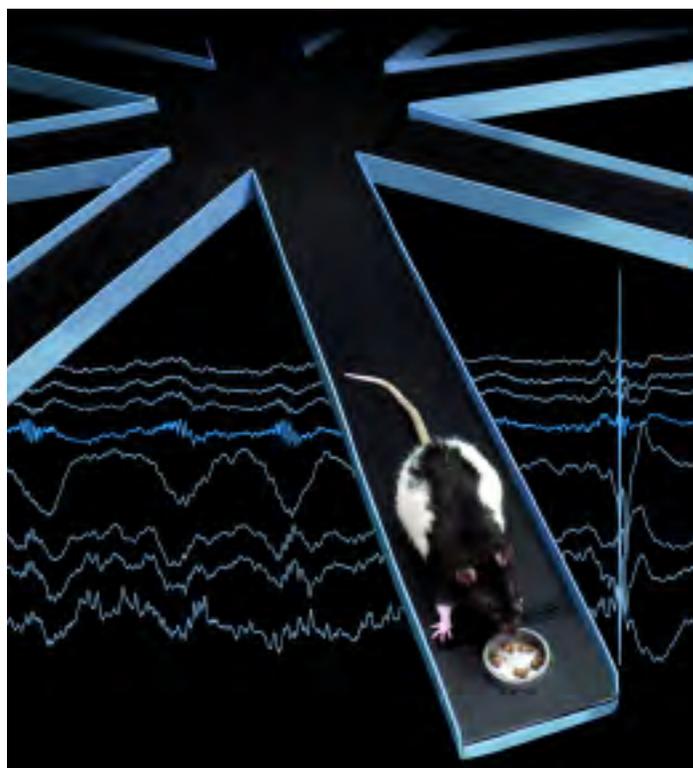
à droite à chaque intersection. Une fois le jeu compris, ils ont été autorisés à dormir.

Les chercheurs ont alors pu comparer l'activité des neurones pendant la veille comme le sommeil. « *Lorsque le rat effectue sa tâche, il se forme des assemblées de neurones qui s'activent simultanément dans le cortex et l'hippocampe. Puis, pendant le sommeil, on observe que les mêmes schémas d'activité se reproduisent* », explique Adrien Peyrache, chercheur au LPPA. Autrement dit, le rat rêve du labyrinthe : le cortex et l'hippocampe rejouent de concert les événements que le rat vient de vivre. Ce qui permettrait l'assimilation de nouvelles connaissances.

Mais il y a plus : « *Nous nous sommes aperçus que l'activité neuronale durant le sommeil correspond à celle des moments où, lorsqu'il était éveillé, le rat avait compris sa tâche. C'est-à-dire que le cerveau ne rejoue que les épisodes où le comportement du rat a été le plus efficace !* » Et c'est ainsi qu'il retient prioritairement ce qui lui sera utile.

L'autre volet de ces recherches concerne le rôle de l'hippocampe dans ce dialogue avec le cortex. Le jeu observé entre le cortex et l'hippocampe a lieu spécifiquement lorsque ce dernier émet des oscillations électriques très rapides appelées *ripples*. « *L'hypothèse la plus répandue postule que les ripples permettent la consolidation de la mémoire pendant le sommeil, probablement en établissant des transferts d'informations vers le cortex* », explique Gabrielle Girardeau, neurobiologiste du LPPA. C'est cette hypothèse que les chercheurs ont voulu tester.

Pour cela, ils ont placé les rats dans une enceinte en forme d'étoile à huit branches. Au bout de trois de ces branches, toujours les mêmes, une friandise. Les rats ont alors été invités à explorer l'étoile pour trouver la récompense, puis on les a laissés s'endormir.



© G. Girardeau

**Après une bonne période de sommeil, ce rat se souviendra peut-être de la branche de l'étoile où se trouve la nourriture.**

Pendant leur sommeil, les chercheurs ont envoyé à l'aide d'électrodes, de très faibles pulsations électriques vers leur hippocampe. Celles-ci ne réveillaient même pas le rongeur et ne perturbaient pas les autres parties du cerveau. En revanche, elles bloquaient spécifiquement les *ripples*. Résultat ? Durant les 15 jours d'expérience, ces rats ont montré des difficultés pour mémoriser les branches primées de l'étoile, contrairement aux rats témoins, très performants à ce jeu. Les *ripples* jouent donc bien un rôle fondamental dans la consolidation de la mémoire, probablement en faisant passer les informations vers le cortex. Voilà de quoi changer notre vision du sommeil... Une petite sieste pour assimiler tout ça ?

**Sebastián Escalón**

1. Unité CNRS / Collège de France.
2. Littéralement *ripple* signifie oscillation.

recherches. Augmenter la résistance du béton, c'est réduire le volume nécessaire de matériau pour construire un bâtiment. La cimenterie produisant à elle seule 5 % à 10 % des émissions de CO<sub>2</sub> industrielle, la lutte contre le réchauffement climatique passe donc par une amélioration de la tenue du ciment. C'est l'un des buts à long terme que se sont fixés les chercheurs.

**Xavier Müller**

1. Laboratoire CNRS / Universités Aix-Marseille-II et -III.

## CONTACT

→ **Roland Pellenq**  
Centre interdisciplinaire de nanoscience de Marseille  
pellenq@cinam.univ-mrs.fr

## CONTACTS

Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action, Paris

→ **Gabrielle Girardeau**  
gabrielle.girardeau@college-de-france.fr

→ **Adrien Peyrache**  
adrien.peyrache@college-de-france.fr

## MÉDECINE

## Une arme naturelle contre la tuberculose

**C**haque année, la tuberculose tue plus de 1,5 million de personnes, ce qui en fait l'une des grandes causes de mortalité dans le monde. Paradoxalement, notre organisme n'est pas démuné face au bacille de Koch, responsable de cette maladie. Parmi les 2 milliards d'êtres humains ayant été infectés par celui-ci à un moment de leur vie, seuls entre 5 et 10 % ont développé la maladie. Voilà pourquoi une équipe internationale menée par des chercheurs de l'Institut de pharmacologie et de biologie structurale (IPBS) de Toulouse s'est intéressée au fonctionnement de nos défenses immunitaires lors de leur rencontre avec le bacille. Grâce à ces travaux, publiés dans *The Journal of Experimental Medicine* le 28 septembre dernier, on en sait un peu plus sur les mécanismes qui permettent à notre organisme de reconnaître et combattre la bactérie.

« Nous avons montré que les cellules immunitaires que l'on trouve dans le poumon présentent un récepteur, appelé DC-SIGN, capable de reconnaître un sucre de la paroi de la bactérie de la tuberculose », explique Olivier Neyrolles, chercheur CNRS à l'IPBS. Les scientifiques ont donc créé une lignée de souris dépourvues du récepteur DC-SIGN. Résultat : face à une infection, leur réaction immunitaire s'est effectivement révélée très perturbée et inefficace. À noter que DC-SIGN fait aussi partie de l'arsenal immunitaire des humains. À l'inverse, les chercheurs ont montré, toujours chez la souris, que lorsque ce récepteur reconnaît la bactérie, il provoque une puissante réaction immunitaire qui débouche sur la production de cytokines, protéines

clés dans la lutte contre les infections.

« Les cytokines déclenchent une réaction inflammatoire dans les poumons. Elles facilitent aussi l'arrivée des lymphocytes vers les

poumons et activent les macrophages<sup>2</sup>. » Le corps réagit, et dans plus de 90 % des cas, réussit à enrayer l'invasion du bacille de la tuberculose.

Les applications potentielles de ces résultats sont prometteuses. « On pourrait regarder quelles personnes expriment peu DC-SIGN afin de voir si elles sont plus susceptibles de tomber malades. On pourrait aussi stimuler la production du récepteur, ou encore, l'activer artificiellement afin de déclencher une réaction immunitaire plus efficace. Tout ceci, bien sûr, ce sont des recherches à long terme », tempère Olivier Neyrolles. Néanmoins, à l'heure où les souches de la tuberculose résistantes à tous les antibiotiques sont en expansion dans le monde, il est urgent de développer de nouvelles stratégies thérapeutiques qui, comme celles-ci, permettent au corps de mieux se défendre lui-même.

Sebastián Escalón

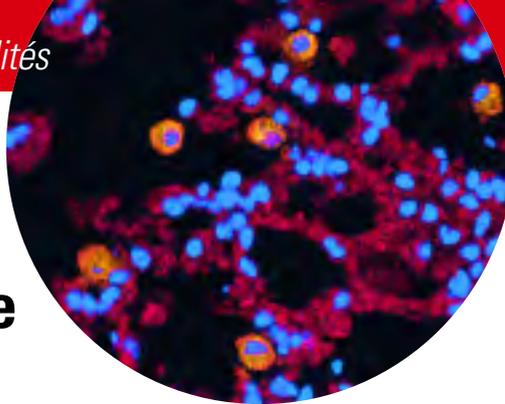
1. Unité CNRS / Université Toulouse-III.

2. Lymphocytes et macrophages sont deux types de cellule du système immunitaire.

## CONTACT

→ Olivier Neyrolles

Institut de pharmacologie et de biologie structurale, Toulouse  
olivier.neyrolles@ipbs.fr



© L. Tailleux / Institut Pasteur

## MEGAPOLI

## Un air de grandes

Début janvier, les scientifiques de la mission Megapoli<sup>1</sup> vont observer de près l'air parisien, et plus particulièrement certaines molécules que l'on y trouve : les aérosols organiques. Ces derniers sont une des pièces manquantes pour comprendre la pollution des grandes villes.

**B**ien que l'on comprenne de mieux en mieux la pollution des grandes villes, certaines micropoussières qui y sont émises restent aujourd'hui mal connues », explique Matthias Beekmann, du Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques (Lisa)<sup>2</sup>. D'où l'intérêt de l'importante campagne de mesures qu'il coordonne avec le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE)<sup>3</sup>, et qui va se dérouler du 7 janvier au 15 février prochain en Île-de-France. Pour mieux comprendre l'impact des grands centres urbains sur la qualité de l'air, la mission Megapoli doit quantifier les rejets en aérosols organiques – ces microparticules solides ou liquides composées de milliers d'espèces chimiques dont certaines sont potentiellement toxiques – qui sont produits, directement ou indirectement, par l'activité des vastes agglomérations<sup>4</sup>. « Les chercheurs ont besoin d'informations concernant la formation et les quantités de ces particules s'ils veulent pouvoir élaborer des modèles de la qualité de l'air plus précis ou, pourquoi pas, des plans de développement urbain prenant en compte la nuisance atmosphérique », précise Matthias Beekmann. Ce qui explique la nécessité d'une grande étude de terrain dédiée à ces aérosols organiques. Point culminant du programme européen

© AlboFoto/Albo.com

## BRÈVE

## Cure d'eau pour les étoiles de mer

À marée basse, les étoiles de mer *Pisaster ochraceus*, qui vivent sur les bords du Pacifique en Amérique du Nord, subissent les assauts du soleil. Comment résistent-elles à la chaleur? En accroissant de manière significative le volume de leurs fluides corporels, révèlent aujourd'hui Sylvain Pincebourde, de l'Institut de recherche sur la biologie de l'insecte (CNRS / Université de Tours), et ses collègues des universités de Caroline-du-Sud et de Californie. Si l'animal est soumis à une forte température à l'air libre, une fois sous l'eau il se gave d'eau fraîche en prévision de la prochaine marée basse. Chez l'être humain, cela équivaldrait à boire 7 litres d'eau. Mais alors que les océans se réchauffent, cette stratégie de thermorégulation, unique dans le règne animal, pourrait bien perdre de son efficacité.



© A. Butev/SAFIRE

Outre des camions outillés d'instruments de mesure, un avion spécialement équipé pour la recherche permet de sillonner l'agglomération parisienne.

## villes

La mission Megapoli doit permettre de quantifier les aérosols organiques au-dessus de Paris et sa région.

## REPÈRES

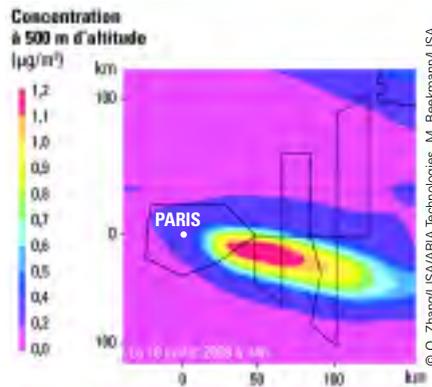
Le projet européen Megapoli, coordonné par l'Institut danois de météorologie (DMI), implique 23 partenaires de 13 pays. Il a pour objectif de donner une description complète, cohérente et quantitative de l'impact des villes de plus de 10 millions d'habitants sur la qualité de l'air, la composition chimique de la troposphère et le climat. Outre les données disponibles concernant une cinquantaine de grandes métropoles du monde (Moscou, Istanbul, Mexico, Le Caire...), ces scientifiques exploitent les résultats de campagnes réalisées dans le cadre d'autres programmes notamment sur les agglomérations de Londres, de la région Rhin-Ruhr et de la vallée du Pô, dans le Nord de l'Italie. À une exception près: Paris où les partenaires de Megapoli effectuent eux-mêmes le travail.

V.T.M.



Détectée le matin à Paris, une fine couche d'aérosols en provenance du Sahara se mélange avec ceux d'origine urbaine au cours de l'après-midi.

FP7 Megapoli (2008-2011) (Lire l'encadré), celle-ci a été mise en œuvre en Île-de-France car « l'agglomération parisienne dispose avec Airparif d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air bien développé, explique Matthias Beekmann. Par ailleurs, elle est située au centre de régions rurales souvent boisées, ce qui en fait une zone d'émission de ces polluants à la fois importante et bien délimitée. » Impliquant une vingtaine d'équipes européennes, le projet, inédit en Europe, consiste en deux campagnes destinées à mesurer, en été puis en hiver, la contribution des différentes sources d'aérosols organiques, qu'elles soient primaires (comme les moteurs diesel, les feux de cheminées) ou secondaires (production dans l'atmosphère à partir de composés organiques volatiles –COV–<sup>5</sup> soumis aux effets du soleil). La première de ces grandes opérations a ainsi mobilisé, en juillet dernier, toute une batterie d'équipements pour mesurer quasiment en temps réel la composition chimique des aérosols et des gaz. Des instruments fixes ont été installés sur trois sites urbains et périurbains : le laboratoire de l'hygiène de la ville de Paris, le site d'expérimentation de l'Institut Pierre-Simon-Laplace (Sirta), à Palaiseau, et le golf de la poudrerie à Livry-Gargan. Les chercheurs ont aussi fait appel à plusieurs camions, lidars<sup>6</sup> et spectromètres mobiles circulant en région parisienne tandis



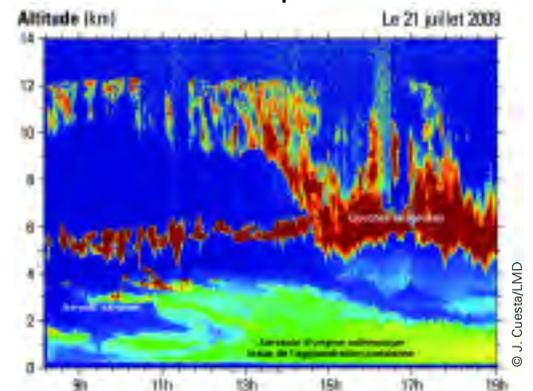
**Simulation de la concentration du carbone suie, un traceur de la pollution urbaine, autour de Paris.**

que l'ATR 42, l'avion de recherche opéré par l'unité Safire<sup>7</sup>, a effectué, pour sa part, pas moins de onze vols au cours de ce mois dans le nuage de pollution.

Même si ces résultats doivent encore être confrontés avec les informations qui seront recueillies cet hiver, cette première étape a été jugée plus qu'encourageante par les chercheurs. Pour la première fois, ceux-ci ont en effet réussi à observer le panache d'aérosols de Paris jusqu'à une distance de 150 kilomètres de l'agglomération!

Vahé Ter Minassian

1. Soutenue financièrement par l'Europe, l'ANR (Agence nationale de la recherche), le programme national Insu-



- CNRS « LEFE-CHAT » et par la région (programme SEPPE).
2. Laboratoire CNRS / Universités Paris-Est et Paris-Diderot.
  3. Laboratoire CNRS / CEA / Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.
  4. Les aérosols organiques représenteraient environ la moitié des aérosols fins urbains.
  5. Les COV regroupent de nombreuses substances (butane, propane, solvants, etc.) qui peuvent être d'origines naturelle ou humaine.
  6. Un lidar est une technologie de télédétection et d'analyse par laser.
  7. Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement (CNRS / Météo-France / Cnes).

## CONTACT

→ Matthias Beekmann

Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques, Paris  
beekmann@lisa.univ-paris12.fr

AIRBUS

# Le CNRS décolle avec l'A380

Le 23 novembre, Air France est devenu la première compagnie européenne à mettre en service l'A380. De l'assemblage des pièces aux logiciels embarqués, le CNRS mène de nombreux travaux de recherche sur le plus grand avion civil jamais construit.

Immortalisé par l'objectif aux commandes du simulateur de vol de l'A380, Ali Zolghadri arbore un sourire satisfait. Et pour cause... Ainsi testés en conditions opérationnelles (décollage, évitement d'obstacles et atterrissage en temps réel), les deux algorithmes de diagnostic des pannes du système de commandes de vol développés par son équipe du Laboratoire de l'intégration, du matériau au système (IMS)<sup>1</sup> ont donné des résultats très satisfaisants! « Les

pannes du système de commandes de vol doivent être traitées avec beaucoup d'attention, explique le chercheur. Il faut les détecter et les neutraliser au plus vite car elles peuvent, dans certaines conditions,

avoir un impact sur le pilotage et la structure de l'avion. » La réglementation aéronautique (appliquée dans le monde entier) impose de prendre des précautions de conception afin de les détecter et d'annuler leurs effets. Le logiciel embarqué à bord de l'A380 est tout à fait conforme à la réglementation actuelle. Cependant, l'évolution de ce dernier pourrait servir aux prochains avions du constructeur européen afin d'accompagner les innovations technologiques futures et de répondre aux évolutions de la réglementation. Tel était donc l'enjeu de cette équipe au sein du programme de recherche Sirasas<sup>2</sup> impliquant quatre autres laboratoires CNRS<sup>3</sup> et Airbus<sup>4</sup>. « Protégés par des brevets communs à Airbus, au CNRS et à l'université de Bordeaux, ces deux algorithmes robustes et performants seront peut-être utilisés dans les futurs avions du constructeur comme l'A350 XWB ou l'A400M », espère Ali Zolghadri. En attendant, le CNRS et Airbus collaborent déjà au sein d'un nouveau programme de recherche européen, baptisé AddSafe<sup>5</sup>, dans lequel l'IMS est le seul laboratoire français impliqué. Ce projet vise entre autres à optimiser le des-

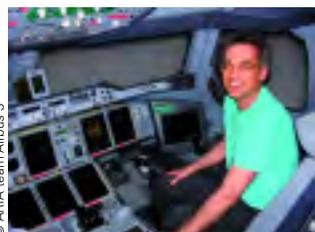
ign structural des futurs avions civils en vue de les alléger. Il s'agit là d'un axe stratégique majeur pour tous les constructeurs afin de limiter la consommation de carburant et de réduire l'impact environnemental.

Autre étape cruciale pour tout constructeur : l'assemblage des différentes parties constitutives de l'avion. C'est à ce stade que le Laboratoire amiénois de mathématiques fondamentale et appliquée (Lamfa)<sup>6</sup> entre en scène, et plus particulièrement le jeune chercheur Benoît Bartoux. S'appuyant sur un algorithme développé par des scientifiques du Lamfa, celui-ci en a créé un nouveau qui permet d'optimiser l'assemblage d'un des tronçons avant de l'A380. « Le logiciel d'aide à la décision pour l'assemblage de ce tronçon ne prend pas en compte toutes les distances à respecter entre

chaque pièce pour garantir les qualités aérodynamiques de l'ensemble, explique-t-il. Ainsi, un constat est effectué à la main pour s'assurer du jeu entre les panneaux constitutifs. Ceci occasionne une perte de temps qui peut aller de quelques heures à deux jours alors que les cadences de production tablent parfois sur l'assemblage d'un avion en une seule journée! » On voit donc bien tout l'intérêt de ce nouvel algorithme qui permet d'automatiser complètement l'opération d'assemblage. Après son test réussi sur le site de Méaulte (Picardie) qui assemble le tronçon 12, il pourrait être utilisé pour l'assemblage des futurs avions d'Airbus, tel l'A350, et pas uniquement pour les tronçons avant. « La

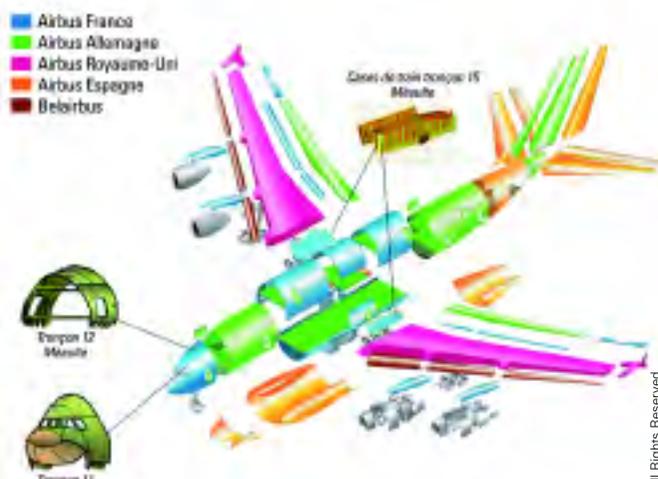
construction automobile et ferroviaire sont d'autres applications potentielles de cet algorithme déposé à l'Agence pour la Protection des Programmes », complète Benoît Bartoux.

Diagnostic des pannes et optimisation de la construction : derrière ces deux exemples récents se cachent de nombreux autres projets communs entre Airbus et le CNRS sur l'A380. Grâce à son logiciel de génération automatique de mouvements, le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS à Toulouse a, par exemple, validé l'itinéraire emprunté par les convois transportant les pièces de l'avion. Près de Grenoble, l'unité Verimag<sup>7</sup> a développé un langage de programmation spécifique pour l'essentiel des logiciels de bord. À Paris, le Labo-



Ali Zolghadri aux commandes du simulateur de vol de l'A380.

© G. Rollet/REA



La fabrication des parties de l'A380 a lieu sur différents sites européens. Une collaboration entre Airbus et le CNRS avait pour objet l'assemblage d'un tronçon. Les tests, concluants, ont été réalisés sur le tronçon 12 dans l'établissement de Méaulte, en Picardie.

© Airbus S.A.S. 2009 All Rights Reserved



Pouvant accueillir jusqu'à 850 passagers, l'A380 est le plus gros avion civil de l'histoire.

ratoire d'informatique de l'École normale supérieure<sup>8</sup> a quant à lui réalisé l'analyseur statique Astree, utilisé par le constructeur pour démontrer l'absence d'erreurs à l'exécution du logiciel de commandes de vol électrique. Plus largement, Airbus et le CNRS collaborent sur de nombreuses autres thématiques liées au développement des avions de prochaine génération. Influence de l'environnement radiatif sur l'électronique embarquée, allègement des structures, réduction du bruit, étude des tourbillons de sillage, matériaux, aérodynamique, combustion ou impact de la flotte aérienne sur la haute atmosphère... les chercheurs ont du pain sur la planche. Après le décollage réussi de l'A380, les équipes du CNRS contribuent déjà à celui des Airbus de demain!

**Jean-Philippe Braly**

1. Laboratoire CNRS / Institut Polytechnique de Bordeaux / Université Bordeaux-I.
2. Stratégies innovantes et robustes pour l'autonomie des systèmes aéronautiques et spatiaux.
3. Le Satie (Cachan), le Laas (Toulouse), le Cran (Nancy) et le LRI (Orsay).
4. Société du groupe EADS basée à Toulouse, Airbus est un leader mondial de la construction aéronautique.
5. *Advanced fault diagnosis for safer flight guidance and control.*
6. Laboratoire CNRS / Université de Picardie Jules-Verne.
7. Unité CNRS / INPG / Université Grenoble-I.
8. Laboratoire CNRS / École normale supérieure, Paris.

**CONTACTS**

- **Ali Zolghadri**  
Laboratoire de l'intégration, du matériau au système, Bordeaux.  
ali.zolghadri@ims-bordeaux.fr
- **Benoît Bartoux**  
Laboratoire amiénois de mathématiques fondamentale et appliquée, Amiens  
benoit.bartoux@u-picardie.fr

**START-UP**

# Dans les secrets du bois

**L**a dendrochronologie, qui permet de dater le bois en analysant les cernes de croissance, est un formidable outil de connaissance du patrimoine bâti. Pourtant, les professionnels de la restauration des monuments sont loin d'en exploiter tout le potentiel, peut-être à cause de son image un peu poussiéreuse », estime Yannick Le Digol. Pour y remédier, le jeune archéologue a cofondé Dendrotech<sup>1</sup> en 2006, avec Vincent Bernard, chargé de recherche au Centre de recherche en archéologie, archéosciences, histoire<sup>2</sup>.

Hébergée par l'université de Rennes-I, la start-up exploite les synergies entre archéologie et dendrochronologie pour les mettre au service de l'histoire et de la restauration du patrimoine. « La datation n'est que le début de notre travail, insiste son dirigeant. Pour reconstituer l'histoire d'un bâtiment, il faut en interpréter correctement le résultat ! Pour cela, nous nous livrons, sur le terrain, à une véritable enquête policière, en collectant un maximum d'informations sur la manière dont le bois a été débité, sur le type d'outillage utilisé... » Un contrat de coopération et de valorisation scientifique avec l'université de Rennes-I et le CNRS permet à Dendrotech d'avoir accès aux avancées méthodologiques les plus récentes en matière de prélèvement et de datation du bois. L'entreprise dispose également des dernières données de référence concernant la vitesse de croissance des arbres, sur les périodes historiques et préhistoriques. Car pour dater un bois de manière fiable, il faut pouvoir comparer sa croissance à un échantillon connu, de la même époque, de la même essence et, si possible, de la même région. En contrepartie, elle restitue au CNRS

toutes les mesures de largeurs de cernes de croissance des bois qu'elle expertise afin d'étoffer ces fameux référentiels.

En août 2008, Dendrotech a mis en ligne la Dendrabase, une base de données librement accessible via le site de l'entreprise<sup>3</sup>. « Nous y intégrons, site par site, nos datations et leur interprétation, ainsi que des éléments graphiques sur l'architecture du bâtiment et les références de nos collaborateurs, explique Yannick Le Digol. Un système de géolocalisation permet en outre de localiser les chantiers. Nous espérons ainsi contribuer à la diffusion des connaissances, et renforcer le réseau des acteurs de la conservation du patrimoine bâti. »

Depuis sa création, Dendrotech est intervenu sur plus d'une centaine de sites publics. On lui doit par exemple la datation par dendrochronologie du bâtiment de la Psalette, à Nantes, bâti entre 1462 et 1465, du donjon de Chambois, dans l'Orne (1159-1192) et du moulin de Drezeux, à Guérande (1394-1417, pour la partie la plus ancienne). Aujourd'hui, l'entreprise tente de percer le marché de l'immobilier privé. L'objectif reste le même : contribuer à garder la mémoire des lieux, et à concentrer les efforts de sauvegarde sur ce qui en vaut vraiment la peine.

**Marie Lescroart**

1. Labellisée « Jeune entreprise universitaire » par le ministère de la Recherche.
2. Centre CNRS / Universités de Rennes-I et -II / Ministère de la Culture et de la Communication / Université de Nantes.
3. www.dendrotech.fr

**Dans le château de Médavay (Orne) les bois des combles ont été datés grâce à la dendrochronologie. L'histoire du lieu n'en est que plus accessible.**



**CONTACT**

→ **Yannick Le Digol**  
Dendrotech  
yannick.ledigol@dendrotech.fr



**Hervé Glevarec<sup>1</sup>**, sociologue au laboratoire « Communication et politique » du CNRS, spécialiste des pratiques culturelles et des médias

## La radio à l'heure du numérique

**Du 26 au 28 novembre, à Paris, s'est tenu le 4<sup>e</sup> colloque international du Groupe de recherches et d'études sur la radio (Grer), consacré cette année à l'impact de la numérisation sur la radiodiffusion. Que signifie pour ce média l'entrée dans l'ère du numérique ?**

**Hervé Glevarec :** Elle est avant tout synonyme de plus de liberté pour l'auditeur. Primo, elle offre de nouveaux dispositifs d'écoute très souples : les webradios, radios diffusées sur le net, que l'on peut écouter sur son ordinateur et sur les téléphones portables récents grâce au *streaming* [la lecture en continu], ou encore sur un lecteur MP3 grâce aux *podcasts* [fichiers en téléchargement libre]. Deuxio, le numérique a permis de démultiplier les contenus : les webradios, pour la plupart spécialisées (dans un style musical, ou un thème comme le cinéma...), émanent aussi désormais de grands groupes radios (Europe 1, RTL, RMC, NRJ, Radio France), voire de groupes de presse (Télérama) ou audiovisuels (Arte). Le champ musical s'est enfin considérablement ouvert : les auditeurs peuvent se connecter à des *smart radios* [radio à la demande], tel le site Deezer, qui offrent en continu des *playlists* [sélections de morceaux].

**Une multitude de possibilités s'offrent donc aujourd'hui aux auditeurs...**

**H.G. :** Oui. Le numérique a pour effet de créer un environnement concurrentiel. Au point que les trois principaux atouts de la radio classique sont quelque peu mis au défi. Le premier s'incarne dans un processus d'identification fort des auditeurs à ce média : ils sont très fidèles à la station qu'ils écoutent. Pour preuve, ils zappent rarement (seulement

quatre fois en moyenne en 21 jours). Mais Internet leur propose de nouveaux objets d'identification, comme les blogs ou les réseaux sociaux. Deuxième atout historique, la programmation musicale. Or elle s'avère concurrencée, elle aussi, par les *smart radios* qui créent des *playlists* illimitées et adaptées à vos goûts. Dernier rôle, traditionnellement dévolu à la radio, la diffusion des nouveautés. Les auditeurs qui s'orientaient jusqu'à présent vers la radio pour découvrir les titres récents ou les nouveaux artistes n'ont plus qu'à se connecter au web pour les trouver avant l'heure.

*« La radio a en France un public vaste, fidèle, et elle est appréciée par toutes les catégories socioprofessionnelles. »*

**La radio aurait-elle déjà perdu une partie de son audience ?**

**H.G. :** On aurait tort de croire que le public français délaisse massivement son poste à transistors pour son clavier d'ordinateur ! Mais on dénote tout de même une baisse de fréquence et de durée d'écoute globale : les Français allument leur radio moins longtemps et moins quotidiennement. Cette baisse est spectaculaire chez les jeunes, puisqu'en dix ans, ils l'écoutent 10 minutes de moins par jour. En outre, tandis que 71 % des 15-24 ans étaient auditeurs en 1997, ils sont 56 % en 2008<sup>2</sup>.

**Doit-on s'en inquiéter ?**

**H.G. :** Je ne le crois pas, car la radio a en France un public vaste, fidèle, et elle est appréciée par

toutes les catégories socioprofessionnelles. Contrairement à la télévision, qui suscite chez certains une téléphobie, notamment parmi les personnes les plus diplômées, la radio éveille un attrait général, en partie grâce à la diversité de ses contenus. Ce sont aujourd'hui les radios privées musicales (Skyrock, NRJ, Génération 88.2...) qui rassemblent le plus d'auditeurs français (60 %), devant les radios publiques généralistes (France Inter, France Culture, etc.), auparavant les plus écoutées. De plus, la manière dont ce public est structuré s'avère stable. Il se scinde essentiellement en deux groupes, d'un côté, le plus important numériquement (bien qu'en diminution) : celui des jeunes de moins de 25 ans, adeptes des radios musicales ; de l'autre, celui des personnes de 50 ans et plus (en augmentation), plutôt auditeurs des radios généralistes.

**Ne peut-on pas voir aussi la numérisation comme un élément positif ?**

**H.G. :** Bien sûr, elle s'avère un enrichissement ! D'autant que nous n'en sommes qu'au début, et que nous ne savons pas comment les choses vont évoluer. C'était d'ailleurs l'objet de ce colloque prospectif qui réunissait universitaires, chercheurs et professionnels pour s'interroger sur ce qu'est la « postradio ». Nous pouvons d'ores et déjà dire que le numérique offre, outre de nouveaux supports plus mobiles, des fonctions inédites pour les radios parlées, telle la « radiothèque » que les usagers peuvent consulter en différé via les *podcasts*. L'ouverture du champ musical des auditeurs grâce à Internet pousse enfin les programmeurs radio à élargir leur *playlists* pour compenser leur perte de monopole. La concurrence entraîne l'émulation !

**Propos recueillis pas Stéphanie Arc**

1. Il est, entre autres, coauteur avec Michel Pinet de *La radio et ses publics, sociologie d'une fragmentation* (coédition Irma / Mélanie Séteun, mai 2009).

2. Sur ce sujet, lire *Les pratiques culturelles des Français à l'ère numérique*, Olivier Donnat, coédition La Découverte / Ministère de la Culture et de la Communication, octobre 2009.

### CONTACT

→ **Hervé Glevarec**  
Communication et politique, Paris  
herve.glevarec@cp.cnrs.fr

# Katell Berthelot

## Une histoire de religion

Elle vient d'une famille bretonne, athée, et fut diplômée à 21 ans de HEC, la fameuse école de commerce française. Elle est devenue protestante,

historienne du judaïsme ancien, et travaille au Centre de recherche français à Jérusalem (CRFJ)<sup>1</sup>, en Israël. Qu'est-il arrivé à Katell Berthelot, chargée de recherche au CNRS et lauréate du prix Irène-Joliot-Curie 2008 de la jeune femme scientifique de l'année ? D'abord une expérience mystique qui la pousse à se convertir au protestantisme à l'âge de 20 ans. Puis, peu après, un coup de foudre pour Israël et sa culture cosmopolite : « J'y ai fait un court voyage d'agrément qui s'est transformé en voyage initiatique... » En effet, la toute jeune femme vit là-bas une expérience humaine très forte, bouleversée par ses rencontres avec les gens, Juifs laïcs ou religieux, Arabes chrétiens ou musulmans, et leur incroyable chaleur. Elle découvre leurs langues, « très poétiques et imagées », le judaïsme et les textes de la Bible. La passion naissante pour cette culture est si forte qu'elle abandonne les lettres et la dramaturgie pour s'y consacrer. La dramaturgie ? « Oui », précise la chercheuse de 37 ans, « en même temps qu'HEC, je faisais une maîtrise de littérature à la Sorbonne. Dans le fond j'étais une littéraire... » Paul Claudel et Bertolt Brecht s'effacent donc devant l'histoire des religions qu'elle étudie en DEA avant de plancher sur « Israël et l'humanité dans la pensée juive à l'époque hellénistique et romaine », son sujet de doctorat, réalisé en grande partie à l'université hébraïque de Jérusalem. À son retour, son parcours atypique, son excellence et sa ferveur dans la recherche impressionnent le jury du CNRS dont elle réussit le concours d'entrée. Depuis, elle navigue entre le Centre Paul-Albert-Février<sup>2</sup> d'Aix-en-Provence, où elle est affectée, et le CRFJ en Israël qui l'accueille depuis deux ans. « C'est une chance extraordinaire pour un historien de l'Antiquité de baigner dans une société – juive en l'occurrence –

« Je n'ai pas de religion à défendre, c'est l'histoire qui m'intéresse. »



© J.-F. Denis/CNRS Photographie

qui est issue de celle de son objet de recherche. » Quel est-il exactement d'ailleurs ? D'abord elle poursuit sa réflexion sur la notion d'humanisme dans la philosophie grecque et la pensée juive ancienne. « Ces devoirs d'humanité<sup>3</sup> entre personnes, présents dans les textes antiques et que j'appelle "éthique humaniste", préfigurent nos notions modernes de droits de l'homme », commente-elle. Elle étudie

aussi le récit dans la Bible de la conquête de la terre promise par les Hébreux. Enfin, elle analyse les façons dont a été pensée l'universalité<sup>4</sup> de la loi juive. Dans tous les cas, le matériau est le même : les manuscrits de la Bible et leurs commentaires. « En fait, j'étudie l'histoire des interprétations des textes selon les époques, et je me concentre sur la perception des non-Juifs par les Juifs », ajoute Katell Berthelot, médaille de bronze CNRS en 2007. Elle codirige aussi *La bibliothèque de Qumrân*

(éditions du Cerf), une édition bilingue de l'intégralité des *Manuscrits de la mer morte*, destinée à un public francophone, dont le second tome va bientôt paraître. Et l'an prochain, « *Judaïsme, christianisme et islam, une approche comparée* », qu'elle coordonne, devrait sortir aux éditions Flammarion. « Il s'agit de comparer ce que les trois grands monothéismes ont en commun et ce qui les distingue », explique-t-elle. « Mais je n'ai pas de religion à défendre, l'histoire qui m'intéresse. Les textes de la Bible font partie du patrimoine humain. J'aimerais qu'on les étudie dans les universités comme n'importe quel texte littéraire, sous l'angle sociologique, artistique, etc. de manière critique et sans tabou. » Bref, enseigner le fait religieux de manière culturelle et non cultuelle. Mais en France, nous avons opté pour la laïcité à l'extrême, poursuit-elle. « Parler de religion à l'école est encore souvent soit ringard soit suspect. Dommage. Ignorer la culture de l'autre n'est pas la solution pour vivre ensemble. »

Charline Zeitoun

➔ Retrouvez les « Talents » du CNRS sur [www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm](http://www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm)

1. Unité CNRS / Ministère des Affaires étrangères et européennes.

2. Laboratoire CNRS / Université Aix-Marseille-1.

3. Devoir d'assistance minimale à quiconque, attaqué par une bête sauvage par exemple, uniquement parce qu'il est lui-aussi un être humain.

4. Donnée au seul peuple d'Israël, la Thora a aussi été pensée dans certains courants du judaïsme comme une loi universelle concernant l'humanité toute entière.

### CONTACT

➔ Katell Berthelot  
Centre de recherche français à Jérusalem, Israël  
[katell.berthelot@crfj.org.il](mailto:katell.berthelot@crfj.org.il)

# CLIMAT

## Les enjeux de



© Illustrations : L. Le Saux pour le journal du CNRS

### Les coulisses d

**A** lors qu'à Copenhague les États vont discuter de nouveaux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, les questions fusent avec la même intensité qu'une pluie d'hiver dans les contes d'Andersen. Dans un contexte international doublement bouleversé par la crise économique et l'élection de Barack Obama à la présidence des États-Unis, jusqu'où les pays industriels sont-ils prêts à aller pour combattre le dérèglement climatique ? Et les pays à forte croissance économique comme la Chine ? Que pourrait être le contenu du traité qui fera suite au protocole de Kyoto, célèbre feuille de route pour la réduction des gaz à effet de serre qui, malgré toutes ses bonnes intentions, s'est soldée par un demi-échec et expirera en 2012 ? Bref, la réaction institutionnelle à l'un des principaux défis posés à l'humanité en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle sera-t-elle à la hauteur des enjeux ?



LES COULISSES D'UN SOMMET ATTENDU &gt; 18

DE RIO À COPENHAGUE, LA LONGUE ROUTE DES NÉGOCIATIONS &gt; 22

LA NÉCESSAIRE ADPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE &gt; 23

# Copenhague



Du 7 au 18 décembre, 192 pays se réunissent à Copenhague, sous l'égide des Nations unies, pour s'accorder sur de nouveaux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ces derniers sont en effet considérés aujourd'hui par la majorité des experts comme les responsables du changement climatique en cours. Comment vont se comporter les grandes puissances? Et les pays émergents? Comment se sont déroulées les conférences mondiales précédentes? Enfin, comment l'humanité peut-elle s'adapter aux premières conséquences du réchauffement auxquelles il semble difficile d'échapper? Alors que le CNRS vient de placer parmi ses grandes priorités l'étude du changement climatique et de ses interactions avec les systèmes écologiques et sociaux, *Le journal du CNRS* décrypte les enjeux de ce sommet mondial.

## 'un sommet attendu

Si la jungle toujours plus épaisse qu'est devenue la conférence internationale sur le climat – la conférence des parties ou Cop en langage onusien – voit cohabiter « *des préoccupations, des motivations et des intérêts infiniment variés* », rappelle Amy Dahan-Dal Medico, directrice adjointe du Centre Alexandre-Koyré<sup>1</sup>, il n'y est toutefois jamais question de « *remettre en cause ouvertement le cadre même des négociations. L'Onu s'affirme comme le seul service public international capable de répondre de manière transversale à la question du changement climatique* ».

### L'INCERTITUDE AMÉRICAINE

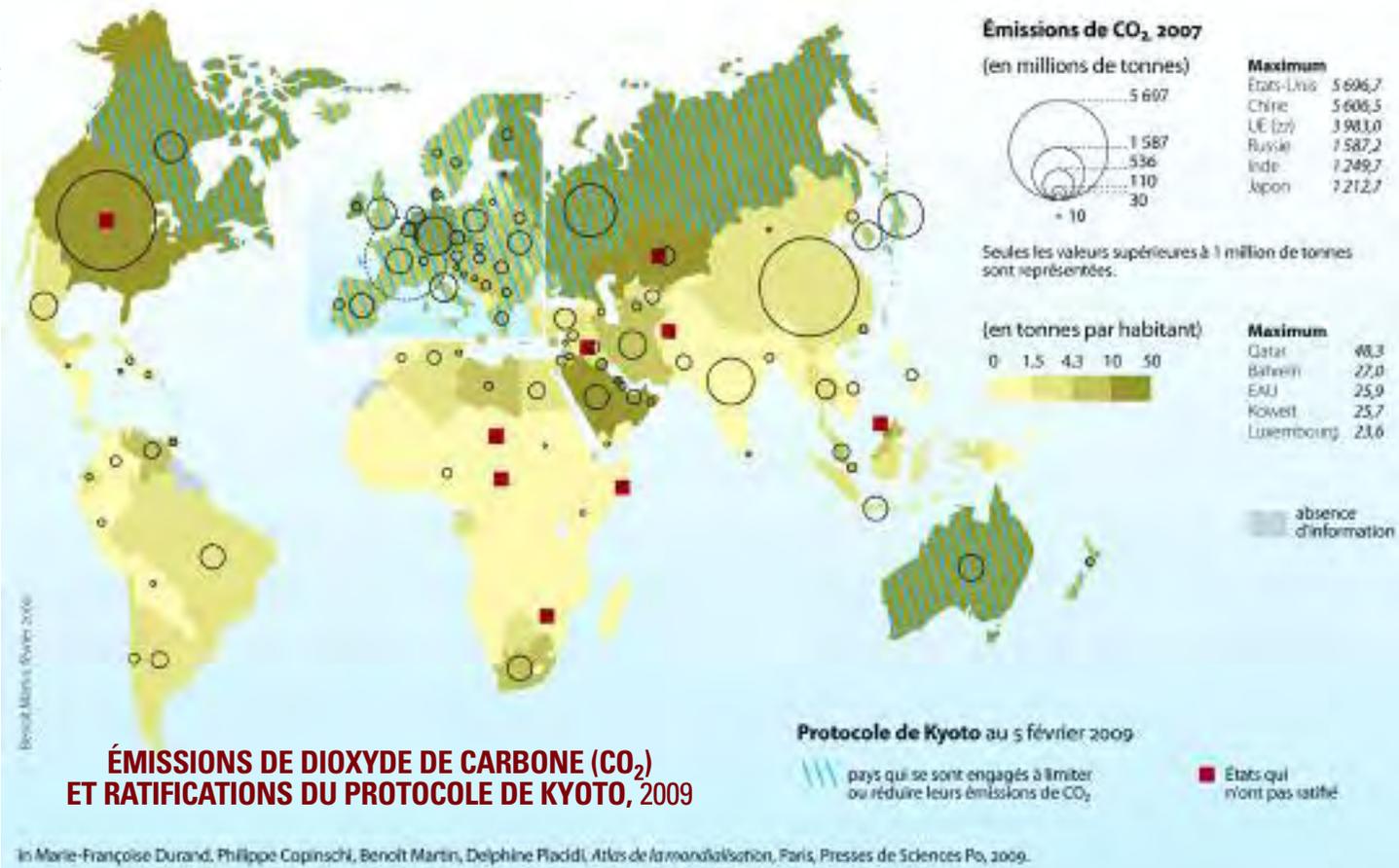
À Copenhague, tous les regards seront évidemment tournés vers la délégation américaine. L'élection de Barack Obama a ouvert une nouvelle page dans la politique climatique des États-Unis. On se souvient qu'en février 2001, peu après sa prise de pouvoir, Georges W. Bush annonçait officiellement le retrait complet de

son pays du dispositif de Kyoto. Le retour en grâce des démocrates – maîtres d'œuvre du protocole à l'époque – pourrait bien changer la donne. « *Barack Obama a nommé aux postes clés de son équipe de négociation d'anciens protagonistes de la politique environnementale de l'administration Clinton* », note Patrick Criqui, directeur du Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale (Lepii)<sup>2</sup>. Toutefois, des résistances sur les propres terres d'Obama se font jour. Le Sénat américain par exemple, bien qu'aux mains des démocrates, ne semble pas réellement pressé de suivre la Chambre des représentants<sup>3</sup> sur la question des gaz à effet de serre, laquelle a approuvé en juin dernier le projet Waxman-Markey, qui prévoit d'en réduire les émissions de 17 % >

**Fin septembre, Ban Ki-Moon, secrétaire général de l'Onu, a exhorté une centaine de chefs d'État à parvenir à un accord ambitieux à Copenhague.**



© M. Castro/UN Photo



➤ par rapport à 2005 d'ici à 2020, et d'environ 83 % d'ici à 2050. De fait, les républicains sont majoritairement contre, tout comme le *Big Oil* (le lobby pétrolier), et les démocrates restent divisés sur la façon de procéder. « On voit mal le Sénat voter ce texte avant décembre, commente Pierre Mélandri, professeur des universités à Sciences Po. Pour l'heure, le nouveau président est avant tout soucieux de mener à bien sa réforme sur la santé, sachant que s'il parvient à instaurer une couverture médicale quasi-universelle aux États-Unis, son nom restera dans l'histoire. Du coup, Obama risque de se retrouver un peu en porte-à-faux à Copenhague. Il lui sera difficile d'exiger des contraintes chiffrées de la Chine et de l'Inde sans pouvoir se prévaloir de la détermination de son Congrès à accepter d'importantes réductions des émissions de gaz à effet de serre. »

L'Union européenne, elle, va certainement maintenir son engagement en faveur d'objectifs quantitatifs ambitieux : 20 à 30 % de réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub> en 2020, 60 à 80 % en 2050. « La première préoccupation de l'Europe à Copenhague, dit Olivier Costa, du laboratoire Science politique, relations internationales, territoire (Spirit) <sup>4</sup>, sera de continuer à incarner le "mieux-disant environnemental" qui a fait d'elle la bonne élève du processus. » Les Vingt-Sept, dont les économies dépendent à 80 % des énergies fossiles, n'entendent cependant pas être « les seuls à faire des efforts en période de vaches maigres et des tiraillements existent entre certains États membres au sujet, notamment, de la question du financement de l'adaptation des pays en développement. Parler d'une

seule voix, pour l'Europe, ne sera pas chose facile ». Et le Japon, désormais gouverné par le parti démocrate ? Il s'est placé en pointe en proposant de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 25 % d'ici 2020 par rapport à leur niveau de 1990, soit un quadruplement de ses objectifs. Mais le patronat et l'administration désapprouvent en chœur cette initiative du nouveau Premier ministre, Yukio Hatoyama. Au demeurant, dit Jean-Marie Bouissou, du Centre d'études et de recherches internationales (Céris) <sup>5</sup>, « les promesses d'Hatoyama sont conditionnelles. Elles ne sont valables que si les gros émetteurs s'engagent eux aussi à des efforts significatifs. Hatoyama sera donc méfiant et réaliste à Copenhague. Il entend se donner le beau rôle, avec l'idée de promouvoir la technologie japonaise, très avancée sur la question des économies d'énergie. Mais il se gardera de faire des promesses qui dés-

En novembre, le président américain Barack Obama et le Premier ministre japonais Yukio Hatoyama ont affiché leur volonté de travailler ensemble en vue de Copenhague.

avantageraient l'Archipel par rapport à d'autres partenaires, nettement moins vertueux sur le plan climatique ».

### LES PAYS ÉMERGENTS S'ORGANISENT

À Copenhague, la voix des pays émergents, comme la Chine ou l'Inde, et des pays en développement devrait aussi se faire entendre. « L'importance des pays en développement est désormais tout à fait frappante dans les négociations sur le climat, observe Amy Dahan-Dal Medico. Elle s'exprime notamment par leur nombre (130), leur solidarité et leur activisme. Les responsables des



© J. Kato/POOL/AFP PHOTO



pays du Sud s'efforcent de construire un front uni en insistant sur la responsabilité historique du monde industriel dans le réchauffement du climat. » Au moment de la discussion du protocole de Kyoto, entre 1994 et 1997 (*Lire De Rio à Copenhague*, la longue route des négociations, p. 22.), les principaux protagonistes étaient les États-Unis, l'Europe, le Japon et les pays « en transition » de l'ex-Union soviétique, les pays en développement étant exemptés de tout effort au nom du principe de « responsabilité commune mais différenciée ». Mais déjà, ces pays considéraient le changement climatique comme « un problème global de surconsommation du Nord, doublé d'un cauchemar fabriqué pour empêcher leur envol économique », rappelle Amy Dahan-Dal Medico.

Envol que les pays émergents entendent bien poursuivre. La République populaire de Chine, qui consomme autant de charbon que les États-Unis, l'Union européenne et le Japon réunis, et détient depuis 2007 le titre peu enviable de premier pollueur de la planète, a certes fait preuve d'une bonne volonté louable en signant le protocole de Kyoto en 2002. Las, « tout en cherchant à projeter sur la scène internationale l'image d'une grande puissance responsable, elle renâcle pour l'instant à prendre le chemin de tout engagement contraignant, même à titre symbolique, et renvoie la balle du côté des pays développés », assure Jean-Philippe Béja, du Centre d'études français sur la Chine contemporaine (CEFC)<sup>6</sup>, basé à Hong Kong. Au sein du régime, les partisans d'un développement « à tout prix », y compris au prix de l'environnement, continuent de l'emporter. Qui plus est, Pékin, qui bénéficie toujours d'une aura considérable au sein des pays du Sud, s'oppose à l'instauration d'une taxe qui frapperait les entreprises délocalisant leurs activités dans des pays où les normes environnementales demeurent très basses, et pénaliserait par ricochets ses exportations, vitales pour sa croissance. Toutefois, à supposer que les États-Unis s'engagent fermement à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020, la Chine pourrait accepter à Copenhague le principe d'objectifs plus contraignants... à très long terme. Bref, un accord implicite Obama-Hu Jintao n'est pas à exclure. Et ce d'autant que, lors de sa visite à Pékin en début d'année, la secrétaire d'État américaine Hillary Clinton « a présenté l'environnement comme l'un des principaux éléments du dialogue sinoaméricain », dit Jean-Philippe Béja.

## VERS UN ACCORD POST-KYOTO

Le Brésil, comme à son habitude, devrait jouer le rôle de facilitateur de consensus. S'agissant de la Russie, sa position est assez imprévisible. Certes un accord sur une réduction massive des émissions de gaz à effet de serre, dont la source principale reste la consommation des énergies fossiles, amoindrirait ses revenus gaziers et pétroliers. Mais, il lui permettrait aussi de garder ses réserves beaucoup plus longtemps et de s'industrialiser de façon sereine.

Bref, un texte de portée historique a-t-il une chance de voir le jour à Copenhague ? Rien n'est

**Chaque année, lors du forum mondial du développement durable, l'Inde accueille les décideurs du monde entier pour discuter du changement climatique.**

acquis, bien qu'un échec, avec son cortège d'effets démobilisateurs et de retards catastrophiques, serait gravissime. Pour Jean Tirole, directeur scientifique de l'Institut d'économie

(énergie, transport, bâtiments), tout simplement parce qu'il sera, bientôt, trop tard. Comme le note le dernier rapport de la Banque mondiale, les pays émergents vont construire l'essentiel de leurs infrastructures dans deux ou trois décennies, et celles-ci vont durer tout le siècle. Le temps presse. » Réponses dans quelques jours.

**Philippe Testard-Vaillant**

1. Unité CNRS / Cité des sciences et de l'industrie / EHESS / MNHN.
2. Unité CNRS / Université Grenoble-II.
3. Le Congrès états-unien est composé de deux assemblées, le Sénat et la Chambre des représentants. Depuis 2008, les deux chambres sont à majorité démocrates.
4. Unité CNRS / IEP Bordeaux.
5. Unité CNRS / IEP Paris.
6. Unité Ministère des Affaires étrangères et européennes / CNRS / Institut français de recherche à l'étranger.
7. Lire *Négociation climatique : Copenhague ou l'heure de vérité*, par Jean Tirole, *Le Monde* du 2 novembre 2009.
8. Unité CNRS / EHESS / AgroParisTech / Cirad / ENPC.
9. Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. L'ensemble du groupe a reçu le prix Nobel de la Paix en 2007.



industrielle et médaille d'or du CNRS en 2007, une architecture internationale prolongeant celle du protocole de Kyoto serait l'option la plus réaliste et la moins coûteuse pour le futur régime climatique<sup>7</sup>. « L'essentiel est que l'on sorte de Copenhague avec la conviction que les pourparlers vont se poursuivre et puissent, à terme, déboucher sur un accord post-Kyoto, insiste Jean-Charles Hourcade, directeur du Centre de recherches international sur l'environnement et développement (Cired)<sup>8</sup> et coordinateur des chapitres économiques du Giec<sup>9</sup>. Mais la clé est probablement de briser le cercle de la méfiance qui s'est établi depuis 20 ans, en mettant sur la table des propositions concrètes pour réorienter très rapidement les flux financiers vers les infrastructures des pays en développement

## CONTACTS

- **Jean-Philippe Béja**  
beja@ceri-sciences-po.org
- **Jean-Marie Bouissou**  
jeanmarie.bouissou@sciences-po.fr
- **Patrick Criqui**  
patrick.criqui@upmf-grenoble.fr
- **Jean-Charles Hourcade**  
hourcade@centre-cired.fr
- **Olivier Costa**  
o.costa@sciencespobordeaux.fr
- **Amy Dahan-Dal Medico**  
amy.dahan-dalmedico@damesme.cnrs.fr
- **Pierre Mélandri**  
pierre.melandri@sciences-po.org
- **Jean Tirole**  
jean.tirole@tse-fr.eu

# > De Rio à Copenhague, la longue route des négociations

**C**haque année, depuis 1995, se tient en décembre une conférence internationale sur le changement climatique, qui réunit les pays signataires de la « Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques ». Au fil des ans, ces conférences dites des parties sont devenues de véritables arènes politiques dont la machinerie ne se réduit pas aux discussions entre les États. À côté de la rencontre officielle, un gigantesque *off*, fait de colloques, d'expositions, de journées de réflexion, réunit des milliers de personnes. Petite histoire de ces rassemblements où se joue l'avenir climatique de la planète.



**Al Gore, ancien vice-président américain, est l'un des maîtres d'œuvre du protocole de Kyoto (ici avec le Premier ministre et le ministre des Affaires étrangères japonais).**

## 1997, KYOTO

C'est la troisième conférence des parties (la deuxième, qui a eu lieu en 1996 à Genève, ne s'est soldée que par des déclarations de principe). Les Européens souhaitent une réduction des émissions des gaz à effet de serre identique pour tous les pays industriels, de 10 à 15 % en 2010 par rapport à leur niveau en 1990. « Les Américains, quant à eux, entendent seulement stabiliser leurs émissions à cette échéance et imposer un dispositif de marché des émissions », explique l'économiste Patrick Criqui. À l'arrivée, les principaux pays industriels conviennent de réduire globalement de 5,2 %, d'ici à 2012, leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport à leur niveau en 1990, cette contrainte n'englobant pas les grands

## 1992, RIO

Cette année-là, les pays des Nations unies réunis pour le sommet de la Terre signent la « Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques ». Elle témoigne déjà d'une vision lucide des enjeux puisque son article 2 stipule que les pays signataires s'engagent à limiter les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau ne devant pas occasionner de « perturbation anthropique dangereuse pour le système climatique ». Si ce texte historique affiche l'objectif non contraignant d'un retour, en l'an 2000, au niveau d'émission de 1990, il ne contient aucune donnée précisant comment y parvenir et n'est, au fond, qu'une simple déclaration. Cependant, l'impulsion est donnée, une dynamique est initiée.

**François Mitterrand au sommet de la Terre, à Rio. La convention sur les changements climatiques est entrée en vigueur dans l'Hexagone en 1994.**

## 1995, BERLIN

C'est la première Conférence des parties. Tandis que le Giec réaffirme le rôle des activités humaines dans le changement climatique, la logique des quotas d'émission de gaz à effet de serre s'impose sous la pression, notamment, de l'Allemagne, puissance organisatrice. « L'administration Clinton avait pourtant donné mandat à sa délégation de refuser tout engagement sur des quotas, dit Jean-Charles Hourcade. Seulement, les États-Unis se sont retrouvés piégés par les -25 % annoncés par l'Allemagne. Pour éviter l'isolement diplomatique, ils ont donc été forcés d'accepter les principes des quotas, avec l'idée qu'il sera vite associé avec un système de permis d'émission négociables. » Lesquels permis d'émission vont s'imposer deux ans plus tard, à Kyoto.



pays émergents (Inde, Chine...). Le dispositif mis en place est « relativement simple, poursuit Patrick Criqui. Il s'agit d'un système appelé "cap and trade", c'est-à-dire limitant les quantités d'émission de gaz à effet de serre autorisées, avec possibilité d'échange de quotas d'émission. Autrement dit, tout pays se voit allouer par le protocole une quantité limitée de droits d'émission de CO<sub>2</sub> pour la période 2008-2012, et peut vendre ses droits d'émission excédentaires ou, au contraire, en acheter à d'autres pays s'il ne remplit pas ses objectifs de réduction. » Mais pour empêcher que les pays les plus riches se contentent d'importer des permis d'émissions sans faire aucun effort en interne, le protocole stipule que les marchés de permis ne feront que se rajouter à des politiques domestiques.



De 2001 à 2008, les négociations politiques sur le climat sont en panne. Les défenseurs de l'environnement, pour leur part, ne faiblissent pas.



© J. SAWADY/AFP PHOTO

## 2001-2008

Après le retrait des États-Unis du protocole de Kyoto en février 2001, « le processus, gelé, s'apparente à un grand surplace », explique Jean-Charles Hourcade. Si le protocole entre en vigueur en février 2005, après avoir été ratifié par 175 pays, les Canadiens ne vont en fait pas le respecter et les Australiens vont se mettre en marge, pour ne citer qu'eux. » L'Union européenne, devant l'impossibilité de mettre en œuvre un « Kyoto sans les États-Unis », décide de développer son propre système de quotas d'émission de gaz à effet de serre (ce système est appelé *European Union Emissions Trading Scheme*) destiné à réduire les émissions dans les industries lourdes, grosses consommatrices d'énergie, et le secteur électrique. Les États-Unis se contentent pour l'essentiel d'un effort de recherche et développement pour promouvoir les technologies à faible émission de carbone. En 2007, à Bali, la 13<sup>e</sup> conférence des parties manque de capoter : les pays en développement refusent tous les engagements à 2050 tout en demandant des engagements à l'échéance de 2020 pour les pays industriels en vue de préparer la suite de Kyoto. Les États-Unis, eux, refusent des contraintes pour 2020. L'Europe, tiraillée entre les deux, a accepté les contraintes tant pour 2020 que pour 2050. L'année suivante, à Poznan, en Pologne, l'atmosphère est toujours morose : aucun progrès notable n'a été accompli dans la préparation de Kyoto II. La conférence de Copenhague marquera-t-elle un renouveau dans les négociations sur le climat ?

Philippe Testard-Vaillant

# La nécessaire adaptation au changement climatique

Quels que soient les efforts présents et futurs de nos sociétés pour réduire les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la plupart des projections tablent à présent sur un réchauffement global d'au moins 2 à 3 °C pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. « Le climat étant un système très lent, les mesures que l'on prend aujourd'hui pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ne limiteront pas le réchauffement de la planète avant plusieurs décennies », confirme Stéphane Hallegatte, en poste au Cired. D'ici là, le climat va forcément changer. »

Hausse du niveau des mers synonyme d'inondations plus fréquentes et plus graves dans les régions côtières et deltaïques<sup>1</sup>, îles submergées, raréfaction des ressources d'eau potable, fonte du permafrost dans les zones montagneuses et boréales et dégradation des infrastructures (bâtiments, routes, pipelines, etc.), cyclones tropicaux plus violents, désertification, extension des zones touchées par les maladies à vecteur (paludisme, dengue...) : l'inventaire des répercussions environnementales possibles liées au réchauffement fait froid dans le dos.

Sans parler des habitants obligés de migrer pour fuir leurs terres devenues hostiles, les éco-réfugiés. Déjà, certains des 10 000 habitants de l'atoll de Tuvalu, dans l'océan Pacifique sud, prennent le départ vers la Nouvelle-Zélande, même si cet exode n'est pas dicté par la seule montée des eaux. Tout comme ceux du village inuit de Shismaref, aux confins de l'Alaska, qui repose sur un permafrost dont la fonte s'accélère continuellement. Combien seront-ils, en 2050, à devoir fuir leur environnement immédiat, et partir à la recherche de terres plus hospitalières ? L'Institut pour l'environnement et la sécurité humaine de l'université des Nations unies, établi à Bonn, les estime à 150 millions ; le rapport Stern sur les conséquences économiques du réchauffement planétaire, publié en 2006, avance 200 millions ; l'ONG *Christian Aid* annonce même 1 milliard...

## DES POPULATIONS DÉRACINÉES

Une immense incertitude a beau nimer ces projections, des déplacements majeurs de populations à l'échelle mondiale sont à prévoir. Or, à l'heure actuelle, « les réfugiés environnementaux forment un groupe aux contours flous non » >

## POSSIBLES EFFETS D'UN RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE (projection 2050-2100)



Source : GIEC Climate change, 2007 © Dossiers d'actualité en ligne / le changement climatique / la Documentation française



© H.David/www.collectifargos.com

➤ reconnu par le droit international. Seules des interventions d'urgence coordonnées généralement par l'Ocha (United Nations Office for the coordination of Humanitarian affairs) sont mises en place en cas de catastrophes. Ces sinistrés n'ont-ils pas pour autant droit à une assistance et une protection internationale ? N'existe-t-il pas des formes de persécutions environnementales ? », s'interroge Véronique Lassailly-Jacob, membre du laboratoire Migrations internationales, espaces et sociétés (Migrinter) <sup>2</sup>. La protection juridique de ces populations « reste, pour une large part, à construire, renchérit François Gemenne, chercheur à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri). Outre la nécessaire et urgente réduction de nos émissions de gaz à effet de serre, la mise en place de politiques d'adaptation dans les régions d'origine sera le seul moyen de limiter l'ampleur des flux migratoires d'origine climatique. »

### REPENSER LA VILLE

De fait, aucun accord international d'envergure sur le changement climatique ne sera désormais possible « sans un volet significatif sur le soutien à l'adaptation des pays les plus pauvres et les plus vulnérables de la part des pays riches, responsables historiques du réchauffement, plaide à son tour Stéphane Hallegatte. Et cette aide doit englober des projets visant à s'adapter non seulement au changement climatique, mais aussi aux conditions présentes. Ainsi, le changement climatique ne justifie pas, à lui seul, l'amélioration des systèmes de drainage et d'assainissement dans les villes du Sud. Mais cette initiative, tout en résolvant les problèmes sanitaires que rencontrent actuellement ces métropoles, permettrait de limiter les conséquences futures du changement climatique ».

Mais quelles sont, tous pays confondus, les autres mesures d'adaptation à prendre d'urgence ? La montée du niveau des océans ris-

quant d'augmenter massivement les menaces d'inondation dans les villes situées au bord de l'eau, des protections côtières (digues, systèmes de drainage, pompes) vont devoir être installées un peu partout sur la planète. « Il faudra voir au cas par cas comment et par qui ces dispositifs peuvent être financés (et lorsque cela sera impossible, programmer le retrait stratégique des zones trop difficiles ou trop chères à protéger), continue Stéphane Hallegatte. Mais le plus souvent, leur coût de fabrication est très inférieur à ce que coûteraient les inondations en l'absence de protection. À Copenhague, le coût d'un mètre de montée du niveau de la mer serait de plusieurs milliards d'euros par an en l'absence de protection, alors qu'il ne serait que de quelques centaines de millions d'euros de coût ponctuel en cas de construction de digues. »

Autre problème majeur : la gestion de l'eau potable. Inondation rimant avec salinisation (des nappes phréatiques), il importe de développer de nouvelles méthodes de désalinisation. Par ailleurs, en 2025, selon les scénarios climatiques les plus pessimistes, 5 milliards de personnes pourraient vivre dans des régions souffrant d'une pénurie d'eau, notamment en Afrique et au Moyen-Orient, de quoi envisager de graves conflits autour du liquide vital. À plus long terme, le changement de climat pourrait conduire

**L'érosion du rivage due au réchauffement climatique a fait basculer la maison d'enfance de cette habitante de l'île de Shishmaref, en Alaska.**



à une diminution de 25 à 40 % des ressources en eau sur la rive sud de la Méditerranée ou dans l'Ouest des États-Unis, deux zones déjà soumises à de fortes tensions hydriques.

D'où l'importance d'améliorer l'étanchéité des canalisations (en Afrique du Nord, 50 % des pertes d'eau proviennent de tuyaux qui fuient!), de s'intéresser au dimensionnement optimal des barrages-réservoirs pour mieux stocker les surplus hivernaux d'eau, d'accélérer la construction d'usines de dessalement (bien que le sel relargué dans la mer perturbe les écosystèmes), de faire des progrès en matière de recyclage (pour qu'une même quantité d'eau puisse servir à de multiples usages successifs, de la toilette au nettoyage des rues), un domaine où s'illustre Israël, de généraliser des systèmes d'irrigation économes en eau.

L'habitat serait aussi bien inspiré de faire sa mue, et vite. Mais attention ! « En France, par exemple, la réduction des émissions de gaz à effet de serre vise notamment les consommations de chauffage des logements, assure Stéphane Hallegatte. Est-ce réellement une bonne idée de modifier les bâtiments en ne pensant qu'à réduire la consommation de chauffage, alors que l'usage de la climatisation risque d'exploser dans 30 ans avec l'augmentation des températures ? Ne faut-il pas l'anticiper ? Investir dans une économie sans carbone qui serait vulnérable au changement climatique constituerait un non-sens. À l'inverse, il serait absurde que l'adaptation se fasse au prix d'une consommation d'énergie fossile qui mettrait à mal les objectifs d'atténuation, par exemple par le dessalement de l'eau de mer... »

Quant à l'urbanisme, sous nos latitudes, les experts préconisent d'habiller les rues de verdure pour les protéger des attaques d'un soleil qui se fera de plus en plus écrasant, de les orienter de préférence Est-Ouest, de recourir, pour la construction, à des matériaux réfléchissants de couleur claire, de multiplier les patios (des cours fermées qui, à la tombée de la nuit, se remplissent d'air frais du bas vers le haut, cet air frais restant en place toute la matinée tant que le rayonnement solaire ne l'a pas entièrement réchauffé).

### UNE AGRICULTURE BOULEVERSÉE

Comment atténuer, en Asie et en Amérique centrale et du Nord, les ravages des cyclones, vu que les pertes directes liées à ces événements, aux États-Unis, pourraient augmenter de 50 % pour un réchauffement de 2 °C ? Deux solutions : soit construire des maisons plus résistantes aux vents extrêmes, soit opter pour des habitations légères et bon marché, donc faciles à reconstruire après l'évacuation de la zone touchée, comme cela se fait en Floride.

Concernant l'agriculture, la planète restera selon toute vraisemblance capable de nourrir sa population au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Mais « le réchauf-

fement devrait augmenter surtout les rendements dans certaines régions froides, comme la Sibérie, et amplifier la dépendance déjà forte du Sud aux marchés agricoles internationaux et aux productions du Nord », ajoute Stéphane Hallegatte. En France, tout indique qu'il faut s'attendre, en moyenne, à des hivers plus doux marqués par de fortes pluies, principalement dans le Nord, et à une augmentation des sécheresses estivales. « Une remontée des cultures est envisageable, un réchauffement de 1°C équivalant à un déplacement vers le nord d'environ 180 kilomètres, commente Bernard Seguin, coordinateur de la mission Changement climatique et effet de serre à l'Inra. Le réchauffement pourrait ainsi permettre l'extension de cultures réservées traditionnellement au Sud (sorgho, tournesol...), pour lesquelles le Nord et l'Est deviendraient concurrentiels. Pour le Sud, il ne serait sans doute pas impossible, techniquement parlant, d'introduire dans l'Hexagone des cultures de pays chauds comme le coton, mais qui sont trop consommatrices

s'inversera. L'incertitude des modèles complique la tâche des forestiers, dont les options ne produisent pas leurs effets avant 50 ou 100 ans. L'adaptation, à l'échelle mondiale, doit se fonder sur le développement économique, car « des populations plus riches sont en général moins vulnérables, grâce à un meilleur habitat, une économie plus diversifiée, des services de santé plus efficaces et

un niveau d'éducation plus élevé, conclut Stéphane Hallegatte. Mais le développement doit également tenir compte de la nécessité de l'adaptation, car il peut aussi augmenter la vulnérabilité. Ceci s'illustre parfaitement dans le cas asiatique où le développement s'accompagne d'une urbanisation sauvage dans des zones inondables ». De même, développement et réduction des émissions doivent aller de pair.

« L'idée que les pays pauvres doivent d'abord se développer, puis réduire leurs émissions est dangereuse : ces pays vont-ils bâtir des villes, des systèmes énergétiques et des infrastructures de transport dépendant du pétrole et du véhicule individuel pour immédiatement réinvestir massivement afin de les transformer et les rendre plus propres ? Il faudrait au contraire affirmer le droit des pays en développement à se développer d'une façon qui soit aussi adaptée que possible au changement climatique », c'est-à-dire en émettant

peu de carbone et en réduisant leur vulnérabilité aux risques naturels.

Philippe Testard-Vaillant

1. Une montée du niveau de la mer d'un mètre entraînerait l'inondation permanente de 15 à 18 % des zones basses du Bangladesh, le déplacement de plus de 10 millions de personnes et la perte de terres agricoles de grande qualité.
2. Unité CNRS / Université de Poitiers.



Très vulnérables au risque de montée des eaux, les Pays-Bas explorent des moyens d'adaptation, comme les maisons flottantes.

Les toits végétalisés, comme ici à Pékin, permettent une meilleure isolation thermique tout en captant le CO<sub>2</sub>.



© ChinaFotoPress/MaxPPP

d'eau, et pour quels marchés ? Les agrumes ne seraient pas à l'abri d'épisodes de gels d'hiver. »

La vigne ? Si cette dernière a manifesté une bonne capacité d'adaptation à la canicule de 2003, « la perspective de connaître régulièrement de telles conditions extrêmes laisse malgré tout planer un doute sur la possibilité de conserver les caractéristiques ancestrales du vignoble français puisqu'il n'est pas envisageable de délocaliser les AOC, liées au terroir. Cela paraît possible avec un réchauffement modéré, plus problématique dans une hypothèse de 4 à 5°C », commente le même agronome.

Pour l'élevage, qui a beaucoup souffert de l'été 2003, la précaution prioritaire est de constituer des stocks fourragers en prévision d'épisodes estivaux aussi chauds et secs. Pour les forêts, enfin, la stimulation de la photosynthèse par l'accroissement du CO<sub>2</sub> atmosphérique va favoriser leur croissance, dans un premier temps. En revanche, pour des valeurs de réchauffement plus élevées (de l'ordre de 2 à 3°C), le mouvement

## POUR EN SAVOIR PLUS

### À LIRE

> **Nouveau climat sur la terre. Comprendre, prédire, réagir.** Hervé Le Treut, éd. Flammarion, 2009, 280 p.

> **L'humanité face au changement climatique,** Robert Dautray et Jacques Lesourme, éd. Odile Jacob, 2009, 320 p.

### À VOIR

> **EfferveSciences / Océans et climat** (2009, 29 min) de Didier Deleskiewicz,

produit par CNRS Images

À visionner en ligne sur [http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id\\_doc=2013](http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2013)

> **Mais où vont les neiges d'antan ?**

(2008, 34 min) de Katarzyna W. Chambenoit, produit par CNRS Images et la société de production audiovisuelle Point du jour

En savoir plus : <http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id>

\_doc=2010

Contact : Véronique Goret (Ventes), CNRS Images – Vidéotheque  
Tél. : 01 45 07 59 69 – [videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr](mailto:videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr)

### EN LIGNE

**Climat, une enquête aux pôles.**

Un dossier de la collection *Sagascience* du CNRS : [www.cnrs.fr/enquete\\_aux\\_poles](http://www.cnrs.fr/enquete_aux_poles)

# ÉCOLOGIE L'océan à dos d'éléphant



© CNRS Photothèque/CEBC

2



1



3

Depuis 2003, sur les îles Kerguelen, des biologistes se livrent à un drôle de rodéo sur le dos des éléphants de mer, pour les équiper d'une balise Argos de dernière génération. Celle-ci permet de mieux connaître leur mode de vie mais aussi d'en savoir plus sur les caractéristiques de l'océan Austral.



4

© Photos : C. Guinet/CNRS Photothèque/CEBC

**1** Cet éléphant de mer femelle a été équipé d'une balise Argos à Kerguelen. Celle-ci permet de suivre l'animal à la trace et de recueillir de précieuses informations sur les eaux qu'il traverse.

**2** Trajets effectués par des éléphants de mer de Kerguelen (en bleu), de Géorgie-du-Sud (en rouge), des îles Shetland-du-Sud (en orange) et des îles Macquarie (en rose). Grâce à ces données, les chercheurs ont compris pourquoi ces différentes communautés avaient évolué différemment au cours des dernières décennies.



5



6



7



8

**A** raison d'un poids de trois tonnes pour les plus gros mâles, coller une balise sur la tête d'un éléphant de mer, le plus grand des phoques, est un exercice plutôt sportif. Mais le jeu en vaut la chandelle. L'appareil de 500 grammes qui servira, pendant les 8 mois de son séjour en mer, de couvre-chef au pinnipède, est un petit bijou de technologie. Dans les terres Australes et Antarctiques françaises, les chercheurs du Centre d'études biologiques de Chizé (CEBC) du CNRS et leurs confrères équipent également des animaux plus petits, comme les albatros et les manchots royaux, de balises Argos permettant de suivre leurs déplacements, couplées à des enregistreurs mesurant la profondeur et la température des masses d'eau traversées. Mais pour récupérer ces informations, il faut remettre la main sur l'appareil. Au contraire, la balise des éléphants de mer, relativement lourde mais plus perfectionnée, assure la transmission en direct des données de profondeur,

température et salinité, chaque fois que l'animal vient respirer à la surface. Les quelques 80 éléphants de mer équipés à Kerguelen depuis le début de ces travaux<sup>1</sup>, en 2003, ont ainsi permis de jeter un éclairage inédit sur l'écologie de l'espèce. Mais ils ont aussi contribué à l'amélioration des connaissances sur les caractéristiques physiques et biologiques de l'océan Austral.

« À l'origine, notre objectif était de comprendre pourquoi les effectifs des colonies des îles Kerguelen et Macquarie, pourtant éloignées de plusieurs milliers de kilomètres, se sont effondrés de moitié dans les années 1970, tandis qu'une troisième population subantarctique, celle de l'archipel de Géorgie-du-Sud, restait stable, raconte Christophe Guinet, biologiste au CEBC et coordinateur de la contribution française du programme. En l'absence d'une prédation exceptionnelle ou d'une raréfaction des proies due à la surpêche, notre hypothèse était qu'un changement était intervenu dans l'environnement des phoques des îles Kerguelen et >

**3** Simulacre de combat entre deux jeunes éléphants de mer mâles. À l'âge adulte, ces derniers pèsent jusqu'à trois tonnes contre 600 kilos pour les femelles.

**4 5 6 7** Pour capturer un éléphant de mer, les biologistes s'arment d'abord d'un grand « sac de tête » qui bloque la mâchoire de l'animal et l'aveugle. Deux personnes sont ensuite nécessaires pour le maîtriser. Puis une péridurale qui immobilisera l'animal une trentaine de minutes est pratiquée...

**8** ... le temps de le mesurer, et de le peser.

**9 10 11** À l'aide d'une colle à prise rapide, l'éléphant de mer (ici, un mâle de 1500 kilos), est équipé d'une balise Argos. Ces pinnipèdes passent la plus grande partie de leur vie au large et sont capables de plonger jusqu'à 2000 m de profondeur.



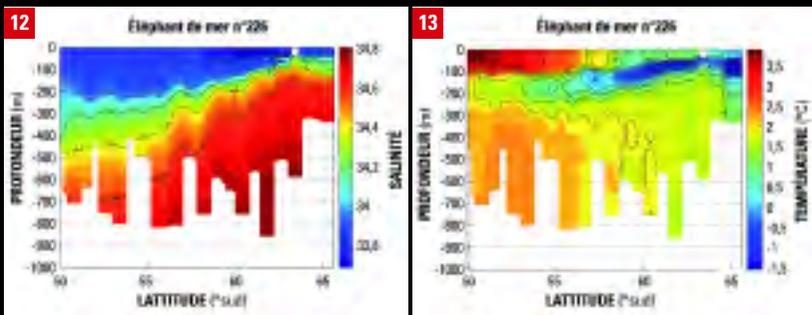
9



10



11



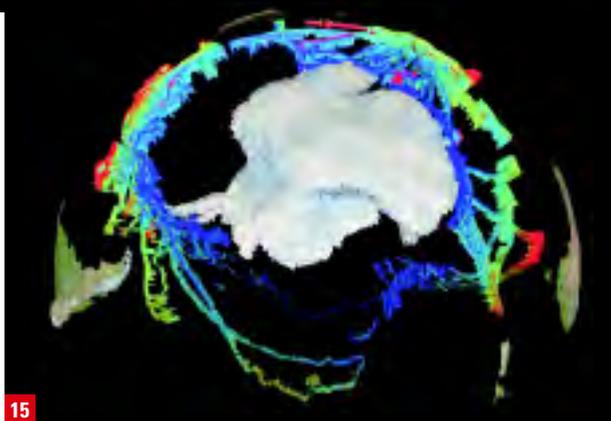
**12 13** Relevés de salinité (à gauche) et de température (à droite) le long de la trajectoire d'un éléphant de mer parti des îles Kerguelen pour aller s'alimenter, durant l'automne austral, près de l'Antarctique.

**14** Profils de température le long d'un trajet d'un jeune éléphant de mer. Parti de Kerguelen en mars, l'animal a atteint le bord de la banquise en avril, au terme d'un trajet de 2000 km. Il a traversé des masses d'eau de  $-1,8^{\circ}\text{C}$  (en bleu foncé), et plongé jusqu'à 1200 m.

**15** En équipant simultanément des éléphants de mer à Kerguelen, en Géorgie-du-Sud et aux îles Macquarie, les chercheurs ont obtenu cette couverture de l'Océan Austral en profils de température.

**16** À Kerguelen, d'autres animaux, telles ces otaries antarctiques, sont équipés de balises plus compactes qui produisent des jeux de données à très haute résolution spatiale et temporelle. Cependant, pour les récupérer, les chercheurs doivent capturer l'animal lorsqu'il revient à terre, tous les dix jours environ.

**17** Campement sur les îles Kerguelen à partir duquel sont conduits les travaux de recherche sur les éléphants de mer et les otaries antarctiques.

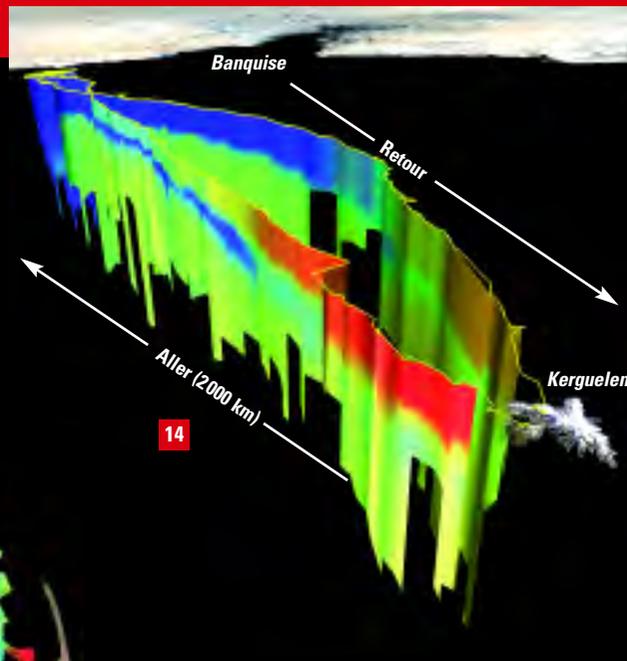


**15**

**> Macquarie.** Mais nous ne connaissons même pas leurs déplacements en mer ! L'idée était donc de caractériser les zones où les animaux de ces trois colonies trouvent leur nourriture. » L'initiative n'a pas manqué de séduire les océanographes, qui avaient cruellement besoin d'un système d'observation efficace pour l'Océan Antarctique alors que celui-ci joue un rôle majeur dans la régulation du climat.

Les balises ont permis d'identifier les zones de pêche les plus favorables aux éléphants de mer. « Nous avons utilisé des indices comme la vitesse de déplacement ou le temps passé au fond lors d'une plongée. Plus surprenant, la manière dont l'animal dérive passivement lors de descentes très particulières où il se repose en apnée à environ 300 mètres de profondeur peut aussi renseigner sur l'abondance des proies dans le secteur. Car dans cette situation, un phoque qui s'amaigrit aura tendance à couler au fil des plongées alors que s'il s'engraisse, il remontera. » Grâce aux capteurs de salinité et de température, ces environnements ont été caractérisés. « Par exemple, en Antarctique, les meilleures zones de pêche correspondent à des eaux très froides, liées à la présence d'icebergs, explique Christophe Guinet. Il est possible que le froid rende les poissons léthargiques, ce qui facilite leur capture. »

Ainsi, les variations observées dans les années 1970 seraient liées au fait que les trois colonies d'éléphants fréquentent des zones de pêche différentes : « Les populations des îles Kerguelen et Macquarie, qui se nourrissent en Antarctique, ont été victimes d'un réchauffement des eaux de surface dans la région durant les années 1960-1970. Celui-ci aurait entraîné une diminution de l'abondance du krill, à la base de la chaîne alimentaire, explique Christophe Guinet. La population de Géorgie-du-Sud, qui exploite principalement la zone subantarctique, n'a en revanche pas été touchée. » Autre domaine de la recherche alimenté par nos éléphants de mer : l'océanographie. Les animaux mar-



**14**

qués représentent aujourd'hui la première source de données sur la température et la salinité de l'Océan Austral, et fournissent 98 % des informations obtenues dans la zone de banquise de l'hémisphère Sud. Mises à disposition de la communauté internationale via la base de données Coriolis, ces informations sont exploitées pour l'océanographie opérationnelle, qui consiste à prévoir l'état de l'Océan. Elles permettent aussi d'étudier la réponse du milieu marin aux changements climatiques. « Nous espérons pérenniser ces travaux pour les dix prochaines années, en les intégrant à un observatoire à vocations écologique et océanographique », conclut Christophe Guinet. Le rodéo à dos d'éléphant n'est peut-être pas terminé.

Marie Lescroart



**17**

1. Ces recherches sont le fruit d'une collaboration entre des chercheurs du CEBC, du MNHN, de l'Université de Tasmanie et du Sea Mammal Research Unit de l'Université de Saint Andrews, en Écosse, dans le cadre des programmes internationaux SEAOS puis MEOP. Elles ont bénéficié du soutien de l'Ipev, du Cnes, de la Fondation Total, de l'ANR VMC / Ipsos-Seal, et du groupe de Mission Mercator Coriolis.

**→ En savoir plus :**

*Mémoires d'un éléphant de mer* (2008, 32 min) de François de Riberolles, produit par CNRS Images et Bonne Pioche Productions [http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id\\_doc=2015](http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2015)

## CONTACT

**→ Christophe Guinet**

Centre d'études biologiques de Chizé,  
Beauvoir-sur-Niort  
[christophe.guinet@cebc.cnrs.fr](mailto:christophe.guinet@cebc.cnrs.fr)



# Afsaneh Gaillard

Neurobiologiste

## Réparatrice de neurones

**D'**emblée, son prénom aux consonances exotiques intrigue. « *Je suis iranienne* », précise tout sourire Afsaneh Gaillard, chevelure sombre et habits noirs. Fuyant son pays natal à l'aube de la révolution islamiste, elle a directement posé ses valises en terres poitevines. La voici aujourd'hui enseignante-chercheuse à l'Institut de physiologie et de biologie cellulaires<sup>1</sup> de Poitiers, enchaînant les succès scientifiques. Dernier en date, la création – de pair avec l'équipe bruxelloise de Pierre Vanderhaeghen – d'une source illimitée et fiable de neurones spécifiques du cortex qui pourrait être utilisée à des fins thérapeutiques<sup>2</sup>. La clé ? Des cellules souches embryonnaires de souris, que les chercheurs ont cultivées pour obtenir différents types de neurones, puis implantées avec succès dans le cortex de souris nouveau-nées. « *La greffe de neurones permettra de réparer le cerveau, j'en suis persuadée !* », s'enthousiasme la scientifique.

Mais revenons à ses premiers pas dans l'Hexagone, en 1981. Sur les bancs universitaires, elle vit une double immersion au cœur de notre langue et des sciences, sa passion de toujours. Séduite par la complexité « *un peu mystique* » du cerveau, Afsaneh Gaillard entre pour sa thèse au laboratoire « Biomembranes et signalisation cellulaire » de l'université de Poitiers. À cette école de l'autonomie – « *Dès le début, j'ai dû résoudre toute seule les problèmes de manip. Et finalement, j'ai trouvé cela très bien.* » – elle s'initie au développement du cerveau... loin de la réparation cérébrale qui la fascine déjà. Bien lui prend : « *C'est là que j'ai compris qu'avant de réparer le cerveau il était indispensable de décrypter ses mécanismes de formation.* » À l'époque, deux théories s'affrontent : l'une voit le cortex se développer sous l'influence de facteurs extérieurs, l'autre suggère une seule programmation génétique. Grâce à la technique de transplantation, « *alors toute nouvelle* », Afsaneh montre, chez le rat nouveau-né, que même greffées dans le cortex visuel, les cellules embryonnaires du cortex moteur conservent leur nature initiale. Et de trancher en faveur des gènes. Dès lors s'enchaînent les publications.



“ La greffe de neurones permettra de réparer le cerveau, j'en suis persuadée ! ”

Dans le même temps, elle s'essaie à la transplantation de cellules embryonnaires chez l'adulte. Objectif : réparer les lésions neurologiques. Nous sommes en 1990, et personne n'y croit. « *En fait, nos outils n'étaient pas encore assez puissants pour montrer cette réparation.* »

En 1996, sans changer de laboratoire, la voici nommée maître de conférences en neurophysiologie. Tout à l'encadrement des étudiants, elle lutte pied à pied pour continuer ses expériences de transplantation. Et cette fonceuse aura raison de certaines résistances. Mais c'est véritablement en 2003 qu'Afsaneh Gaillard prend son envol. Désormais à la tête du projet « Approche thérapeutique des maladies neurodégénératives »<sup>3</sup>, elle franchit un cap avec l'utilisation d'embryons de souris vertes GFP (*Green Fluorescent Protein*). En greffant leurs cellules corticales dans le cortex moteur abimé d'une souris adulte, les chercheurs espèrent visualiser une réparation. Bingo. Les circuits de neurones sont bel et bien restaurés. Publiés en 2007<sup>4</sup>, les résultats sont d'abord accueillis avec une incrédulité qui laisse rapidement place à l'admiration.

À la lumière de ces découvertes, on envisage de soigner autrement les maladies neurologiques, Parkinson en tête. Rappelons que cette pathologie provient de la dégénérescence des neurones à dopamine, concentrés dans la substance noire, une petite zone située au cœur du cortex cérébral. Leur prolongement (les axones) atteignent une zone du cortex plus périphérique, le striatum.

C'est là – et non pas dans la substance noire – que l'on essayait de greffer des neurones embryonnaires dopaminergiques. Sans résultat fracassant. Mais notre neurobiologiste a changé la donne avec ses derniers travaux, parus en juillet dernier<sup>5</sup>. Sur des souris rendues parkinsoniennes, elle a montré qu'il était plus efficace de greffer des cellules embryonnaires dans la substance noire. En gros, ces cellules parviennent à rétablir la voie dopaminergique et, de fait, à améliorer sur le long cours l'état de l'animal.

Dans son domaine, la compétition est rude, ce qui n'est pas pour déplaire à notre chercheuse. Et pas question, malgré les nombreuses offres, de quitter son fief. « *Tout marche bien ici !* » Aucun regret, donc, à l'exception du manque de temps. Son mari, enseignant-chercheur également, en sait quelque chose.

Patricia Chairopoulos

1. Laboratoire CNRS / Université de Poitiers.

2. *Nature*, vol. 455, n°7211, pp. 351-357, 18 décembre 2008.

3. Au sein de l'équipe « Physiologie des troubles neurodégénératifs et adaptatifs » dirigée par Mohamed Jaber.

4. *Nature Neuroscience*, vol. 10, n°10, pp. 1294-1299, octobre 2007.

5. *Neurobiology of Disease*, vol. 35, n°3, pp. 477-488, septembre 2009.

### CONTACT

→ Afsaneh Gaillard

Institut de physiologie et de biologie cellulaires,  
Poitiers  
afsaneh.gaillard@univ-poitiers.fr

MÉDAILLE D'OR DU CNRS

# Le dompteur de photons

Le 16 décembre prochain, à la Sorbonne, Serge Haroche recevra la médaille d'or 2009 du CNRS. La plus importante distinction scientifique française récompense cette année un physicien exceptionnel qui a su élaborer des expériences très raffinées afin d'observer ce qui se trame dans le monde étrange de l'infiniment petit. Des expériences dont les inventeurs de la physique quantique avaient rêvé il y a près de 100 ans.

**S**erge Haroche a ouvert une nouvelle fenêtre sur le monde microscopique, en nous permettant d'observer des phénomènes quantiques et des mécanismes de mesure fondamentaux dans des expériences qui semblaient jusqu'alors inconcevables (...). Niels Bohr a dit un jour que la vérité et la clarté ne peuvent être atteintes simultanément, mais l'œuvre de Serge Haroche montre que c'est possible. C'est en ces termes que Daniel Kleppner, professeur au MIT, parle du lauréat de la médaille d'or du CNRS 2009.

Niels Bohr n'est rien de moins que le père fondateur de la théorie quantique. Avec Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger et d'autres physiciens de ce calibre, il révéla dans les années 1920 le monde étrange de l'infiniment petit : à cette échelle, impossible de connaître simultanément avec certitude le mouvement et la position d'une particule. Elle peut être à la fois ici et là, tourner simultanément dans un sens et dans l'autre. Pour illustrer cette étrange superposition d'états, les pionniers de la physique quantique imaginaient d'ingénieuses expériences de pensée. Ces expériences, Serge Haroche, 65 ans, à peine quelques cheveux blancs, s'emploie à les réaliser depuis plus de trente ans. Avec toujours plus d'élégance.

De sa voix rauque et douce, avec hauteur mais bienveillance, il en explique l'objectif : « Il s'agit d'observer la superposition d'états des particules pour tâcher de comprendre à partir de quel moment un système cesse d'être quantique et bascule dans le monde classique. » Ce monde, c'est celui auquel appartiennent les systèmes formés d'un nombre gigantesque de particules et qui eux, ne peuvent pas manifester l'ubiquité quantique : une table, un être humain, un coléoptère... Ce basculement d'un monde à l'autre porte un nom : la décohérence. La comprendre, c'est comprendre pourquoi le monde dans lequel nous vivons, constitué de milliards de particules élémentaires quantiques, nous apparaît comme classique. « La décohérence se produit parce que le système est en quel-

que sorte perturbé par son environnement macroscopique et finit par prendre position. Observer le système avant que la décohérence ne survienne, c'est-à-dire pendant le bref instant où il est encore cohérent, est une opération extrêmement délicate. »

Mais Serge Haroche est passé maître dans l'art de surprendre la cohérence quantique. Pour observer ce phénomène fugace, il a dû mettre au point des méthodes expérimentales fines et...

originales : il emprisonne des photons "en cage". (Lire l'encadré.) Pour observer la superposition d'états des particules sans que la mesure ne perturbe trop le système, il a eu le premier l'idée, dans les années 1970, d'utiliser des « atomes sondes » très particuliers. Ces atomes, dits de Rydberg, prennent une empreinte de la cavité, un peu comme des rayons X prennent une empreinte de l'intérieur du corps humain. Cette empreinte révèle l'état quantique des photons.

## UNE TRAJECTOIRE COHÉRENTE

C'est non sans une certaine fierté qu'il fait visiter l'ancre où se déroulent ces étranges expériences : une pièce au sous-sol de l'ENS dont les diverses machineries forment un méli-mélo impénétrable au milieu duquel il est presque impossible de circuler. Vrai modeste, il assure que « malgré la complexité du dispositif, la théorie physique sous-jacente est finalement très simple. Mais >

## DES CHATS EN CAVITÉ

Les expériences en cavité réalisées par l'équipe du Laboratoire Kastler Brossel (LKB) étudient l'étrangeté du principe de superposition, en préparant ce que les physiciens ont pris l'habitude d'appeler des chats... de Schrödinger. Non par affection, mais en référence à une célèbre expérience de pensée formulée par Erwin Schrödinger en 1935. Pour illustrer la superposition d'états de particules, celui-ci avait imaginé le dispositif suivant : dans une cage dans laquelle se trouve un chat, une fiole de poison est reliée à un mécanisme lui-même en contact avec un atome radioactif. Si l'atome se désintègre, la fiole se déverse dans la cage, et le chat meurt.

S'il ne se désintègre pas, la fiole reste intacte et le chat, vivant. Or, selon la théorie quantique, l'état de l'atome est incertain : il a autant de chance de se désintégrer que de rester intact. De ce fait, impossible de savoir si le chat est mort ou vivant : il est à la fois l'un et l'autre. Dans les expériences du LKB, le chat est remplacé par une poignée de photons (de la portion micro-ondes du spectre électromagnétique). Afin de surprendre leur superposition d'états, l'équipe les « met en cage » dans une cavité, plus précisément entre deux parois circulaires de 5 cm de diamètre se faisant face. Ces parois sont recouvertes de miroirs ultraréfléchissants portés à une température proche du zéro absolu. Avec ce dispositif, les photons rebondissent plus d'un milliard

de fois d'une paroi à l'autre, ce qui signifie qu'ils parcourent 40000 km, l'équivalent de la circonférence de la Terre ! Ceci permet de retarder considérablement le moment où ils se perdent dans les miroirs. Leur durée de vie est portée à 130 millisecondes, ce qui laisse le temps d'observer le système quantique avant que la décohérence ne survienne. Mais comment surprendre le système quantique ? Toute mesure habituelle du champ avec un appareil le perturbera et le forcera à se positionner. La clé, ce sont les atomes sondes. Des atomes sont placés dans un état de Rydberg<sup>1</sup> : ils sont bombardés par une série de photons afin de placer un de leurs électrons sur une trajectoire circulaire très « excitée » c'est-à-dire de diamètre 2 500 fois plus grande que celle du même électron dans l'état fondamental de l'atome.



Serge Haroche et son collègue Igor Dotsenko examinent une cavité « piège à photons ».

A close-up portrait of a middle-aged man with short, graying hair and glasses. He is wearing a dark blue collared shirt and a dark grey jacket. He has a slight smile and is looking directly at the camera. The background is dark and out of focus.

Ces atomes « géants » se couplent à merveille avec les photons micro-ondes et permettent de les détecter de manière douce, sans absorber l'énergie lumineuse ni trop perturber le système, en emportant une empreinte de l'état du champ. L'équipe en tire des cartes quantiques, espèces de radiographies de l'état du champ piégé dans la cavité. On y découvre deux pics, signatures des états classiques (les équivalents des états « mort » et « vivant » du fameux chat). Et entre ces deux pics, des franges d'interférences, signes de la superposition quantique qui s'effacent progressivement lorsque l'on effectue une radiographie quantique du champ en fonction du temps. Cet effacement révèle de façon spectaculaire le processus de la décohérence quantique.

É.B.

1. Rydberg fut un des fondateurs de la spectroscopie atomique.

*« Cette médaille, je la considère comme une reconnaissance du travail de toute mon équipe... »*

> *il est vrai qu'elle est difficile à exprimer en dehors des équations. Il faut un minimum de maths.* »

Le langage des mathématiques, il le parle couramment depuis longtemps. Après une enfance passée à Casablanca, il arrive à Paris en 1956. Au lycée Carnot, puis à Louis-le-Grand en classes préparatoires, il découvre qu'en sciences, les maths rendent tout puissant : « *J'ai réalisé que grâce à elles, on pouvait prédire et comprendre la nature.* » Cette aisance en mathématiques lui vaut d'être reçu premier au concours de l'X mais il lui préfère la voie de la recherche à l'ENS, séduit par l'idée de recherche fondamentale. Un choix méritant ? Pas tant que ça, tempère-t-il : « *Aborder une carrière dans la recherche était beaucoup plus facile dans les années 1960 que ça ne l'est aujourd'hui.* »

En 1963, il fait donc son entrée à l'ENS et s'oriente vers la physique. Mais

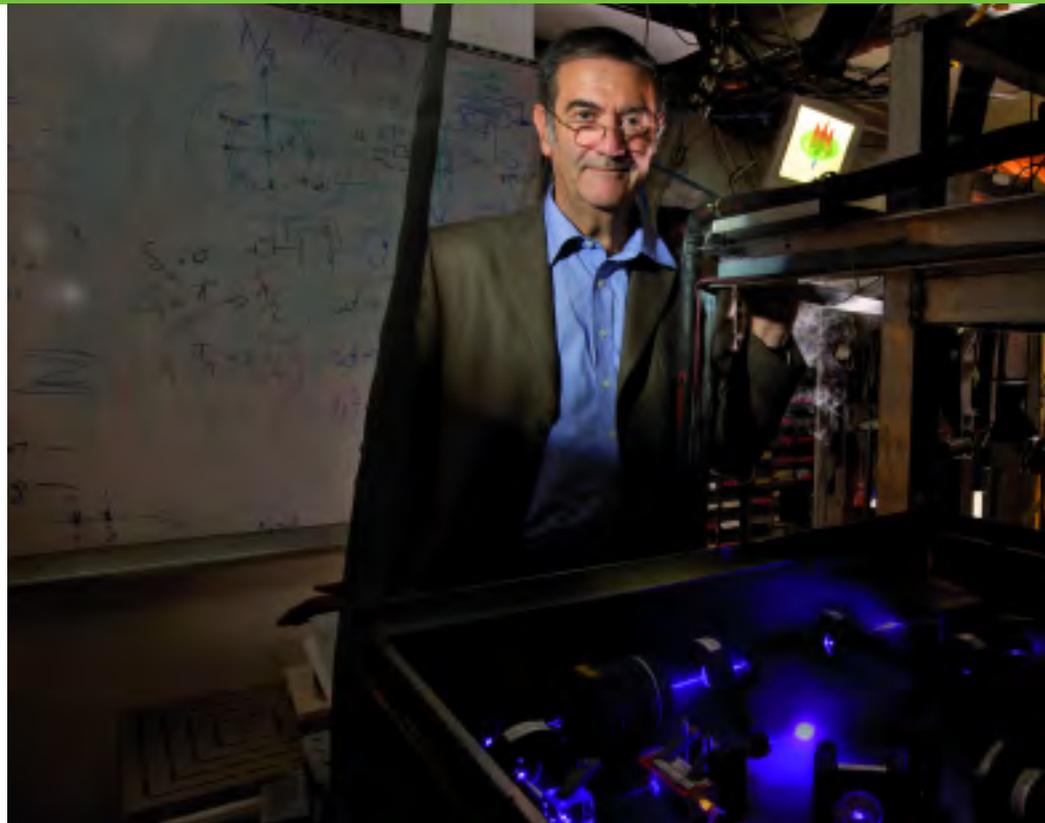
au fait, pourquoi la physique quantique ? « *Elle était en rupture totale avec la physique classique du lycée et des classes préparatoires. J'ai été tout de*

**Dans ce laboratoire, les chercheurs piègent et comptent les photons. Sur l'écran, une carte quantique révèle la superposition d'états des photons dans la cavité.**

*suite fasciné par le monde microscopique étrange qu'elle nous faisait découvrir.* » Il intègre le Laboratoire de spectroscopie hertzienne<sup>1</sup> en 1966 avec enthousiasme et une certaine fierté : le laboratoire, à l'avant-garde mondiale de la recherche en physique quantique, est alors animé par de grandes figures. Il y a Alfred Kastler, le « *visionnaire poète* », Jean Brossel, « *l'expérimentateur audacieux* ». Tous deux viennent alors de mettre au point la méthode du pompage optique qui permet, ce qui était jusqu'alors inconcevable, de manipuler les atomes par la lumière avec une exquisite précision. Il y a aussi Claude Cohen-Tannoudji bien sûr, « *le cartésien rigoureux* » qui élaborera le formalisme complet du pompage optique et qui sera son directeur de thèse. À sa sortie de l'ENS, il entre au CNRS comme attaché de recherche. Puis, de 1975 à 2001, il partage son temps de professeur de physique entre l'université Pierre-et-Marie-Curie et les grandes universités américaines : Stanford, MIT, Harvard, Yale, où il est successivement invité.

### UN PROGRAMME CHARGÉ

Les recherches qu'il mène dans les années 1970 autour des atomes de Rydberg engendreront une moisson de résultats fondamentaux qui ont permis de mieux comprendre l'interaction de la lumière avec la matière. « *Cette interaction joue un rôle essentiel dans la nature puisque la lumière, émise et absorbée par les atomes, est le véhicule privilégié de toute l'information qui nous provient du monde qui nous entoure.* » Parallèlement, il élabore ses expériences de pièges à photons jusqu'à l'étape ultime où il est capable d'observer, dans une cavité, la danse d'un seul atome avec un seul photon. Le degré de raffinement de ces cavi-



tés quantiques qu'il atteint avec ses équipes force l'admiration de ses confrères à travers le monde. Aujourd'hui directeur du groupe d'électrodynamique des systèmes simples au Laboratoire Kastler Brossel et professeur titulaire de la chaire de physique quantique du Collège de France, Serge Haroche est auteur de plus de 170 publications et a reçu une dizaine de prix scientifiques, dont la médaille d'or du CNRS. « *Cette médaille, je la considère comme une reconnaissance du travail de toute mon équipe sur le long terme et comme une marque de l'importance que le CNRS porte à la recherche fondamentale.* »

Pour le chercheur cependant, pas question de se reposer sur ses lauriers. Le programme à venir est plutôt chargé : « *Notre objectif est de perfectionner encore les expériences afin de contrôler la décohérence : la retarder le plus possible et comprendre pour quelles raisons elle se produit.* » Dans ses projets également : continuer d'explorer en profondeur un des champs d'application potentiels de ses travaux, celui de l'information quantique. Ce domaine de recherche, en plein essor depuis une quinzaine d'années, est porteur de technologies innovantes, comme la cryptographie quantique. Serge Haroche n'a vraisemblablement pas terminé de jouer avec l'infiniment petit. Mais ne se sent-on pas en décalage lorsqu'on est si intime avec cet univers étrange dont le monde entier (ou presque) ignore même l'existence ? « *C'est vrai qu'il y a bien longtemps que j'ai arrêté de parler de mon travail dans les salons !* », répond-il avec humour avant d'exprimer un regret : « *Je trouve dommage que la science soit si mal comprise. Je suis frappé de constater qu'aujourd'hui, on peut dire de quelqu'un qu'il est très cultivé même s'il ignore tout des grandes théories scientifiques ! Et je considère*

*comme un gâchis que des étudiants doués en maths s'orientent vers la finance parce que c'est plus lucratif que le métier de chercheur.* »

C'est sans doute pour cela qu'il ne manque jamais une occasion de rendre hommage à ses étudiants et collègues chercheurs. À Jean-Michel Raimond et Michel Brune d'abord, qui ont été ses étudiants respectivement de 1977 à 1984 et de 1985 à 1988 et qui sont aujourd'hui ses collègues au Laboratoire Kastler Brossel. « *C'est simple, je n'aurais rien pu faire sans eux. Et les travaux qui sont reconnus aujourd'hui sont autant les leurs que les miens* », lâche-t-il sans hésitation. Il n'oublie pas non plus tous les autres étudiants que son équipe a formés : « *Nos recherches ont été possibles notamment grâce à des générations d'étudiants en thèse et de postdoctorants exceptionnels.* »

### UN ESPRIT OUVERT AU MONDE

En dehors de la physique, Serge Haroche a une vie bien remplie : il est marié, père de deux enfants, trois fois grand-père et voue une grande passion à toute forme d'expression artistique. En particulier, la peinture de l'école de la sécession viennoise et l'expressionnisme allemand du début du siècle dernier. « *Je crois qu'il y a des liens entre les différents courants de peinture et les bouleversements scientifiques, avance-t-il. J'essaie de les déceler.* » Sa nourriture intellectuelle passe aussi par d'autres sciences que la physique quantique. La cosmologie par exemple, ou les théories de l'évolution. Les sciences humaines également, champs de réflexion de sa femme, anthropologue et sociologue au CNRS. « *Claudine m'a ouvert l'esprit à l'histoire des mentalités, plus précisément l'histoire des manières d'être et de ressentir qui la passionne et qui est cruciale pour comprendre les*

## OCÉANOGRAPHIE

## Nemo, un modèle pour tous

Le projet européen MyOcean va fournir des informations précises sur l'océan grâce à Nemo, une plateforme de modélisation développée sous l'égide du CNRS.

**Q**uel océan fera-t-il demain ? C'est la question à laquelle se propose de répondre le projet européen de surveillance et de prévision océanique MyOcean, lancé cette année<sup>1</sup>. Réunissant 61 partenaires de 29 pays différents, il est coordonné par le groupement d'intérêt public Mercator Océan<sup>2</sup> auquel participe le CNRS. Objectif : fournir, dès 2012, une information de référence sur l'état des océans.

Mais pour passer de l'observation aux prévisions, il faut s'appuyer sur des modèles éprouvés et évolutifs. Celui auquel s'adosse MyOcean s'appelle Nemo (*Nucleus for European Modeling of the Ocean*). « Cette plateforme de modélisation<sup>3</sup> est le fruit de près de 30 ans de recherche fondamentale, d'abord menée par le CNRS », rappelle Claire Lévy, sa coordinatrice. Il intègre en effet les modèles de « l'océan bleu », c'est-à-dire les paramètres physiques comme la température, la salinité, les courants, le niveau de la mer, de « l'océan blanc », la glace de mer, et de « l'océan vert », les paramètres biogéochimiques.

Depuis l'an dernier, un consortium européen rassemble autour de Nemo le CNRS, Mercator-Océan, le service national de météorologie britannique (Met-Office) et le Centre national d'océanographie de Southampton du Conseil de recherche pour l'environnement britannique (NOCS-NERC). « Ces nouveaux acteurs se sont engagés à leur tour dans le développement durable de la plateforme », souligne Claire Lévy, qui insiste sur le côté

évolutif de Nemo. De fait, la plateforme intègre sans cesse de nouvelles dimensions, plus sophistiquées, mais reste un programme accessible et ouvert à tous avec désormais plus de 40 projets dans 50 pays.

Une telle richesse attire évidemment des utilisateurs très variés : Mercator Ocean, au premier rang, mais aussi des équipes d'océanographes ou encore le Groupement intergouvernemental sur le changement climatique (Giec) car l'océan est une composante essentielle du climat. Dernier en date, MyOcean l'utilisera pour fournir de l'information océanographique à des utilisateurs tels que l'Agence européenne de l'environnement ou l'Agence européenne de sécurité maritime.

Virginie Lepetit

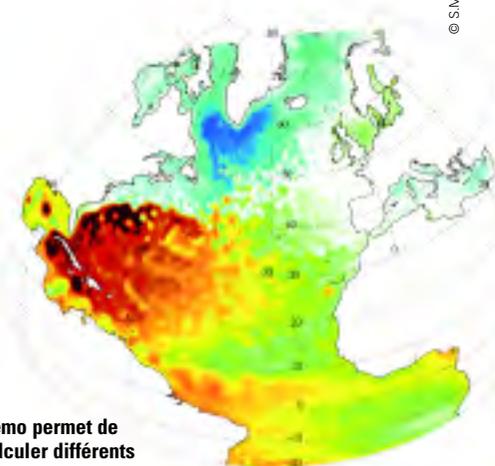
## → En ligne

[www.nemo-ocean.eu/](http://www.nemo-ocean.eu/)

1. Le projet MyOcean est soutenu par la Commission européenne dans le cadre du programme GMES (Global Monitoring for Environment and Society).

2. Créé en 2002 à Toulouse par le Cnes, le CNRS, l'Ifremer, l'IRD, Météo-France et le Shom, Mercator Océan développe et gère des systèmes de modélisation permettant de décrire à tout instant l'état de l'océan. Il permet à l'échelle du globe la description 3D de l'océan en temps réel et sa prévision jusqu'à 14 jours à partir de données satellites ou in situ (*Lire* Le journal du CNRS n° 213 d'octobre 2007).

3. Cette plateforme est un outil national de l'Insu.



Nemo permet de calculer différents paramètres de l'océan, comme ici la hauteur du niveau des mers dans la région du Gulf Stream.

## CONTACTS

→ Claire Lévy  
Locean, Paris  
[claire.levy@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:claire.levy@locean-ipsl.upmc.fr)

→ Pierre Bahurel  
Shom, Toulouse  
[pierre.bahurel@mercator-ocean.fr](mailto:pierre.bahurel@mercator-ocean.fr)

« J'ai réalisé que grâce aux maths, on pouvait prédire et comprendre la nature. »

© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

évolutions que nous vivons dans un monde globalisé, un monde qui bouleverse nos façons de percevoir et de penser. »

Ainsi, Serge Haroche, l'homme qui sait pénétrer l'intimité des particules, est aussi un homme de son temps, solidement ancré dans le monde classique. Un homme qui fait sans cesse le pont entre un univers et l'autre, entre la cohérence et la décohérence.

Émilie Badin

1. Qui devait devenir le Laboratoire Kastler Brossel (LKB) dans les années 1990. Ce dernier est commun au CNRS, à l'ENS Paris et à l'université Pierre-et-Marie-Curie.

## CONTACT

→ Serge Haroche  
Laboratoire Kastler Brossel, Paris  
[haroche@lkb.ens.fr](mailto:haroche@lkb.ens.fr)

## BRÈVE

## L'opéra de Paris au cœur des débats

Les 10, 11 et 12 décembre prochains, se déroulera, à l'opéra Bastille, un colloque international sur le répertoire de l'opéra de Paris. Organisé par l'Institut de recherche sur le patrimoine musical en France (IRPMF)<sup>1</sup>, il réunira des spécialistes du monde de l'opéra et sera l'occasion d'une confrontation de différents points de vue : musicologie, histoire de la danse, histoire culturelle, études théâtrales, responsabilités de direction. Ce colloque a été inspiré par l'élaboration de la base de données Chronopéra par les chercheurs de l'IRPMF, qui contient la liste quasi exhaustive des représentations à l'opéra de Paris, jour par jour, entre 1749 et 1989.

→ En savoir plus : <http://chronopera.free.fr/Colloque>

1. Unité CNRS / Ministère de la Culture et de la Communication / Bibliothèque nationale de France.

## INAUGURATION

# Au plus près de la matière

Le 12 octobre a été inauguré au Centre européen de résonance magnétique nucléaire<sup>1</sup>, à Lyon, le plus puissant spectromètre de RMN du monde. Gilberte Chambaud, directrice scientifique au CNRS (Institut de chimie), nous parle de cet instrument et de la politique ambitieuse dans laquelle il s'inscrit.

## Pouvez-vous nous en dire plus sur la machine inaugurée en octobre à Lyon ?

**Gilberte Chambaud :** Il s'agit d'un spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN) (*Lire l'encadré, p. 35.*) d'une puissance inégalée. Avec ses 5,20 mètres de hauteur et ses 12 tonnes, l'appareil impressionne et va nous permettre d'aller plus loin dans l'analyse de la structure de molécules intéressantes pour la médecine, la biologie ou encore les sciences des matériaux. En effet, son aimant est capable de générer un champ magnétique de 23,5 teslas<sup>2</sup>. Par comparaison, le champ magnétique de la Terre n'est que d'une cinquantaine de microteslas. Ce champ magnétique de 23,5 teslas permet d'atteindre pour les atomes d'hydrogène une fréquence de résonance de 1 gigahertz (1 000 MHz) alors que jusque-là, les spectromètres les plus puissants au monde n'allaient pas au-delà de 950 MHz ! Depuis 30 ans, les améliorations successives des techniques de RMN ont à chaque fois conduit à de nouvelles découvertes et ce nouveau bond technologique était très attendu par les équipes de recherche.

## Quels types de recherches va permettre ce spectromètre ?

**G.C. :** Les équipes qui y ont accès travaillent sur une multitude de problèmes fondamentaux. Par exemple, la spectroscopie RMN permet de détecter les possibles altérations dans la structure des molécules survenant lors de cancer, et ainsi de mieux diagnostiquer ces pathologies. L'étude de l'architecture et de la dynamique des protéines est aussi à l'honneur. Il peut s'agir d'une étape importante dans le développement de nouvelles molécules d'intérêt thérapeutique. Il est aussi possible d'améliorer les polymères ou encore d'analyser la structure de matériaux tels que le bois, le verre ou le béton. Pas moins de 70 % des projets relèvent de la chimie et des sciences de la vie.

## Cette machine entre dans le réseau « RMN à très hauts champs magnétiques » (TGIR-RMN). Qu'est-ce donc ?

**G.C. :** Il s'agit d'une très grande infrastructure de recherche – unique au monde, elle aussi – qui

comprend 6 sites répartis dans toute la France, combinant chacun une expertise et des spectromètres RMN spécifiques. Ce réseau s'appuie sur des équipes – 45 chercheurs et ingénieurs dont 35 agents CNRS, 7 personnels universitaires et 3 agents du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) – reconnues au niveau international, tant en RMN du solide inorganique ou bio-organique qu'en RMN du liquide. Il propose l'accès aux spectromètres à très hauts champs français avec une expertise et un support scientifique reconnus. Les scientifiques du réseau ont ainsi pour mission d'accueillir et encadrer des chercheurs, français ou étrangers, qui mènent des études nécessitant le recours à nos spectromètres RMN mais qui ne peuvent pas se doter des appareils les plus performants... et donc les plus coûteux. L'acquisition du spectromètre RMN à 1 GHz va encore renforcer la notoriété mondiale du réseau.

## Combien a coûté ce nouvel appareil ?

**G.C. :** Pas moins de 11 millions d'euros à l'achat, provenant du CNRS, de la Région Rhône-Alpes,

de la communauté urbaine de Lyon et de l'université Lyon-I. À ce propos, je voudrais souligner que le fonctionnement et l'entretien de l'ensemble des spectromètres des 6 centres du réseau demandent un budget annuel élevé, de l'ordre de 1 million d'euros majoritairement pris en charge par le CNRS.

## Y aura-t-il bientôt un appareil plus puissant que celui inauguré en octobre ?

**G.C. :** On peut déjà songer à l'arrivée d'une machine de 1 200 MHz à l'horizon 2015. Cependant il reste encore à développer la technologie pour fabriquer un tel appareil qui nécessite des aimants d'une nouvelle génération. C'est donc encore du domaine du rêve !

## Propos recueillis par Kheira Bettayeb

1. Unité CNRS / École normale supérieure de Lyon / Université Lyon-I.

2. Le tesla est une unité qui permet de caractériser la force d'un champ magnétique.

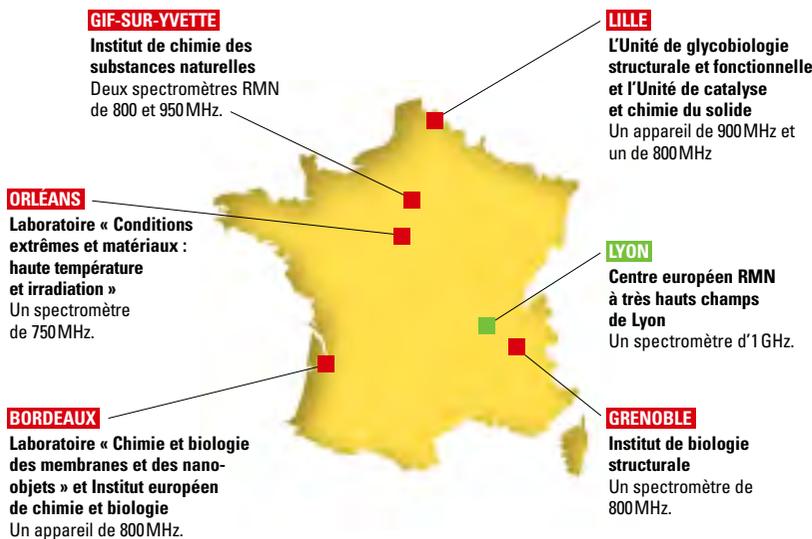


© N. Tiger/CNRS Photothèque



© Photos : E. Le Roux/Service Communication/UCBL

## UN RÉSEAU UNIQUE AU MONDE



## QUAND LA MATIÈRE RÉSONNE

Découverte il y a une soixantaine d'années, la résonance magnétique nucléaire permet d'analyser avec précision la composition et la structure d'un échantillon de matière à l'échelle des atomes. Elle consiste à détecter les variations de l'aimantation interne (le spin) de certains noyaux atomiques – comme celui de l'hydrogène – soumis à un puissant champ magnétique. Concrètement, le noyau des atomes que l'on veut étudier absorbe le rayonnement électromagnétique à une fréquence donnée – la fréquence de résonance – ce qui modifie son aimantation interne. Lorsque le champ magnétique est coupé, celle-ci revient à la normale. C'est lors de cette relaxation qu'une onde électromagnétique caractéristique est émise puis mesurée et décomposée par le spectromètre. Plus le champ magnétique est élevé, plus la fréquence de résonance est importante. Et plus le spectre obtenu sera détaillé. Comme la variation d'aimantation interne d'un noyau dépend de son environnement immédiat, la technique permet d'analyser finement la structure de la matière.

F.D.



Le nouveau spectromètre de Lyon permettra par exemple d'étudier des altérations de molécules impliquées dans les cancers, ou encore de mieux connaître la structure de certains matériaux.

### CONTACT

→ **Gilberte Chambaud**  
Institut de chimie du CNRS  
gilberte.chambaud@cnrs-dir.fr

## BRÈVES

### Le franc succès de la carte d'achat

Lancée il y a un an, la « carte d'achat » du CNRS est une carte de paiement qui permet aux laboratoires d'effectuer des achats de moins de 2000 euros, avec un plafond annuel fixé par le directeur d'unité. Le bilan ? Aujourd'hui, toutes les délégations régionales sont équipées de ce moyen de paiement, avec au total plus de 600 laboratoires utilisateurs, plus de 1000 cartes en circulation et une moyenne de 2000 transactions par mois ! Un franc succès pour cette innovation qui s'inscrit dans le cadre des engagements du contrat de service du CNRS pour la simplification des achats. Nominée aux Victoires de la Modernisation de l'Etat en juillet 2009, la « carte d'achat » a permis au CNRS de généraliser les achats sur Internet. Le top des transactions ? L'inscription en ligne aux colloques, les logiciels immédiatement téléchargeables et les fournitures pour lesquelles les délais de commande et de livraison se trouvent considérablement raccourcis. Côté porteurs, la « carte d'achat », nominative, vient efficacement compléter la gamme des moyens de paiement déjà existants, comme par exemple la « carte affaires » utilisée pendant les missions. Côté gestion, la transparence et la simplification sont de mise car, chaque mois, le laboratoire reçoit son relevé d'opérations. La prochaine étape ? La création d'un portail d'achats internet dédié aux achats récurrents des laboratoires.

> [www.sg.cnrs.fr/bpc/pratique/carte\\_achat/carte\\_achat.htm](http://www.sg.cnrs.fr/bpc/pratique/carte_achat/carte_achat.htm)

## L'innovation à l'honneur avec le Technion

Le 8 décembre prochain au Collège de France, à Paris, se déroulera l'évènement annuel de l'association Technion France. Ce colloque, auquel s'associe le CNRS, a pour objectif de sensibiliser les scientifiques à la valorisation de leurs recherches en s'appuyant sur le modèle du Technion, l'Institut israélien de technologie, dont la réputation dans ce domaine n'est plus à faire. Cette journée s'articulera autour de tables rondes auxquelles participeront le directeur général du CNRS, Arnold Migus, et plusieurs chercheurs reconnus de l'organisme. Le colloque sera aussi l'occasion pour le président du Technion, le professeur Peretz Lavie, de remettre le diplôme de docteur *Honoris Causa* du Technion à Jean-Marie Lehn, professeur au Collège de France, membre de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Isis)<sup>1</sup> et Prix Nobel de Chimie en 1987.

1. Laboratoire CNRS / Université de Strasbourg.

> Pour en savoir plus : [www.technionfrance.org](http://www.technionfrance.org)



© L. Velisquez

BIOLOGIE

## Un retour prometteur

Après 7 ans de recherche aux États-Unis, le biologiste Olivier Pourquié revient en France à la tête de l'Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (IGBMC)<sup>1</sup>. Avec, dans ses bagages, 11 chercheurs de son équipe américaine.

**Le 1<sup>er</sup> octobre, vous avez pris la direction de l'IGBMC. Pourquoi ce retour en France après 7 ans de recherche outre-Atlantique ?**

**Olivier Pourquié :** À Kansas City, à l'Institut Stowers et au prestigieux *Howard Hughes Medical Institute*, j'ai toujours dit que j'étais susceptible de revenir en France. Ce pays a de nombreux atouts, comme la formation. Or trouver de très bons étudiants est le nerf de la guerre dans la recherche. Plus largement, l'IGBMC est en bonne position pour recruter les meilleurs : en 2 ans, 9 équipes l'ont rejoint ou vont le rejoindre. Nous avons semé des graines pour l'avenir. Enfin, je suis aussi revenu pour des raisons personnelles. Et la culture, pour laquelle les Français sont prêts à des sacrifices.

**Vous n'êtes pas revenu seul...**

**O.P. :** Onze chercheurs, pour la plupart biologistes, arrivent avec moi des États-Unis. Parmi eux, des Français, 3 Américains, 1 Taïwanais, 1 Japonais, 1 Allemand, 1 Portugais... J'imagine qu'ils se plaisaient dans l'équipe, souhaitaient terminer leurs projets avec moi et que l'Institut correspond à une destination suffisamment attractive pour motiver leur déménagement.

**Ils rejoignent donc les quelques 600 personnes qui travaillent à l'IGBMC, 15 ans après sa fondation par Pierre Chambon. Dans quels domaines de la biologie ?**

**O.P. :** Ici, les recherches s'étendent de la structure des protéines – à l'interface de la physique et de la chimie – à la génétique humaine et aux maladies humaines, en passant entre autres par la régulation de l'expression des gènes. Un panel d'activi-

tés peu fréquent parmi les instituts de recherche biomédicale. Et la Clinique de la souris, attachée à l'IGBMC, étudie des souris mutées pour mieux comprendre les pathologies humaines.

**Quels sont vos projets pour l'institut ?**

**O.P. :** Je souhaite renforcer les thématiques existantes et développer l'étude des cellules souches et du développement embryonnaire. Par exemple, un de nos axes de recherche, financé par l'Association française contre les myopathies, est centré sur l'utilisation des cellules souches embryonnaires et leur différenciation en cellules musculaires. L'objectif général est de maintenir l'IGBMC dans le top des institutions de recherche en Europe. Les États-Unis, où la recherche est plus pragmatique et les moyens plus conséquents, sont en avance sur les technolo-

gies de pointe. Nous devons développer notre expertise dans des techniques d'avenir comme le séquençage haut débit de l'ADN, l'imagerie, la protéomique<sup>2</sup> ou l'informatique. Nous montons aussi une cellule de communication pour rendre nos recherches plus visibles.

**Quelle stratégie pour vos échanges avec l'extérieur ?**

**O.P. :** Près de Strasbourg, nous sommes plus proches des gros centres de recherche en biologie de Bâle, Heidelberg et Freiburg... que de Paris. Développer davantage, en parallèle des échanges en France, cette interaction avec l'Allemagne et la Suisse est naturelle, surtout dans le contexte européen. Je maintiens par ailleurs un très bon contact avec mes anciens collègues des États-Unis.

**Vous poursuivez également vos travaux de recherche sur le développement de l'embryon.**

**En 2004, *Nature* les a d'ailleurs classés parmi les 24 découvertes majeures des 100 dernières années en biologie du développement...**

**O.P. :** Au CNRS (où j'ai fait toute ma carrière avant de partir aux États-Unis), nous avons effectivement découvert dans l'embryon qu'une horloge moléculaire contrôle la production rythmique des précurseurs des vertèbres, débouchant sur la répétition de structures similaires le long de la colonne vertébrale. Un dysfonctionnement de ce mécanisme conduit à des maladies comme les scolioses.

**Propos recueillis par Mathieu Hautemulle**

1. Unité CNRS / Inserm / Université de Strasbourg.

2. Étude du protéome, l'ensemble des protéines présentes dans une cellule.

### CONTACT

→ **Olivier Pourquié**,  
Institut de génétique et de biologie  
moléculaire et cellulaire, Illkirch  
olivier.pourquie@igbmc.fr

### BRÈVE

## Naissance du premier LEA avec la Grèce

**Baptisé SmartMEMS, le nouveau Laboratoire européen associé a été créé entre le CNRS, la Fondation grecque pour la recherche et la technologie (FORTH) à Heraklion et l'Institut national roumain pour la recherche et le développement en microtechnologies à Bucarest. Il associe pour 4 ans une quarantaine de chercheurs du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas) du CNRS, du Groupe de recherche en microélectronique de l'Institut de la structure électronique et du laser (IESL en Grèce) et du Laboratoire de structures micro-usinées, circuits et dispositifs micro-ondes (RF MEMS en Roumanie). Son objectif : progresser dans la connaissance des matériaux et de leurs propriétés électromagnétiques et exploiter ces propriétés pour le développement de composants nouveaux pour les communications et l'instrumentation.**

## NANOBIOSCIENCES

# Une grande union pour l'infiniment petit

Depuis près de deux ans, le CNRS et l'Institut Weizmann, le prestigieux organisme de recherche israélien, explorent de concert un domaine en pleine expansion : les nanobiosciences, à l'interface des nanosciences et de la biologie.

**M**is en place en janvier 2008 par le CNRS et l'Institut Weizmann, le Laboratoire européen associé Nanobioscience, LEA Nabi, est l'heureuse conjonction de facteurs scientifiques et humains. D'un côté, un besoin partagé d'avancer sur ce nouveau champ d'exploration que sont les nanobiosciences, le pan des nanosciences tourné vers la biologie. De l'autre, une complicité de longue date développée entre chercheurs français et israéliens.

La faute à Joseph Zyss. Coresponsable technique et scientifique du LEA avec son homologue israélien Ron Naaman, il est l'homme par qui tout a commencé. « En 1990, explique-t-il, j'ai lancé une série de congrès franco-israéliens en optique physique, Frisno, qui continue encore aujourd'hui. Ces congrès ont été en grande partie la matrice de la gestation du LEA. Cela a permis à nos pays de mieux se connaître et s'apprécier, dans le domaine de la photonique et bien au-delà. »

De fait, il n'a pas fallu argumenter longtemps pour que les deux institutions concluent un accord de principe en 2007 débouchant sur un premier programme commun de recherche de 4 ans, renouvelable. Il concerne une douzaine de projets relevant tous de la nanobioscience avec une composante de photonique. Où il s'agit par exemple de travailler à la conception et à la réalisation de biopuces pour l'analyse biologique, ou encore à la mise au point de systèmes de contrôle de la différenciation cellulaire potentiellement utiles pour la recherche contre le cancer.

Si le LEA Nabi a fait l'objet d'une inauguration officielle en mars dernier sur le site de l'Institut Weizmann, à Rehovot, au sud de Tel-Aviv, il est localisé aussi en France sur trois sites. À l'Institut d'Alembert<sup>1</sup>, tête de pont française dirigée par Joseph Zyss,

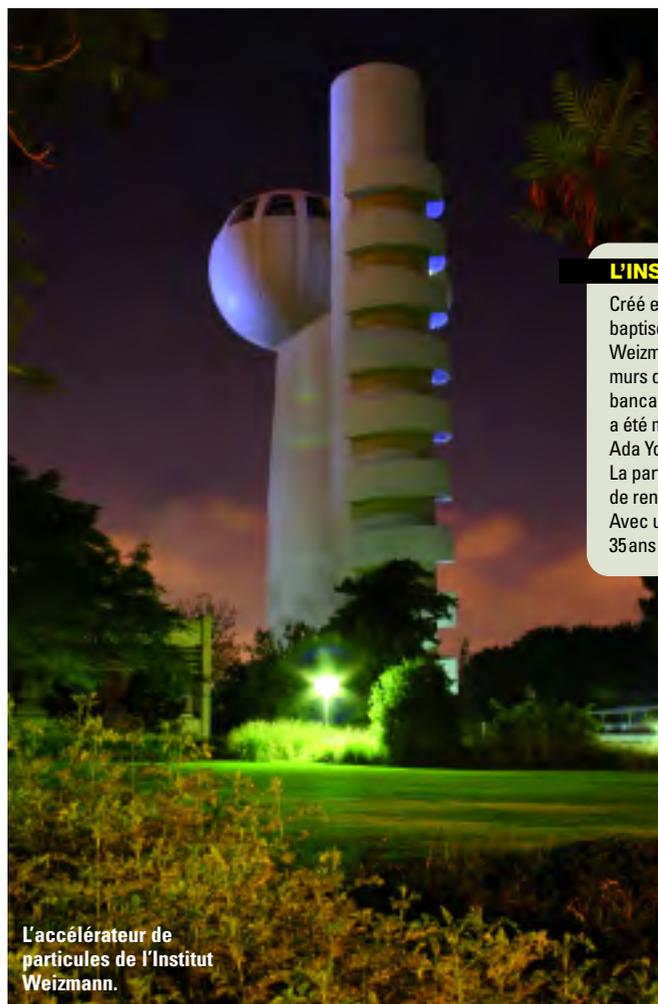
en région parisienne. Au Laboratoire de physique statistique de l'ENS<sup>2</sup> à Paris, au Laboratoire de chimie (Pasteur)<sup>3</sup> toujours à l'ENS et à l'Institut Fresnel<sup>4</sup> à Marseille. Un éclatement géographique qui ne nuit en rien à la cohésion des équipes : « Nous accueillons des chercheurs israéliens pour plusieurs mois et inversement, précise Joseph Zyss. Les projets sur lesquels nous travaillons rythment le quotidien des différentes équipes. »

Quarante personnes au total, provenant à parts égales des deux partenaires, travaillent pour le LEA. Les postdoctorants constituent le bras armé du programme. « On note d'ailleurs un flux croissant et spontané de demandes d'adhésion au LEA », souligne Joseph Zyss qui avoue être souvent sollicité par des étudiants désireux d'intégrer un laboratoire d'ores et déjà réputé.

Car c'est bien de prestige dont il s'agit ici, tant au niveau individuel qu'institutionnel. Francesca Grassia, qui a accompagné la naissance du LEA à la direction des affaires européennes du CNRS, rappelle combien « ce partenariat est important ; l'Institut Weizmann est un des organismes de recherche les plus performants dans le monde, tant en terme de résultats scientifiques que de valorisation ». Tandis que le CNRS, lui, est perçu à Rehovot comme un partenaire européen de choix.

Quant au LEA Nabi, sa pérennité repose sur trois espoirs majeurs. Le premier est d'obtenir des résultats permettant de mieux promouvoir les nanobiosciences et leurs applications. Le deuxième est que les avancées du laboratoire aboutissent à une exploitation industrielle. « Et pour ça, l'Institut Weizmann et le CNRS ont toute l'expertise nécessaire », remarque Francesca Grassia. Et le troisième espoir est que le LEA Nabi existe de lui-même, dans ses propres murs. Il deviendrait alors la première unité mixte internationale en Israël. Un aboutissement pour Joseph Zyss, Ron Naaman, leur équipe et les deux organismes.

Stéphan Julienne



L'accélérateur de particules de l'Institut Weizmann.

© N. Singer

## L'INSTITUT WEIZMANN

Créé en 1934 sous le nom Institut de recherches Daniel Sieff, puis baptisé en 1949 sous le nom qu'on lui connaît aujourd'hui, l'Institut Weizmann s'est déjà distingué à plusieurs reprises. C'est dans ses murs que le système de cryptologie RSA – utilisé pour les cartes bancaires françaises, le commerce électronique sur Internet, etc. – a été mis au point. Et tout récemment, l'une de ses 2600 membres, Ada Yonath, s'est vu attribuer le prix Nobel de Chimie 2009. La participation de l'institut au LEA Nabi permet à Israël de renforcer sa position dans l'espace européen de la recherche. Avec un précédent : la fondation Pasteur-Weizmann réunit depuis 35 ans les chercheurs des deux instituts.

1. Institut CNRS / ENS Cachan.
2. Laboratoire CNRS / ENS Paris / Universités Paris-VI et -VII.
3. Laboratoire CNRS / ENS Paris / Université Paris-VI.
4. Institut CNRS / Universités Aix Marseille-I et -III / Centrale Marseille.

## CONTACTS

→ **Joseph Zyss**  
Institut d'Alembert, Paris  
joseph.zyss@lpqm.ens-cachan.fr

→ **Francesca Grassia**  
Direction des affaires européennes  
francesca.grassia@cnrs-dir.fr

# 3 questions à...

## Jean-Gabriel Ganascia Voir et pouvoir : qui nous surveille ?

Éd. Le Pommier, coll. « Les essais du pommier », octobre 2009, 264 p. – 20 €

Professeur à l'université Paris-VI, Jean-Gabriel Ganascia est membre du Laboratoire d'informatique de Paris-VI (Unité CNRS / Université Paris-VI).

« *Quelque chose d'inédit se passe sous nos yeux : l'apparition d'un quatrième pouvoir, celui de la "sous-surveillance" – après l'exécutif, le législatif et le judiciaire.* » **Qu'en-tendez-vous par ce terme ?**

Ma double formation de spécialiste de l'intelligence artificielle et de philosophe m'a poussé à réfléchir aux transformations considérables de nos sociétés dues au développement des technologies de l'information. Les dispositifs matériels permettent, aujourd'hui, en effet, à tout le monde d'enregistrer des images et des sons et de les diffuser à la planète entière. Il en résulte une sous-surveillance où le regard ne vient plus seulement d'en haut, de ceux qui ont le pouvoir (qui surveillent) mais d'en

bas (des surveillés). Ce qui donne « au bas » un nouveau et véritable pouvoir car, désormais, le haut est perçu et analysé comme n'importe qui, en miroir : tout le monde communique avec tout le monde et tout le monde voit tout le monde ! J'ai voulu analyser la structure politique de ce nouveau monde, cette infosphère où chacun se trouve à équidistance de l'autre dans une apparente égalité pour tous.

**Une vraie démocratie alors ?**

Non, car du fait de cette sous-surveillance construite sur le regard, apparaissent toutes sortes de stratégies de monopolisation de l'attention. On parle d'ailleurs aujourd'hui d'économie de l'attention, illustrée par exem-

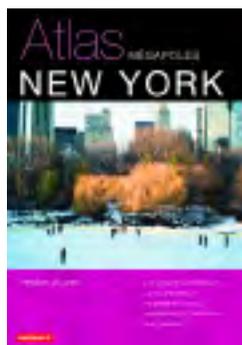
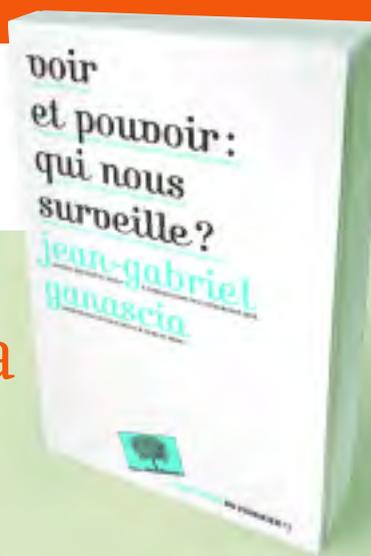
ple par les techniques dites de référencement abusif (ou *spamdexing*) qui biaisent les résultats d'une requête sur un moteur de recherche en faveur d'un individu ou d'un groupe. Tandis que dans la logique ancienne « voir donnait le pouvoir », maintenant, c'est « être vu » qui confère cette puissance. Et, comme nous nous trouvons tous à égale distance les uns des autres, nous avons l'impression qu'il existe moins d'iniquité. Or, dans le but de se renforcer, de nouveaux pouvoirs instrumentalisent les nouvelles techniques (le récent site [www.nosdeputes.fr](http://www.nosdeputes.fr), qui pointe l'activité de tous les députés, un à un) d'où l'émergence de nouvelles formes politiques qui transforment le principe représentatif sur lequel se fonde la démocratie. Par exemple, la notion de « Government 2.0 » promue par le Président Obama depuis son élection<sup>1</sup>.

**Le péril orwellien est-il derrière nous ?**

Pas si simple ! Ignorant le pouvoir de sous-surveillance dont ils participent, beaucoup de gens s'inquiètent uniquement de la surveillance et voient donc les dangers des technologies sous l'angle d'Orwell. Or, on constate un fait nouveau : la coexistence conflictuelle des deux logiques de sous-surveillance et de surveillance, ce qui fait craindre, en dépit du principe d'égalité revendiqué par la sous-surveillance, un monde à venir plus injuste et plus inégalitaire que n'est l'actuel du fait des oubliés du système. C'est pourquoi existe aujourd'hui une éthique de l'infosphère. Nous savons, de surcroît, que l'humain, pour se construire, a besoin de se retirer, d'échapper à l'exigence de transparence totale continue. Je dirais que, aujourd'hui, il nous faut trouver la place de ce que nie en permanence la logique de notre société de communication : la part du secret.

Propos recueillis par A.L.

1. Celle-ci consiste à utiliser Internet et les nouvelles technologies pour, entre autres, donner plus de transparence à l'action gouvernementale et faciliter le débat avec la population.



### Atlas de New York

Renaud Le Goix, cartographie Cyrille Suss, éd. Autrement, coll. « Atlas Mégapoles », septembre 2009, 80 p. – 20 €

### Atlas de Shanghai

Thierry Sanjuan, cartographie Madeleine Benoit-Guyod, éd. Autrement, coll. « Atlas Mégapoles », septembre 2009, 80 p. – 20 €

Aux éditions Autrement dans la collection consacrée aux atlas des mégapoles, deux ouvrages présentent deux villes comme illustrations des différents points centraux de la globalisation actuelle. New York, première mégapole du monde dans les années 1950, qui tend à perdre le monopole de la modernité face à Tokyo ou Mexico mais reste à la croisée des réseaux économiques et culturels ; et Shanghai, archétype de la ville asiatique, qui, à la fois moderne et lourde de ses traditions et contradictions, est un modèle de globalisation sous contrainte.

### Darwin en tête !

#### L'évolution et les sciences cognitives

Jean-Baptiste Van der Henst et Hugo Mercier, éd. Presses universitaires de Grenoble, coll. « Sciences cognitives », septembre 2009, 372 p. – 28 €

Comment l'esprit a-t-il évolué ? Quelles fonctions biologiques remplissent les mécanismes psychologiques ? Pourquoi certaines de nos pensées se diffusent-elles plus facilement que d'autres ? Ces questions sont envisagées aujourd'hui sous l'angle de la théorie darwinienne, ce qui est nouveau. Dirigée par deux chercheurs en sciences cognitives, cette première synthèse interdisciplinaire sur l'évolution de l'esprit met en évidence (grâce, entre autre, à divers scénarios sur la façon dont les mécanismes mentaux ont pu émerger) l'apport de cette théorie dans des domaines jusqu'ici restés hors de son point de vue : apparition de la moralité, relations sociales, maladies mentales et évolution culturelles. Un ouvrage ambitieux.



## Yves Coppens raconte nos ancêtres L'histoire des singes

Yves Coppens, illustration Sacha Gepner, textes recueillis par Soizic Moreau, éd. Odile Jacob, octobre 2009, 64 p. – 21,90 €

Les gorilles comptent moins de 1 000 individus, les chimpanzés ne sont plus que 150 000, les bonobos environ 15 000, les orangs-outans et les gibbons probablement moins de 100 000. Destruction des forêts, maladies et épidémies, chasseurs, braconniers, ventes bizarres à des zoos ou des particuliers excentriques : l'espèce humaine se multiplie, les grands singes disparaissent. Certes, les associations et les parcs nationaux tentent de les sauvegarder. Mais comme le dit un proverbe chinois : « Quand il n'y a plus d'arbres, il n'y a plus de singes ». Un message éloquent d'Yves Coppens.



## La recherche et l'innovation en France Futuris 2009

Jacques Lesourne et Denis Randet (dir.), éd. Odile Jacob, octobre 2009, 448 p. – 27 €

Proposé par Jacques Lesourne, prospectiviste renommé, et Denis Randet, délégué général de l'Association nationale de la recherche et de la technologie, ce Futuris 2009 dresse, chronologie des principaux événements de l'année à l'appui, le bilan des forces et faiblesses de la France dans son environnement européen et international depuis les réformes de 2005. Grâce à l'analyse des grands sujets d'actualité (formes de conduites de l'innovation dans les entreprises, évolution des relations entre universités et organismes ...), il pointe aussi les défis des prochaines années dans l'espace européen de la recherche et les moyens à mettre impérativement en œuvre.

## Faire ses courses

Martyne Perrot, éd. Stock, coll. « Un ordre d'idées », octobre 2009, 192 p. – 17 €

Ethnosociologue qui avoue avoir « développé au fil des années un certain goût pour les petits objets de recherche », Martyne Perrot propose ici une réflexion optimiste sur « la pire des tâches ménagères : les courses » (l'approvisionnement alimentaire). Utilisant la méthode boule de neige (amis, voisins, amis d'amis, etc.), elle a enregistré des récits de courses dans la capitale et dans certaines de ses banlieues à forte implantation de grandes surfaces. D'où il ressort que dans ces non-lieux humanisés sans relâche par l'invention d'ambiances et d'atmosphères censées évoquer le convivial marché provençal ou la boutique du coin (la crise n'a fait que rendre plus impératives ces directives de marketing), la ménagère parvient à projeter de nouveaux désirs grâce auxquels elle échappe, devant la multiplicité et la spécialisation des rayons qui conduit à des achats segmentés, à la fragmentation de sa personne.



## Villes rêvées, villes durables ?

Éric Charmes et Taoufik Souami, éd. Gallimard, hors-série « Découvertes », octobre 2009 – 13,50 €

S'appuyant sur des enquêtes menées par le Crédoc et TNS Sofres, ce livre donne la parole aux citoyens et à leurs rêves en confrontant ceux-ci à la réalité urbaine dans ses aspects les plus séduisants comme les plus cauchemardesques. Les Français veulent majoritairement habiter « en ville dans une maison individuelle et près de la nature », ce qui accroît la dépendance au véhicule, le temps dans les embouteillages et la « dévoration de territoires » incompatible avec le développement durable : dilemme ! Un rapport illustré sur le diktat du principe de réalité.



## Guerre des sexes : stop !

Janine Mossuz-Lavau, éd. Flammarion, coll. « Le Café Voltaire », octobre 2009, 128 p. – 12 €

S'appuyant sur les plus récentes enquêtes, Janine Mossuz-Lavau livre ici un essai plein de bon sens en démontrant comment, et pourquoi, la longue marche de nos sociétés vers l'indifférenciation des genres « apportera au final la paix pour les sexes » – à condition que l'on revisite (ce que fait l'auteur) trois idées reçues préjudiciables : la ressemblance tuerait le

désir, les femmes auraient désormais tout le pouvoir, et femmes et hommes seraient radicalement différents. Après quoi l'on pourrait conjuguer enfin au lieu d'opposer sans cesse car « il n'y a pas deux sexes mais une multiplicité de configurations génétiques, hormonales, chromosomiques, génitales, sexuelles et sensuelles ».

## La Bible de Jérusalem 20 siècles d'art

sous la direction scientifique de Jean-François Colosimo, éd. du Cerf / RMN, octobre 2009, 3 volumes sous coffret, 400 ill. quadri, 3104 p. – prix de lancement : 295 € jusqu'au 31 mars, puis 350 €

Publication dès aujourd'hui de référence : le texte de la Bible, illustré par 400 œuvres d'art de la peinture occidentale, témoins majeurs de l'histoire biblique, commentées par les meilleurs spécialistes de l'icôgraphie religieuse. L'idée : « Donner à lire, comment, sur 2000 ans, peintres et artistes ont lu la Bible et relire, du coup, en regard, le texte biblique avec leurs yeux », comme le précise Jean-François Colosimo. Un ouvrage réalisé à partir des meilleures collections de la Réunion des musées nationaux et l'éminente traduction en langue française de l'École biblique de Jérusalem, ainsi qu'avec l'apport d'historiens de l'art comme Grégoire Aslanoff pour les périodes antiques et médiévales et Isabelle Saint-Martin pour les périodes modernes et contemporaines.



## Bâtir en terre

### Du grain de sable à l'architecture

Romain Anger et Laetitia Fontaine, éd. Belin, octobre 2009, 224 p. – 30 €

Superbement illustré, cet ouvrage original est consacré à un patrimoine singulier : l'architecture réalisée en terre, qui concerne deux milliards de personnes sur notre planète. Au cours de cette balade, du Yémen en Chine et en passant par l'Afrique de l'Ouest, les auteurs expliquent, grâce à une passionnante et ludique plongée dans la physique des grains, pourquoi le matériau terre fut et est encore très employé. Pour connaître les bons principes d'édification d'un château de sable sur nos plages de vacances ou améliorer nos bétons et ciments afin de gérer plus humainement nos ressources.



## Guide critique de l'évolution

Guillaume Lecointre (dir.), Corinne Fortin, Marie-Laure Le Louarn-Bonnet et Gérard Guillot, éd. Belin, novembre 2009, 576 p. – 35 €

Belin continue de célébrer Darwin avec ce *Guide critique de l'évolution* qui soumet d'abord des armes scientifiques, historiques et philosophiques pour identifier les idées fausses naviguant un peu partout (notamment celle du créationnisme qui nie l'évolution). Puis il propose une plongée dans la biodiversité en mettant en évidence les chemins suivis par le monde du vivant depuis plusieurs centaines de millions d'années et livre enfin une vingtaine de dossiers illustrés sur les grandes thématiques des sciences de l'évolution (sélection naturelle, apparition de nouvelles espèces, etc.)



## Lâche pas la patate!

### Mots et expressions francophones

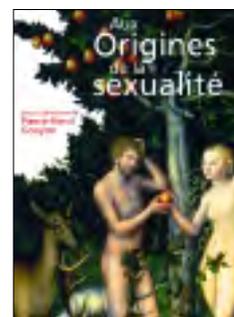
Marie Treps, illustrations Gwen Keraval, éd. Le Sorbier, août 2009, 128 p. – 15 €

Ici ou là, du Québec à la Nouvelle-Calédonie en passant par la Belgique, la Suisse, la Réunion ou le Congo, chacun accommode le français à sa guise, détournant ou déleurant le sens des mots et des expressions. Un petit livre joyeux dont le titre encourage à tenir bon.

## Aux origines de la sexualité

Pierre-Henri Gouyon, direction éditoriale Alexandrine Civard-Racinais, éd. Fayard, coll. « Aux origines », octobre 2009, 576 p. – 50 €

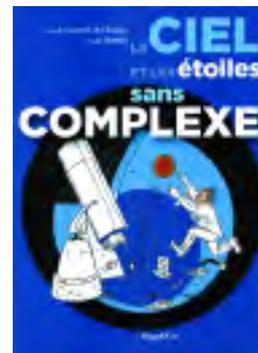
Les 27 chapitres de cet imposant ouvrage pluridisciplinaire escaladent les différentes branches de l'arbre du vivant pour découvrir la richesse des formes que la sexualité y a prises au fil du temps. Explorant la vie intime des plantes, des animaux, des humains, des algues, aussi, et des bactéries, il dévoile les dessous d'une activité centrale pour tous les êtres. Au fil des pages très illustrées, des interrogations vertigineuses surgissent parmi lesquelles : pourquoi le sexe, alors que l'un des deux partenaires (la femelle) pourrait en fait se passer de l'autre ? Et comment cela a-t-il commencé ?



## Le ciel et les étoiles sans complexe

Alain Lecavelier des Étangs, Émilie Martin, éd. Hugo&Cie, octobre 2009, 352 p. – 25 €

À mi-chemin entre *Entretiens sur la pluralité des mondes* de Bernard Le Bovier de Fontenelle et *Le monde de Sophie*



de Jostein Gaarder, cet album très réussi propose un dialogue entre une jeune journaliste, aux questions faussement naïves, et un scientifique aux réponses vraiment étonnantes. La dimension ludique : plus de 100 illustrations assez caustiques et une page de quiz en fin de chacun des sept chapitres.

## AUTRES PARUTIONS

### L'ÉTRANGE HISTOIRE DE L'AMOUR HEUREUX

Jean-Claude Kaufmann, éd. Armand Colin, coll. « Individu et société », octobre 2009, 228 p. – 16,90 €

### GUIDE PRATIQUE POUR L'ÉLABORATION D'UN THÉSARUS DOCUMENTAIRE

Michèle Hudon en collaboration avec Danièle Dégez et Dominique Ménillet, éd. Asted, Québec, octobre 2009, 274 p. – 33 €

### ARIANE MNOUCHKINE

Introduction, choix et présentation des textes par Béatrice Picon-Vallin, éd. Actes-Sud Papiers, coll. « Mettre en scène », septembre 2009, 136 p. – 14 €

### LE CLASSICISME HOLLYWOODIEN

Jean-Loup Bourget (dir.), éd. Presses universitaires de Rennes, coll. « Le spectaculaire », août 2009, 356 p. – 19 €

### LA SIGNATURE HUMAINE

ESSAIS 1983 – 2008  
Tzvetan Todorov, éd. Seuil, octobre 2009, 480 p. – 23 €

### LE SOUFISME

Thierry Zarcone, éd. Gallimard, coll. « Découvertes », novembre 2009, 128 p. – 13,90 €

### GUSTAVE FLAUBERT. UNE MANIÈRE SPÉCIALE DE VIVRE

Pierre-Marc de Biasi, éd. Grasset, octobre 2009, 492 p. – 21,50 €

### LA FABRIQUE DE L'ARCHÉOLOGIE EN FRANCE

Jean-Paul Demoule (dir.), éd. La Découverte, hors collection sciences humaines, novembre 2009, 256 p. – 22 €

### PAROLE ET MUSIQUE. AUX ORIGINES DU DIALOGUE HUMAIN

Stanislas Dehaene et Christine Petit (dir.), éd. Odile Jacob, coll. « Collège de France » octobre 2009, 366 p. – 31 €

### LA MODE

Marie José Mondzain, éd. Bayard, coll. « Petite conférence », octobre 2009, 80 p. – 12 €

### POURQUOI LA VACHE QUI RIT NE PLEURE JAMAIS ET AUTRES SECRETS GÉNÉTIQUES DES GRANDES MARQUES

Frank Tapiro, éd. Albin Michel, coll. « New deal », octobre 2009, 352 p. – 19 €

Retrouvez les publications de CNRS  
Éditions sur le site : [www.cnrseditions.fr](http://www.cnrseditions.fr)

# EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Anne-Solweig Gremillet

## L'humanisation de l'hôpital

Jusqu'au 20 juin 2010, Musée de l'Assistance publique-hôpitaux de Paris (AP-HP), Paris (V<sup>e</sup>). Tél. : 01 40 27 50 05 – [www.aphp.fr/musee](http://www.aphp.fr/musee)

Le 5 décembre 1958, la publication d'une circulaire officielle imposait aux hôpitaux de tendre vers plus d'humanité dans les services aux usagers. Cinquante ans après, cette exposition fait le point sur cette marche lente et exigeante dans laquelle est toujours engagé l'hôpital. De l'austère hospice à l'agréable maison de santé, autant de mutations parfois fantasmées sont ambitieusement retranscrites dans des salles de tous âges reconstruites et accompagnées de riches notes explicatives. Une exposition originale conçue sous l'égide d'un comité scientifique comptant sociologues, directeurs de soins et médiateurs de santé, et accompagnée d'un catalogue dans lequel on trouvera les réflexions de plusieurs chercheurs du CNRS qui livrent leur regard sociologique, économique ou encore anthropologique sur ce mouvement majeur de l'histoire de la santé publique.



Images d'archives et documents sonores sont proposés pour mieux cerner les enjeux d'une humanisation de l'hôpital.

## Toujours plus vite ! Les défis du rail

Jusqu'au 02 mai 2010, Musée des arts et métiers, Paris (III<sup>e</sup>). Tél. : 01 53 01 82 00 – [www.arts-et-metiers.net](http://www.arts-et-metiers.net)

Prenez le temps d'aller visiter cette belle exposition qui invite à un voyage à travers les années. Cinquante objets astucieusement mis en scène dans une voiture de train et c'est toute l'histoire de la conquête de la grande vitesse qui défile. De la locomotive à vapeur à l'automotrice qui bientôt remplacera le TGV, les machines sont représentées par des modèles réduits, des photographies ou des affiches d'époque. Les spécialistes ne seront pas en reste puisque la précision

est de mise. Un châssis animé de la locomotive Stephenson de 1838 est notamment exposé pour la première fois. Et, détail d'importance, le parcours est ponctué de la célèbre voix de la SNCF. Avis aux amateurs.



© SNCF - Médiathèque

Étrange larve que celle de cet *Anchistrotus*.



## Jurassik Park en Amazonie

Jusqu'au 31 décembre 2009, Muséum national d'histoire naturelle, Paris (V<sup>e</sup>). Tél. : 01 40 79 54 79 – [www.mnhn.fr](http://www.mnhn.fr)

Ils sont tous petits, originaux et pourtant ils ne manquent pas de nous séduire dès le premier coup d'œil. D'aucuns les disent monstrueux, d'autres mystérieux. Ils sont bien réels et de notre temps pourtant, même s'ils sont restés tels qu'ils étaient déjà il y a 50 millions d'années. Qui donc ? Des insectes qui répondent au joli nom de membracides néotropicaux. Qu'on se rassure, contrairement aux animaux de *Jurassik Park*, ici les insectes sont figés comme les autres êtres vivants de la Grande galerie qui accueille cette exposition. Pas de spécimens rapportés de lointaines contrées, juste leur photographie. En grand. À voir assurément.

## Marins normands, explorations et découvertes du xv<sup>e</sup> au xix<sup>e</sup> siècle

Musée maritime, fluvial et portuaire de Rouen (76). Tél. : 02 32 10 15 51 – [www.musee-maritime-rouen.asso.fr](http://www.musee-maritime-rouen.asso.fr)

Il fut un temps où les Normands sillonnaient les mers sur leurs bateaux à la découverte du monde. Le célèbre Jules Dumont d'Urville, parti explorer l'Antarctique au xix<sup>e</sup> siècle est de ceux-là. Et bien avant lui, au xv<sup>e</sup> siècle, un dénommé Jean de Béthencourt avait participé à la colonisation des îles Canaries. Maquettes, illustrations, photographies et panneaux explicatifs vous content 4 siècles d'aventures maritimes normandes.

## ET AUSSI

### LES YORUBAS. RITUEL DIVINATOIRE. L'ORACLE D'IFA

Jusqu'au 17 janvier 2010, L'Orangerie du muséum, Grenoble (38), Tél. : 04 76 44 05 35 – [www.museum-grenoble.fr](http://www.museum-grenoble.fr)  
Témoignages des pratiques du rituel de divination d'un important groupe ethnique africain, 80 objets sont rassemblés à l'Orangerie du muséum à Grenoble. Des conférences, projections de film, et ateliers viendront en sus émailler cette exposition du culte Ifa qui, depuis 2005, a été ajouté à la liste du « Patrimoine oral et immatériel de l'humanité » de l'Unesco.



© J.-L. Bélier/Muséum

### PAYSAGES DE SCIENCES

Jusqu'au 7 mars 2010, Musée de la lunette, Morez (39), Tél. : 03 84 33 39 30 – [www.musee-lunette.fr](http://www.musee-lunette.fr)  
Exposition photographique en deux volets. L'un d'images de laboratoires du CNRS, l'autre de macrophotos tirées de l'exploration systématique de la forêt jurassienne par la photographe Florence Daudé. Un mélange de scientifique et de culturel pour le plus grand plaisir des yeux.

## EN LIGNE

### Les céréales en Égypte ancienne

<http://museum.agropolis.fr/pages/expos/egypte/index.htm>

De la fourche à la fourchette : cette exposition virtuelle richement illustrée nous fait partir à la découverte des céréales et de leurs utilisations aux temps des pharaons. Parmi les thèmes abordés : les pains dans l'Égypte ancienne, les céréales qui ont servi de fondation à l'agriculture égyptienne, les fêtes, rites et croyances, les dieux et génies du grain ou encore les pains traditionnels dans l'Égypte contemporaine. Un éclairage heureux, fruit d'un partenariat franco-égyptien auquel ont participé les chercheurs de l'unité Religions et société dans l'Égypte de l'époque tardive (CNRS / Université Montpellier-II).



©N.Guilhou/Université Paul Véléry Montpellier

## MANIFESTATION

### Se nourrir aujourd'hui, nourrir la planète demain

**Du vendredi 11 au dimanche 13 décembre, salle Jean-Despas à Saint-Tropez (83) – <http://www.ot-saint-tropez.com>**

La 10<sup>e</sup> édition des Mystères du XXI<sup>e</sup> siècle, manifestation annuelle organisée par la ville de Saint-Tropez, aura pour thème l'alimentation. De l'histoire de la nutrition aux OGM en passant par les allergies alimentaires, toutes les facettes du sujet seront passées au crible des conférences, débats et projections le temps d'un week-end. À déguster sans modération.

### Festival du film polaire et de montagne

**Du 15 au 31 décembre 2009, station Les roussets (39). Tél. : 09 77 51 25 45 – <http://www.centrepev.com/>**

Pour tous les aventuriers et aventurières en quête de grand froid, le Centre Paul-Émile-Victor de Prémanon en Franche-Comté organise, en collaboration avec la station de ski Les roussets, le 4<sup>e</sup> festival du film polaire et de montagne. Et il y en a pour tous les goûts et tous les âges : au programme, de nombreux documentaires – par exemple sur la manière dont l'arrivée des Vikings au Groenland a pu modifier l'environnement ou encore sur le suicide des lemmings... – cohabitent en effet avec des films comme *l'Âge de glace*. Mais les organisateurs ont aussi concocté de nombreuses animations (chiens de traîneaux, balade en raquettes, contes, café découverte, etc.) ainsi que des expositions. Vous pourrez notamment découvrir les dessins de Paul-Émile Victor, ethnographe et explorateur des pôles qui a aussi pris le temps de croquer ces grandes étendues glacées. Ou encore l'exposition Clim'Artic organisée par le Groupe de recherche en écologie arctique de Dijon.



## CONFÉRENCES

### La science des jeux : de l'informatique aux mathématiques

**Le 10 décembre, CCSTI La Turbine, Cran-Gevrier (74).**

**Tél. : 04 50 67 12 85 – [www.laturbine.fr](http://www.laturbine.fr)**

Conférence de Pierre Hyvernat, mathématicien au Laboratoire de mathématiques du CNRS et de l'université de Savoie. Le morpion, le jeu de dames, les échecs ou encore le go sont des jeux sans aléatoire. Pas de jet de dés, pas de place pour le hasard. Que reste-t-il au joueur pour espérer gagner ? Les règles, rien que les règles. D'où part notre chercheur pour en tirer des propriétés mathématiques et les mettre en œuvre, histoire de gagner. Même si l'important, ici, c'est de comprendre.

### Lumière et nanostructures, quand l'organisation devient couleurs

**Les 5, 6, 9, 12 et 13 décembre au Palais de la Découverte, Paris (VIII<sup>e</sup>).**

**Tél. : 01 56 43 20 21 – [www.palais-decouverte.fr](http://www.palais-decouverte.fr)**

Mise en lumière pour les enfants grâce à trois montages expérimentaux simples. Les chercheurs montrent entre autres le changement de couleur d'un film nanométrique d'or selon les conditions de l'expérience. Et ce film, loin d'un objet abstrait d'étude, se révèle en fait être un élément essentiel à la fabrication de capteurs biologiques. Une belle opération proposée par le centre de compétences C'Nano Île-de-France. À expérimenter d'urgence.



### Climat et environnement planétaire : 50 ans d'aventures et de recherche en Antarctique

**Le 9 décembre 2009 à 18h30 à l'ENS Lyon (69).**

**Tél. : 04 72 69 05 00**

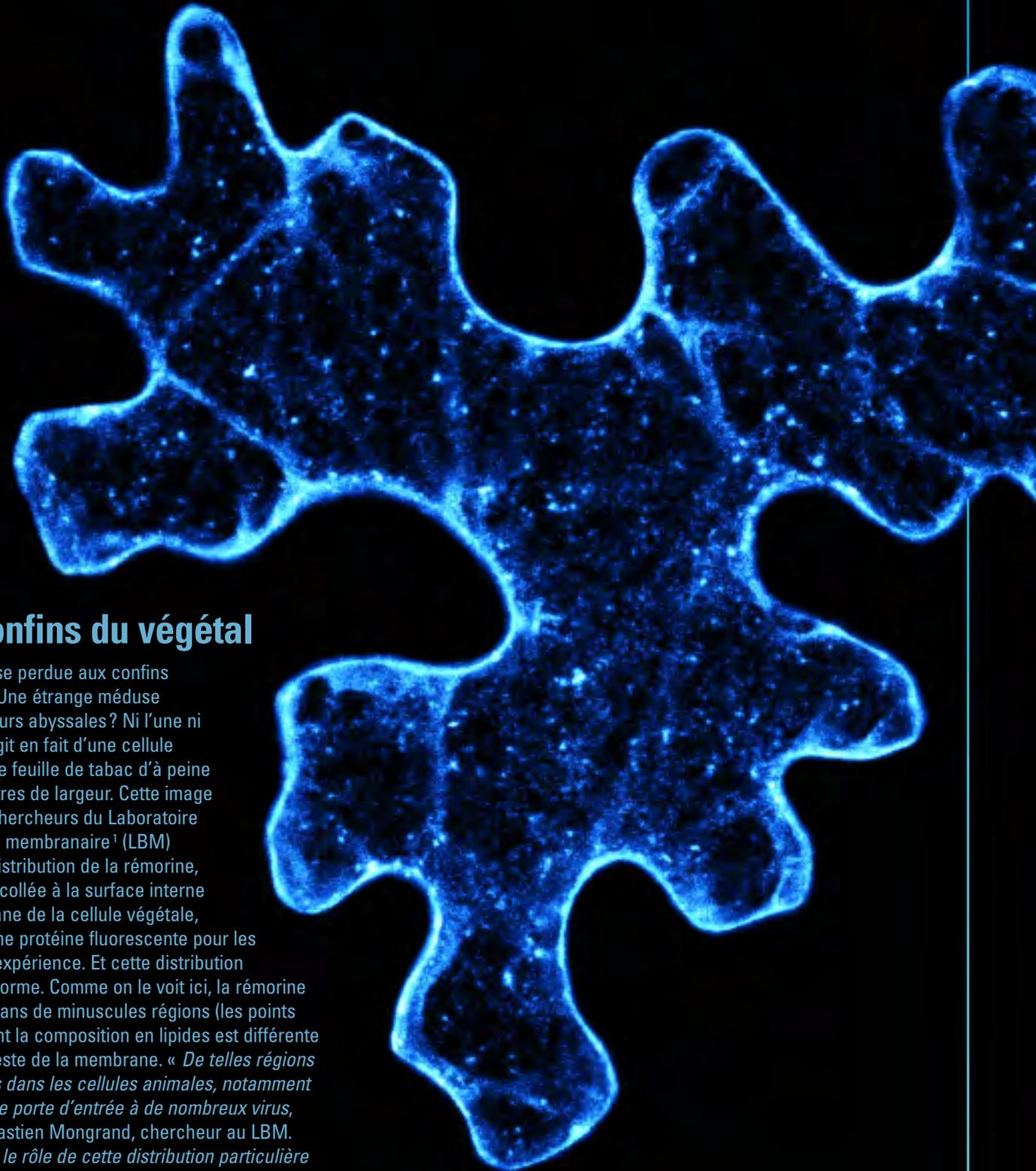
Au sein du cycle de conférence « un scientifique, un artiste » de l'ENS Lyon en partenariat avec le musée des Confluences, c'est au tour de Claude Lorius, fameux glaciologue et directeur de recherche émérite au CNRS, de donner la réplique à Claire Truche, comédienne de Nième compagnie, et à Denis Tricot, sculpteur et improvisateur. Trois points de vue qui se rencontrent, se complètent, se composent pour donner vie à la confluence des savoirs à une ébauche de réponse à cette question : « Laisserons-nous une Terre vivable pour nos descendants ? »

### De Lamarck à Darwin : l'évolution des espèces

**Le 8 décembre à 19h30, à l'Orangerie du Val Ombreux de Soisy-sous-Montmorency (95). Tél. : 01 39 89 37 92 – [www.loisirs-et-culture.com](http://www.loisirs-et-culture.com)**

Un bar des sciences dans le cadre de l'année Darwin avec Pierre-Henri Gouyon du MNHN et Paul de Brem, journaliste.

# ÉTONNANTES IMAGES



## Aux confins du végétal

Une nébuleuse perdue aux confins du cosmos? Une étrange méduse des profondeurs abyssales? Ni l'une ni l'autre! Il s'agit en fait d'une cellule d'épiderme de feuille de tabac d'à peine 200 micromètres de largeur. Cette image permet aux chercheurs du Laboratoire de biogenèse membranaire<sup>1</sup> (LBM) d'étudier la distribution de la rémorine, une protéine collée à la surface interne de la membrane de la cellule végétale, associée à une protéine fluorescente pour les besoins de l'expérience. Et cette distribution n'est pas uniforme. Comme on le voit ici, la rémorine s'accumule dans de minuscules régions (les points lumineux) dont la composition en lipides est différente de celle du reste de la membrane. « *De telles régions sont connues dans les cellules animales, notamment pour offrir une porte d'entrée à de nombreux virus,* explique Sébastien Mongrand, chercheur au LBM. *En revanche, le rôle de cette distribution particulière des protéines de la membrane est encore peu connu chez les plantes. Elle pourrait par exemple intervenir dans la propagation de virus végétaux et dans les relations des plantes avec des micro-organismes.* » **FD.**

1. Unité CNRS / Université Bordeaux-II.



En 2010

# Le CNRS recrute 400 chercheurs (f/h)

dans tous les domaines de la recherche



cnrs

www.cnrs.fr

Pour vous inscrire : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

Ouverture des inscriptions : 2 décembre 2009

Clôture des inscriptions : 5 janvier 2010