

# cnrs

le journal

n° 271  
mars-avril 2013

## ÉNERGIES



## Comment les stocker?

➔ **Actualités**

Un réseau pour mesurer  
la radioactivité

➔ **Culture**

Gros plan sur l'année  
des Maths pour la Terre

cnrs

dépasser les frontières

Pour leur 13<sup>ème</sup> édition, les **Prix Coups d'Élan pour la Recherche Française** ont récompensé quatre laboratoires français de recherche biomédicale publics.

Ce Prix permet à des équipes remarquées pour le caractère prometteur de leurs recherches, d'optimiser leurs infrastructures (aménagement/ rénovation des locaux, acquisition de matériel) et de bénéficier d'une aide ponctuelle au fonctionnement.

Depuis 2000, 42 laboratoires de recherche de l'Inserm et du CNRS, ont ainsi chacun reçu 250 000 €.

Reconnue d'utilité publique en 1987, la Fondation Bettencourt Schueller s'est donné pour mission de faire reculer les frontières du savoir dans les sciences de la vie afin d'améliorer la santé ; révéler les talents et transmettre les savoir-faire dans le domaine de la création artistique ; soulager la souffrance, combattre l'exclusion et répondre aux urgences dans l'action sociale.



■ **FRANÇOIS-XAVIER BARRE**

Rôle de la recombinaison Xer dans la maintenance et l'évolution des génomes bactériens  
**CENTRE DE GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE (CNRS/UNIVERSITÉ PARIS-SUD) GIF-SUR-YVETTE**

■ **VINCENT GALY**

Étude des mécanismes garants de la transmission uni-parentale maternelle du génome mitochondrial et des enjeux associés

**BIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT (CNRS/UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE) PARIS**

■ **RAPHAEL SCHARFMANN**

Étude du développement et du fonctionnement des cellules  $\beta$ -pancréatiques : une base pour de nouvelles thérapies du diabète

**CENTRE DE RECHERCHE CROISSANCE ET SIGNALISATION (INSERM/INSTITUT COCHIN) PARIS**

■ **CHRISTOPHE TZOURIO**

Étude de cohorte I-Share (*Internet-based Students Health Research Enterprise*) sur la santé des étudiants.

**UNITÉ DE NEUROÉPIDÉMIOLOGIE (INSERM/UNIVERSITÉ BORDEAUX SEGALEN) BORDEAUX**

**Fondation Bettencourt Schueller**

27-29 rue des Poissonniers  
92200 Neuilly-sur-Seine • France  
[www.fondationbs.org](http://www.fondationbs.org)  
Contact : [sciences@fondationbs.org](mailto:sciences@fondationbs.org)



# Parlons-en !

Les grands débats

proposés par le CNRS  
en partenariat avec le musée du quai Branly

**Big Bang : Planck va-t-il nous révéler l'origine de l'Univers ?**

28 mars 2013 à 19 heures

**Nucléaire, OGM, gaz de schiste... : quelles limites pour la recherche ?**

18 avril 2013 à 19 heures

**L'amour, phénomène chimique ou sociétal ?**

30 mai 2013 à 19 heures

Salon de lecture Jacques Kerchache, musée du quai Branly

Entrée libre. Informations sur [www.cnrs.fr/lesgrandsdebats](http://www.cnrs.fr/lesgrandsdebats)

Suivez le débat en ligne\* dès 19 heures

sur [www.20minutes.fr](http://www.20minutes.fr) et sur [www.cnrs.fr/lesgrandsdebats](http://www.cnrs.fr/lesgrandsdebats)

\* Retransmission assurée par la cellule webcast du centre de calcul de l'IN2P3 et le service audiovisuel du siège du CNRS.



## Éditorial

PAR RÉGIS RÉAU, DIRECTEUR DE L'INSTITUT DE CHIMIE DU CNRS

**La transition énergétique, l'un des grands enjeux sociétaux actuels**, implique le passage de l'utilisation quasi exclusive des énergies fossiles à un bouquet riche en énergies renouvelables. Cette transition pose de très grands défis scientifiques et technologiques. En effet, on sait produire de l'électricité, de la chaleur et de l'hydrogène, mais stocker efficacement ces trois formes d'énergie reste problématique. Or ce point conditionne la viabilité des énergies intermittentes (éolienne, solaire...) dans le bouquet énergétique. Augmenter les rendements et contrôler les échelles du temps de stockage sont ainsi des priorités pour la recherche, qui se doit de relever ces défis d'une manière économiquement viable dans un contexte de forte compétition internationale.

Vous découvrirez dans ce numéro de *CNRS Le journal* les grands axes de recherche développés pour le stockage de l'énergie et les dernières découvertes d'équipes CNRS de différentes disciplines. Ces exemples montrent que les ruptures scientifiques et technologiques proviennent le plus souvent de recherches pluridisciplinaires permettant une synergie des savoir-faire des chercheurs académiques et industriels.

Un exemple emblématique y est présenté : le Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E). Créé à l'initiative du CNRS et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, celui-ci permet à tous les partenaires français académiques et industriels de travailler dans une logique de collaboration rationnelle et stimulante dans un domaine très compétitif. L'objectif de ce réseau est simple et ambitieux : structurer la recherche pour faire de la France un leader mondial dans ces technologies d'avenir, en assurant dialogue et coopération entre chercheurs académiques et industriels tout au long des recherches et du processus de développement.

### 4 | 5 L'essentiel

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

### 6 | 7 L'événement

**La Semaine du cerveau** se tient du 11 au 17 mars. Bernard Zalc, directeur du Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière, évoque les derniers progrès de la science.

### 14 | 16 En images

**Sous la banquise**, l'écosystème marin est étudié pour prédire les effets du changement climatique.

### 17 | Décryptage

**Certains insecticides nuisent aux abeilles.** Gérard Arnold, qui a cosigné le premier rapport approfondi pointant le risque de certaines molécules pour les abeilles, analyse les récents avis de l'Autorité européenne de sécurité des aliments.

### 18 | 19 Le grand entretien

**La chercheuse Sophie Duchesne** publie une enquête sur les citoyens et l'Europe. Celle-ci inaugure un nouveau type de banque de données pour les sciences sociales.

### 37 | Un jour avec...

**Philippe Gaucher**, directeur technique en Guyane.

### 38 | 42 Culture

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

### 43 | Sur le vif

Les coulisses étonnantes d'une photo de science.



© B. GOMEZ/CNRS PHOTO THÈQUE

## 8 | 13 Actualités

Les experts de la radioactivité ; des nanocubes pour bâtir les matériaux du futur ; cancer : les chercheurs suspectent de très vieux virus ; les plantes à fleurs, de mystérieuses conquérantes ; un espoir de traiter la sclérose en plaques...

## 30 | 36 Stratégie

Prestigieuse pépinière accueille jeunes physiciens ; Maud Fontenoy, le CNRS et les lycéens ; les fibres optiques montent en puissance ; Alma a l'œil sur les étoiles...



© J.B. EPRON



© P. PSAILA

## 20 | 29 L'enquête

# Énergies : comment les stocker ?

22 | Des batteries gonflées à bloc

25 | Maîtriser le chaud et le froid

27 | De l'hydrogène à la pompe



Ces pictogrammes indiquent un contenu (texte, photo, vidéo ou audio) à visionner ou à écouter sur le journal feuilletable en ligne. > [www2.cnrs.fr/journal](http://www2.cnrs.fr/journal)

À la une

# Deux milliards d'euros pour le cerveau et le graphène

**L**es projets internationaux **Human Brain Project** et **Graphene**, auxquels participent les équipes du CNRS, ont été sélectionnés par la Commission européenne comme les deux premiers **FET** (*future and emerging technology*) **Flagships**, des programmes de recherche d'une ampleur sans précédent, dotés chacun d'un milliard d'euros, et d'une durée de dix ans.

**Human Brain Project** est coordonné par l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Son objectif : comprendre le cerveau humain et le reconstituer, pièce par pièce, dans des simulations informatiques. La France coordonne trois axes du projet : la théorie des réseaux neuronaux (Alain Destexhe, CNRS), les neurosciences cognitives (Stanislas Dehaene, Collège de France, Inserm, CEA) et les aspects

éthiques (Jean-Pierre Changeux, Collège de France, Institut Pasteur).

Le projet **Graphene**, lui, approfondit les applications du graphène, un matériau aux propriétés extraordinaires. Il sera coordonné par l'université de technologie suédoise Chalmers. Recevant 14,1 % du budget, l'Hexagone se situe au premier rang des pays partenaires pour la phase de lancement du projet. Quinze laboratoires français, dont onze unités du CNRS, figurent dans le consortium. Autres Français impliqués : le coordinateur de l'axe Énergie (Étienne Quesnel, du CEA-Liten) et le coordinateur adjoint de l'axe Santé et Environnement (Alberto Bianco, du CNRS). L'équipe dirigeante sera assistée d'un conseil consultatif d'orientation stratégique auquel participent le Prix Nobel Albert Fert et des représentants d'Airbus.



→ Manipulation (collage anodique) destinée à récupérer le graphène à partir de graphite.

© C. FRESILLON/CNRS PHOTO THÉRIE

## Jean Jouzel, premier français à recevoir le prix Vetlesen

→ **Jean Jouzel**, du **Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE)**<sup>1</sup>, a reçu le **prix Vetlesen 2012** pour ses travaux sur les glaces polaires et le climat. Décernée tous les quatre ans depuis 1959 par la **Fondation américaine Vetlesen**, cette prestigieuse récompense est considérée comme le « Nobel des sciences de la Terre et de l'Univers ». Elle s'ajoute à une liste déjà longue de distinctions, dont la médaille d'or du CNRS en 2002. Directeur de recherche au CEA, Jean Jouzel est membre du **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)** depuis plus de vingt ans et participe activement à la diffusion des résultats de recherches sur le réchauffement climatique. Toujours rattaché au LSCE, dont il fut directeur adjoint, il a également dirigé l'**Institut Pierre-Simon Laplace**, qui fédère les laboratoires de la région parisienne travaillant sur le climat et l'environnement. Il est le premier lauréat français à recevoir le prix Vetlesen.

1. Unité CNRS/CEA/UVSQ.



© C. LEBEDINSKI/CNRS PHOTO THÉRIE

## Deux nouveaux directeurs d'instituts au CNRS

→ **Stéphanie Thiébault** devient directrice de l'**Institut écologie et environnement (Inee)**. Elle en était jusqu'à présent directrice adjointe. Entrée au CNRS en 1988, cette archéobotaniste a été médaillée d'argent en 2008 pour ses travaux sur les dynamiques de végétation, fondés sur l'analyse des charbons de bois issus de sites archéologiques remontant jusqu'à la Préhistoire. Elle a aussi présidé la section « Hommes et milieux : évolution, interactions » du Comité national de la recherche scientifique. Elle succède à Françoise Gaill.

→ **Jean-Yves Marzin** est le nouveau directeur de l'**Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (Insis)**. Directeur de recherche de classe exceptionnelle du CNRS, spécialiste des semi-conducteurs, il a rejoint l'organisme en 1996. Il y a dirigé le Laboratoire de microstructures et de microélectronique jusqu'en 2001, puis a contribué à la création du Laboratoire de photonique et de nanostructures qu'il a dirigé jusqu'en 2011. Auteur ou coauteur de plus de 80 publications, il a reçu en 1990 le prix Ancel de la Société française de physique et, en 2006, les Palmes académiques. Il remplace Claudine Schmidt-Lainé, nommée recteur de l'académie de Rouen.



© J.-F. DARS



© CNRS SECTEUR AUDIOVISUEL DE LA DÉLÉGATION PARIS-MICHELANGE

→ Catherine Bru-Chevallier, directrice de l'INL (à g.) a reçu le trophée des mains de Roger Genet (à d.), directeur général pour la recherche et l'innovation au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



© INPI

## **BOURSES ERC 2012 :** *le CNRS prend la première place*

→ **L'appel à propositions « Chercheurs confirmés » 2012 du Conseil européen de la recherche (ERC) vient de distinguer 302 projets. Parmi eux, 39 sont hébergés dans l'Hexagone, dont 14 au CNRS. L'organisme se place ainsi une nouvelle fois en tête des structures européennes récompensées, devant l'École polytechnique fédérale de Zurich (12 lauréats) et la Société Max-Planck (8 lauréats). Avec 33 lauréats, il occupait déjà la première place des bourses ERC 2012 pour les jeunes chercheurs, attribuées en septembre 2012. Les 302 lauréats se partageront un fonds de 680 millions d'euros, destiné à soutenir des thématiques novatrices.**

## **L'INSTITUT DES NANOTECHNOLOGIES RÉCOMPENSÉ**

→ **L'Institut des nanotechnologies de Lyon (INL)<sup>1</sup> s'est vu décerner le Trophée INPI de l'innovation 2012** dans la catégorie Centre de recherche. L'INL consacre ses recherches à l'émergence des micro et nanotechnologies dans des secteurs aussi variés que les matériaux, l'électronique, la photonique, le photovoltaïque, les biotechnologies ou la santé... Ce prix récompense l'utilisation, par ses équipes, de la propriété industrielle comme une véritable stratégie.

1. CNRS/Insa Lyon/Université de Lyon-I/École centrale de Lyon/CPE Lyon.



© P. LOMBARDI/INSTITUT CURIE

## **Geneviève Almouzni, femme de science 2013**

→ **Geneviève Almouzni, directrice de recherche au CNRS, directrice de l'unité Dynamique nucléaire et plasticité du génome<sup>1</sup> et directrice déléguée à l'enseignement du Centre de recherche de l'Institut Curie, est lauréate du prix 2013 Femmes de science. Décerné par deux prestigieuses organisations européennes, l'Organisation européenne de biologie moléculaire (EMBO) et la Fédération des sociétés européennes de biochimie, il récompense ses recherches sur la chromatine et les histones ainsi que son engagement permanent pour la promotion de l'épigénétique en France.**

1. Unité CNRS/Institut Curie.

## *Le CNRS et l'Inra renouvellent leur convention-cadre de coopération*

→ **Le CNRS et l'Inra ont signé, le 10 janvier 2013, une convention-cadre de coopération**, pour une durée de sept ans. Cette convention vise à préciser, actualiser et simplifier les modalités d'une coopération ayant déjà fait l'objet de deux accords signés en 1995 et en 2003. Les deux organismes de recherche collaborent dans plusieurs domaines relevant des sciences du vivant, de l'environnement et l'écologie, des sciences de l'ingénieur et de la chimie, ainsi que des sciences humaines et sociales. Outre les différentes formes de collaboration scientifique, la nouvelle convention aborde les questions de propriété intellectuelle et met en place un comité de coordination qui assurera le suivi annuel de cette coopération.

## **François Hollande visite le Laboratoire Kastler-Brossel**

→ **Le président de la République, François Hollande, a participé, le 4 février dernier, à une cérémonie en hommage au Prix Nobel de physique, Serge Haroche, au Laboratoire Kastler-Brossel (LKB)<sup>1</sup>, à Paris, où le chercheur a effectué ses découvertes sur les photons (lire aussi page 30). En présence notamment de la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Geneviève Fioraso et du président du CNRS, Alain Fuchs,**

**le chef de l'État s'est prononcé en faveur d'un « déclouement » des structures de la recherche. Face à un système qu'il qualifie de « trop complexe », François Hollande a estimé : « On peut ajouter en permanence des strates aux strates, des structures aux structures. Il faut simplifier. » Pour le président de la République : « L'un des enjeux majeurs du projet de loi<sup>2</sup> sera donc de faciliter la constitution**



© P. LIMBERT/COLLEGE DE FRANCE

**d'ensembles rapprochant, sans les confondre, les grandes écoles et les universités. »**

1. Unité CNRS/UPMC/ENS/Collège de France.  
2. Le projet de loi en cours sur l'enseignement supérieur et la recherche.

→ **Le président a rendu hommage au Prix Nobel de physique 2012, Serge Haroche.**

**Semaine du cerveau** Bernard Zalc, directeur du Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (CRICM), fait le point des dernières avancées de la recherche sur les pathologies du système nerveux.

# Les pistes pour endiguer les maladies neurologiques

PAR ÉMILIE BADIN

**Du 11 au 17 mars, la Semaine du cerveau va témoigner du vif intérêt que le public porte aux recherches sur les maladies neurologiques, telle la maladie d'Alzheimer. Quelles sont les pistes pour lutter contre cette pathologie qui devrait toucher deux millions de Français en 2020 ?**

**Bernard Zalc :** Aujourd'hui, on pose le diagnostic de cette maladie neurodégénérative très tardivement, lorsqu'un pourcentage élevé de neurones sont déjà détruits, réduisant d'autant les chances de succès d'une intervention thérapeutique. Un objectif général est donc de mettre au point des techniques de diagnostic plus précoces. Au CRICM, par exemple, nous élaborons des méthodes basées sur des prélèvements biologiques et de l'imagerie (IRM) de l'hippocampe. Tout l'enjeu consiste à distinguer, parmi les patients qui consultent pour des pertes de mémoire légères, les individus indemnes de ceux qui ont déjà développé la maladie, toutefois nous n'en sommes qu'aux prémices. Nous avons des résultats, mais ils sont encore trop éclectiques (les uns issus de l'imagerie, les autres de tests sanguins ou psychologiques...). Afin de leur donner un sens prédictif, nous développons des logiciels adéquats : c'est ce que l'on appelle une approche multimodale.

**Comment, ensuite, ralentir le processus de dégénérescence ?**

**B. Z. :** Dans les années 1990, plusieurs groupes à travers le monde ont montré que, contrairement à ce que l'on pensait jusqu'alors, les cellules souches sont capables de générer de nouveaux neurones tout au long de notre vie. L'espoir consiste donc à stimuler ces

01



## UNE FIGURE DE PROUE DES NEUROSCIENCES

Créé en 2009, le Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (CRICM) rassemble aujourd'hui près de 500 personnes, soit 22 équipes, qui tentent de mieux comprendre notre cerveau et ses pathologies. « À l'origine, nous voulions regrouper les 11 unités mixtes du site de la Pitié-Salpêtrière, spécialisées en neurosciences, en un seul et même institut, explique Bernard Zalc, directeur du CRICM. La motivation était financière, avec la mise en commun de nos équipements, mais nous avons aussi à cœur

de réunir des équipes qui échangeaient finalement assez peu sur leurs travaux respectifs. C'est compréhensible : les différents labos étaient localisés dans 12 bâtiments dispersés sur les 32 hectares du site de la Salpêtrière ! » En 2005, à l'initiative d'Yves Agid et Gérard Saillant, l'AP-HP a alors accepté que se construise, sur le site de la Salpêtrière, un bâtiment spécialement dédié aux recherches en neurosciences. « Le fait que notre centre soit établi au cœur d'un hôpital facilite les allers-retours entre la recherche appliquée

et la recherche fondamentale à laquelle nous accordons une grande importance, précise le responsable. Cela implique une compréhension des mécanismes mis en jeu, et se traduit aussi par le développement de modèles expérimentaux de maladies neurologiques. Mais la proximité des patients influence de façon majeure nos projets de recherche, par les données cliniques et biologiques mises à notre disposition et la richesse des prélèvements biologiques conservés dans nos banques de tissus, d'ADN et de cellules. »

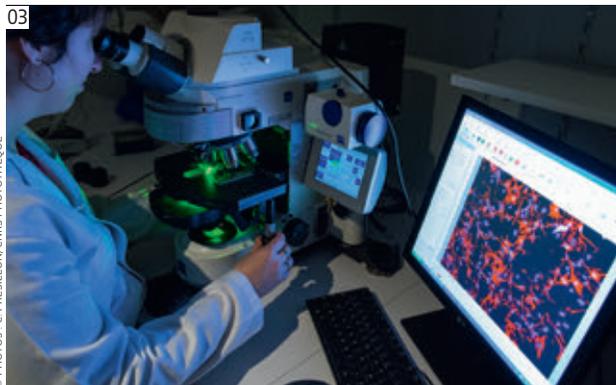
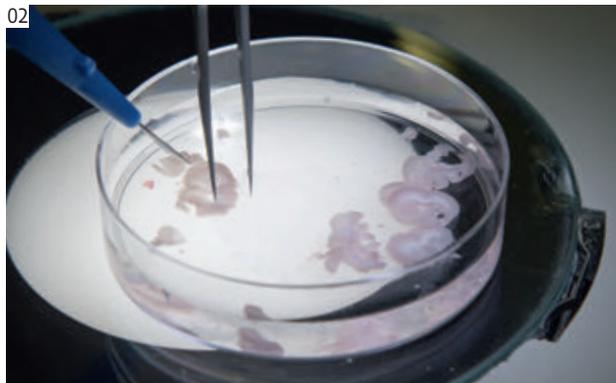


À voir sur le journal en ligne :  
la suite du reportage **photo**  
dans ce centre de recherche.

cellules souches afin qu'elles remplacent les neurones détruits, et cela, même à un âge avancé. L'autre voie est, en comprenant les mécanismes responsables de la mort neuronale, de parvenir à les stopper, afin d'enrayer l'évolution de la maladie. Mais nous n'en sommes encore qu'au stade des manipulations cellulaires *in vivo*. Les protocoles cliniques restent encore à développer.

**Vos équipes ont contribué de façon significative à identifier de nombreux gènes impliqués dans certaines formes de la maladie de Parkinson et dans la sclérose en plaques. Avez-vous aussi développé des méthodes cliniques pour contrecarrer les effets de ces maladies ?**

**B. Z. :** Pour contrer les mouvements anormaux induits par la maladie de Parkinson, nous développons une technique appelée « stimulation cérébrale profonde ». En plaçant dans le cerveau des électrodes réglées à une certaine fréquence, on peut réduire les tremblements. Cette approche thérapeutique se développe aussi dans le domaine neuropsychiatrique et une de nos équipes a été la première à tester avec succès cette technique dans les troubles obsessionnels compulsifs (TOC). Plusieurs équipes travaillent



01 Préparation d'un cerveau de souris qui sera congelé puis coupé en tranches d'une dizaine de micromètres d'épaisseur.  
02 Avec pince et scalpel, d'autres coupes sont disséquées pour en extraire une région contenant des cellules souches.  
03 Ces cellules sont ensuite observées au microscope à fluorescence.

par ailleurs sur la sclérose en plaques, cette maladie qui touche la myéline, c'est-à-dire la gaine entourant les axones qui permet d'accélérer la transmission de l'influx nerveux. Nos chercheurs développent des stratégies thérapeutiques visant à la reconstituer. Elles consistent notamment à stimuler la production des cellules qui synthétisent la gaine de myéline.

**Malgré plusieurs décennies de recherches cliniques et théoriques, le pronostic vital des patients atteints de certaines tumeurs cérébrales ne s'est pas beaucoup amélioré. Comment l'expliquez-vous ?**

**B. Z. :** C'est vrai. Les chirurgiens savent aujourd'hui très bien pratiquer une exérèse, c'est-à-dire ôter la tumeur, mais celle-ci récidive trop souvent, car on ne sait pas éradiquer les cellules souches tumorales. Dans notre centre de recherche, les équipes de neuro-oncologie expérimentale travaillent particulièrement sur ce problème. Elles étudient les mécanismes qui transforment une cellule saine en une cellule tumorale, et tentent de localiser les cellules souches tumorales.

**Qu'en est-il des maladies neuropsychiatriques, comme la schizophrénie par exemple ? Font-elles l'objet de recherches au CRICM ?**

**B. Z. :** En préambule, rappelons que le « traitement moral », amorce des approches psychothérapeutiques modernes, a été introduit par Philippe Pinel, médecin chef de La Salpêtrière (1795), qui a délivré les patients psychiatriques de leurs chaînes. L'évolution a conduit, en 1968, à séparer neurologie et psychiatrie en deux disciplines, dont on sait aujourd'hui qu'elles sont intimement liées. Au CRICM, nous sommes conscients de l'importance du champ de recherche neuropsychiatrique. C'est un des défis que nous nous fixons pour l'avenir, avec les travaux expérimentaux portant sur la réalité virtuelle et aussi l'émergence d'une jeune équipe qui focalise ses recherches sur la physiopathologie des syndromes dépressifs.



« Développée pour la maladie de Parkinson, la stimulation cérébrale profonde a été testée avec succès sur les TOC. »

**Un mot enfin sur les progrès de l'imagerie médicale, un enjeu transversal à toutes ces recherches ?**

**B. Z. :** Les avancées récentes de l'imagerie sont spectaculaires. Le CRICM est réputé pour la magnétoencéphalographie (MEG), une technique qui avance à pas de géant. Elle est un très bon complément de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et de l'IRM fonctionnelle, qui permet d'observer les zones du cerveau activées à la suite d'un stimulus. Si la résolution spatiale des examens par IRM est excellente, la résolution temporelle est médiocre : 1 à 2 secondes se passent entre le moment où la zone s'active et où l'on parvient à la localiser. C'est là qu'intervient la magnétoencéphalographie : elle permet de localiser, en une milliseconde (soit quasiment en temps réel), les zones stimulées grâce aux faibles champs magnétiques que génère le cerveau en activité. Développer ce genre de technique reste indispensable pour une compréhension fine de l'organisation et du fonctionnement du système nerveux.

**CONTACT :**

Centre de recherche de l'institut du cerveau  
et de la moelle épinière, Paris  
**Bernard Zalc**  
> [bernard.zalc@upmc.fr](mailto:bernard.zalc@upmc.fr)

**Nucléaire** Créé en 2011, le réseau Becquerel monte en puissance en tant que spécialiste neutre et crédible pour effectuer des mesures et contrôler l'environnement.

# Les experts de la radioactivité

PAR MATHIEU GROUSSON

**S**ujet politique, constamment alimenté par l'actualité, l'impact de la radioactivité sur l'environnement suscite toujours autant de questions. Sur ce terrain sensible, sept laboratoires de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) du CNRS ont décidé de fédérer outils et savoir-faire en créant une plateforme nationale d'analyse de radionucléides et de dosimétrie. C'est le réseau Becquerel.

Mis en place en 2011, ce réseau s'est affirmé en un an et demi d'existence comme un acteur reconnu de la mesure de la radioactivité auprès de tous les acteurs de cette filière. Il offre par ailleurs aux chercheurs du CNRS une nouvelle façon de faire valoir leur expertise, et ouvre la perspective de nouveaux projets de recherche et de collaborations. « Dans le domaine des mesures radiologiques, les compétences des laboratoires du CNRS sont multiples, explique Patrick Chardon, au laboratoire Subatech<sup>1</sup>, à Nantes, et responsable du réseau Becquerel. Leur mise en réseau nous est apparue comme une opportunité de mettre ces compétences et ces moyens directement à disposition de la société. » En effet ces équipes disposent d'un très large champ d'expertise. Elles savent étudier le comportement des radionucléides dans l'environnement, mettre au point des détecteurs en physique nucléaire et des particules. Elles maîtrisent aussi, à travers des protocoles rigoureux, la radioprotection des personnels du CNRS et la surveillance de l'environnement liée au fonctionnement de grands instruments tels les accélérateurs...

Historiquement, les mesures radiologiques étaient essentiellement le fait de laboratoires d'exploitants du nucléaire, d'organismes de contrôle ou d'associations à caractère militant. « Or dans les débats et controverses autour du nucléaire,

le positionnement du CNRS est neutre, argumente Patrick Chardon. La population est attachée à son objectivité, ce qui le rend absolument légitime pour des mesures radiologiques dans l'environnement et dans le monde du nucléaire. »

## DES DEMANDES CROISSANTES

Certes, avant la mise en place du réseau, différents laboratoires répondaient déjà, indépendamment les uns des autres, à des demandes de mesures radiologiques. « Mais nous nous sommes rendu compte que leur nombre allait croissant, en particulier concernant le comportement des radionucléides dans la biosphère et les mesures à très bas seuil », indique le scientifique. En cause ? La montée des préoccupations sur les conséquences à long terme du nucléaire ainsi que la loi de 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. Cette loi a conduit en particulier l'Autorité de sûreté nucléaire

(ASN), dont les pouvoirs ont été renforcés, à diligenter des campagnes de mesures qui auparavant incombait exclusivement aux exploitants. « D'où l'idée d'une offre globale jouant la complémentarité plutôt que la concurrence entre nos laboratoires », précise Patrick Chardon.

Preuve du bien-fondé de l'offre ? Après un an et demi d'activité, le réseau reçoit des demandes d'expertises de l'ensemble des acteurs concernés par la question nucléaire : collectivités locales

**RADIONUCLÉIDES**  
Éléments chimiques radioactifs.

**DOSIMÉTRIE**  
Mesure des doses de rayons ionisants auxquels un être vivant a été exposé.



© SUBATECH



© IPHC



A voir sur le journal en ligne à partir du 18 mars : un reportage vidéo sur le réseau Becquerel.



© B. RAJAUCNRS PHOTOHEQUE



## AU JAPON, LES CITOYENS S'INVESTISSENT EUX-MÊMES DANS L'ÉVALUATION

La catastrophe de Fukushima a fait naître un important mouvement de défiance de la population japonaise envers les acteurs de la filière électronucléaire et les autorités. « Dans ce contexte, les initiatives citoyennes pour l'information et la protection de la population se sont multipliées, notamment en ce qui concerne les mesures indépendantes de radioactivité », observe Cécile Asanuma-Brice, membre du Centre de recherches sur le Japon

et du laboratoire international associé « Protection humaine et réponses au désastre, soin intensif en sociétés industrielles ». Ainsi, grâce aux mesures effectuées par les habitants, le professeur Koyama Ryôta, du département d'économie agricole de la faculté de Fukushima, a élaboré des cartes extrêmement précises des zones de radioactivité. Ce mouvement a contraint les autorités à fournir des données fiables de la répartition spatiale de la contamination.

→ Les compétences du réseau Becquerel sont vastes : recherche de radioactivité dans l'environnement (01), dans des produits importés du Japon (02), mesures radiologiques à très bas seuil sur des matériaux (03), contrôle d'anciennes mines d'uranium (04), ou évaluation du milieu aquatique par prélèvement de poissons (05).



© SUBATECH

émetteurs alpha et bêta. L'Institut de physique nucléaire de Lyon dose le carbone 14. Et la spectrométrie gamma in situ est réalisée par l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien, à Strasbourg, détaille Patrick Chardon. Tout cela illustre les synergies qui s'opèrent à travers le réseau. » Autres exemples ? La réalisation de contrôles inopinés sur des installations nucléaires pour le compte de l'ASN, ou les mesures radiologiques effectuées autour de la centrale du Blayais à la demande d'une association. « De fait, nous avons constaté que la robustesse de nos mesures n'est remise en cause par personne », se félicite Patrick Chardon.

### DES TECHNIQUES DE POINTE

Si le réseau est expert en mesures de « routine », il propose également ses services pour des missions nécessitant des développements scientifiques et techniques de haut vol. Ainsi, fin décembre 2012, plusieurs plateformes du réseau ont signé un marché-cadre avec EDF pour la réalisation de l'inventaire radiologique précis de toutes ses centrales en démantèlement. « L'histoire radiologique de l'ensemble des installations concernées est parfois mal connue, et des mesures difficiles devront être réalisées. Ce type de projets qui nécessitent le concours de plusieurs laboratoires et la capacité d'innover font tout l'intérêt du réseau », analyse le chercheur de Subatech.

Réciproquement, le réseau Becquerel profite aux chercheurs de l'IN2P3. Les contrats passés avec les clients engendrent bien sûr des ressources pour les laboratoires. Mais ils sont aussi une opportunité de développer des collaborations scientifiques avec de nouveaux partenaires. « Nos prestations sont autant d'occasions de valoriser nos compétences, indique

Patrick Chardon. Et peuvent par exemple déboucher sur la mise en place de thèses, en cotutelle avec des industriels. »

Mieux : la « force de frappe » déployée par sept laboratoires en réseau permet de participer à des projets plus ambitieux. « Pour répondre à l'appel à projets post-Fukushima de l'ANR, nous avons mobilisé le réseau et les équipes de recherche associées. Nous avons aussi pu y intégrer un volet dans le domaine des sciences humaines et sociales, sur les thématiques de l'acceptation par les populations locales des activités de **remédiation** », souligne Patrick Chardon.

Face à l'intérêt du réseau, ses acteurs ont décidé d'étendre son offre. Ils espèrent ainsi proposer avant la fin de l'année, en plus de l'activité de mesures, un volet analyse et interprétation. Le réseau sera alors en mesure d'instruire l'ensemble d'un dossier transmis par les autorités de sûreté. Et pourra devenir un acteur de premier plan des débats sur le nucléaire dans l'Hexagone.

1. Unité CNRS/École des mines de Nantes/Université de Nantes.

### REMÉDIATION

Processus de réparation mené à l'aide de diverses techniques.

### EN LIGNE

Le site du réseau :  
> <http://reseau-becquerel.in2p3.fr>

### CONTACTS :

Laboratoire de physique subatomique et des technologies associées, Nantes  
**Patrick Chardon**  
> [patrick.chardon@subatech.in2p3.fr](mailto:patrick.chardon@subatech.in2p3.fr)  
Bureau du CNRS à Tokyo  
**Cécile Asanuma-Brice**  
> [asanuma-brice@cnrs.jp](mailto:asanuma-brice@cnrs.jp)



© IPHC

(mairies, départements, régions...), autorités de contrôle (Autorité de sûreté nucléaire, Direction des affaires sanitaires et sociales, Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement...), professionnels utilisant des éléments radioactifs (comme les hôpitaux), ou exploitants (EDF, Andra, Areva...) et associations antinucléaires. « Le recours à la plateforme relève d'un besoin de crédibilité », analyse le physicien.

Le réseau Becquerel opère ainsi le suivi radioécologique à long terme des sept centrales nucléaires d'EDF implantées sur les bassins de la Loire et de la Garonne. « Subatech effectue les prélèvements, la spectrométrie gamma, ainsi que les mesures de tritium et des

## Physique

# Des nanocubes pour bâtir les matériaux du futur

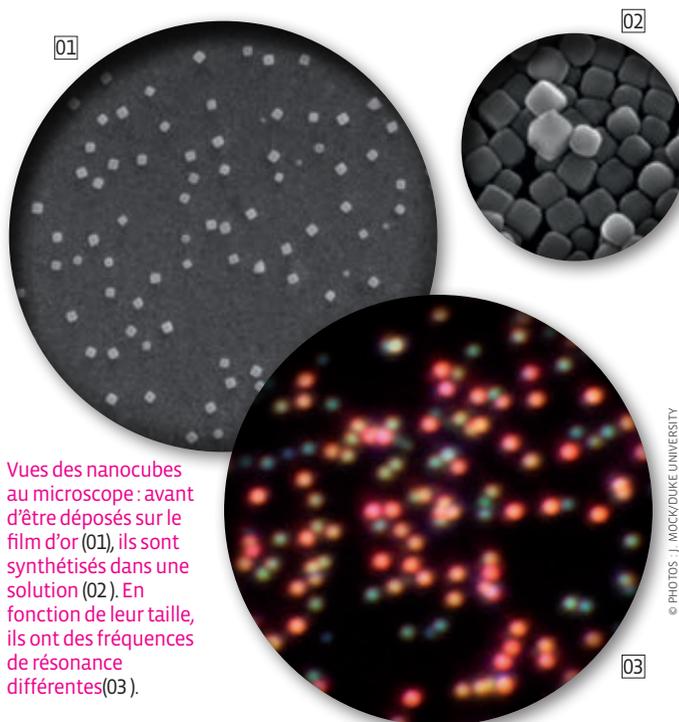
PAR VAHÉ TER MINASSIAN

→ **En disposant aléatoirement de petits cubes d'argent** sur une surface d'or recouverte d'un simple film polymère, on obtient un matériau à même d'absorber la lumière. Cette découverte prometteuse a été réalisée par une équipe franco-américaine, associant l'Institut Pascal<sup>1</sup> et le laboratoire de David R. Smith, de l'université de Duke (États-Unis). Dans la revue *Nature*<sup>2</sup>, Antoine Moreau et ses collègues assurent que cette nouvelle structure est bon marché et facile à fabriquer. Elle devrait donner lieu à de nombreuses applications.

La création de matériaux capables d'absorber la lumière de manière efficace sur une gamme de longueurs d'onde décidée à l'avance est l'un des grands challenges actuels de la photonique. Ces matériaux pourraient ouvrir la voie à une nouvelle génération de capteurs high-tech ou de systèmes pour convertir la chaleur en électricité. De la détection de molécules à l'élaboration de cellules photovoltaïques extrêmement performantes, les utilisations potentielles se déclinent à l'infini.

Problème, explique Antoine Moreau : « Si, dans le passé, on a déjà mis au point des objets de ce type, leur coût s'est toujours avéré prohibitif en raison des procédés de fabrication employés, qui ont souvent fait appel à des techniques de lithographie onéreuses issues de l'industrie de l'électronique. » D'où l'intérêt de la méthode « purement chimique » imaginée par le chercheur et ses confrères.

Celle-ci a consisté à synthétiser en solution des nanocubes d'argent de 75 nanomètres de côté, puis à déposer ce cocktail sur une surface d'or préalablement recouverte d'un film **diélectrique** de quelques nanomètres d'épaisseur. Les scientifiques ont alors constaté que les cubes se comportaient comme des nano-antennes très efficaces : ils réagissent à une certaine longueur d'onde de la lumière, et entrent alors en résonance. Ces cubes sont ainsi capables d'absorber la lumière sur une surface correspondant à trente fois leur taille, dans une gamme



Vues des nanocubes au microscope : avant d'être déposés sur le film d'or (01), ils sont synthétisés dans une solution (02). En fonction de leur taille, ils ont des fréquences de résonance différentes (03).

très précise du spectre. Comme la longueur d'onde à laquelle les cubes réagissent dépend de leur taille ou de l'épaisseur du film, l'équipe a pu établir les paramètres nécessaires pour que les cubes absorbent la couleur rouge. Ils ont ainsi démontré qu'il était possible de donner à l'or une apparence verte !

« L'avantage, poursuit Antoine Moreau, est qu'un infime changement dans l'épaisseur du film suffit à changer la longueur d'onde absorbée par les cubes. À partir de là, on peut imaginer détecter par cette méthode la présence d'un polluant dans l'air. Le dépôt du polluant sur le film modifiera ses propriétés optiques, induisant un changement de la longueur d'onde d'absorption des cubes. Au final, la couleur de l'or sera modifiée, ce qui nous fournira un indicateur de la présence de la molécule indésirable. »

1. Unité CNRS/Université Clermont-Ferrand-III/Institut français de mécanique avancée/École nationale supérieure de chimie de Clermont-Ferrand.  
2. *Nature*, 6 décembre 2012, vol. 492, n° 7427, pp. 86-89.

**CONTACT :**  
Institut Pascal, Aubière  
**Antoine Moreau**  
> antoine.moreau@univ-bpclermont.fr

**ÉLECTRONIQUE |**

Des filaments d'actine, protéine du squelette des cellules vivantes, pourraient bientôt servir de composants électroniques. Des chercheurs du CEA, du CNRS, de l'université Joseph-Fourier et de l'Inra ont mis au point une technique qui permet de contrôler l'autoassemblage de ces filaments entre deux plaques de verre. Ils les ont ensuite rendu conducteurs grâce à des nanoparticules d'or.

**BIOLOGIE | Une étude clinique sur des patients atteints de lupus érythémateux disséminé,**

maladie auto-immune très handicapante, a montré l'efficacité d'un peptide synthétique développé par l'équipe de Sylviane Muller, de l'Institut de biologie moléculaire et cellulaire de Strasbourg. À la clé : l'espoir d'un médicament débarrassé des effets indésirables des traitements actuels.

**ASTRONOMIE | On a mesuré l'intensité de la lumière extragalactique diffuse. Les chercheurs du Laboratoire Leprince-Ringuet (CNRS/École polytechnique) ont utilisé le réseau de télescopes HESS auquel contribuent le CNRS et le CEA.**

**NANOTECHNOLOGIES |**

## Un moteur

composé de seulement deux cents atomes, et dont le sens de rotation peut être inversé à volonté, a été réalisé par des chercheurs du Cemes (CNRS) et de l'université de l'Ohio. Son rotor de deux nanomètres de diamètre est actionné par les électrons délivrés par la pointe d'un microscope à effet tunnel. Ce moteur, le plus petit de ce type, pourrait équiper de futurs nanorobots.

Plus d'actualités sur [www2.cnrs.fr/presse/](http://www2.cnrs.fr/presse/)

**DIÉLECTRIQUE**  
Se dit d'un matériau qui ne peut pas conduire le courant électrique.



**Biologie** En réactivant chez des souris des séquences génétiques de virus présentes dans leur ADN, des chercheurs ont induit un hépatocarcinome.

# Cancer : les chercheurs suspectent de très vieux virus

PAR KHEIRA BETTAYEB

**L**es rétrovirus sont des types de virus capables d'intégrer leur génome à celui de la cellule qu'ils infectent, afin d'en détourner les ressources et de se multiplier. Depuis des millions d'années, les mammifères ont accumulé dans leur ADN des milliers de séquences génétiques provenant de ces virus. Appelés rétrovirus endogènes ou rétrotransposons, ces reliquats d'anciennes infections sont maintenus inactifs par nos cellules grâce à de complexes mécanismes moléculaires.

Des chercheurs de l'Institut de génétique et de biologie moléculaire et cellulaire (IGBMC)<sup>1</sup>, à Illkirch, viennent de faire une avancée importante concernant des rétrotransposons particuliers, de la famille des VL30. Ils ont découvert que leur réactivation chez la souris peut induire un cancer du foie (hépatocarcinome). Mieux : ils ont réussi à décrypter le processus moléculaire menant à ce dangereux réveil<sup>2</sup>.

Ces travaux sont d'une importance capitale pour la recherche sur les causes des cancers : « Ils montrent qu'il ne faut plus sous-estimer la possible implication des rétrovirus endogènes », souligne Irwin Davidson, à l'IGBMC.

Le chercheur et ses collègues ont mis en évidence que deux protéines, TRIM24 et TRIM33, sont cruciales pour maintenir inactifs les gènes des VL30. « Normalement, ces deux protéines exercent cette "répression" en s'associant entre elles, puis en se fixant sur une troisième molécule, le récepteur de l'acide rétinolique, lequel contrôle l'activation des gènes des VL30, précise Irwin Davidson. Mais si les gènes codant pour TRIM24 et TRIM33 sont inactivés par une mutation, cette répression est levée. Alors, les éléments VL30

**ARN**  
Acide  
ribonucléique.

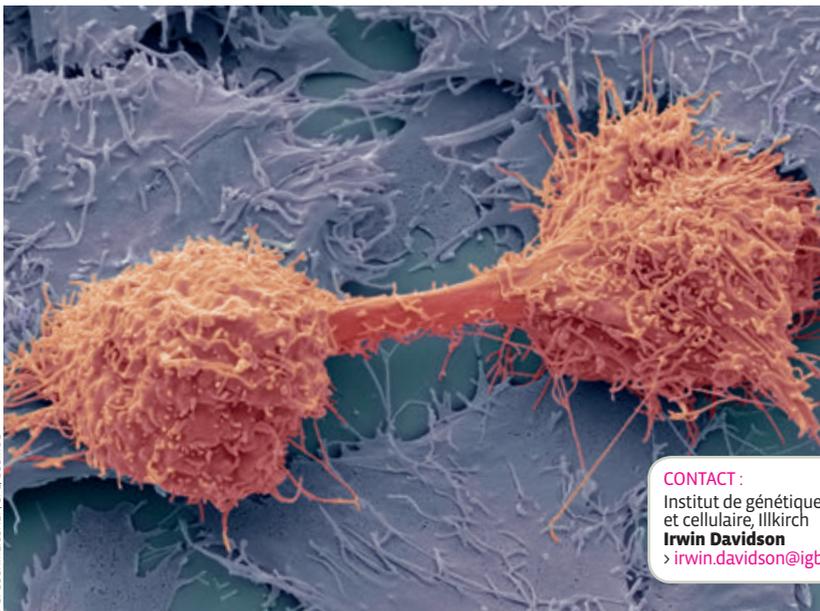
dans le génome sont transcrits en ARN, puis rétrotranscrits en ADN. Cet ADN s'accumule à l'intérieur des cellules du foie. » Ces dernières se mettent alors à fabriquer des molécules immunitaires spéciales, des cytokines inflammatoires, normalement secrétées lors d'une infection virale (alors que ce n'est pas le cas ici). Les cytokines favorisent le développement d'une réaction immunitaire d'inflammation. Et c'est cette inflammation qui peut finir par favoriser le développement d'un cancer...

Pour arriver à décrypter ce mécanisme, les chercheurs ont utilisé des souris modifiées génétiquement dont les gènes codants pour TRIM24 et TRIM33 sont éteints. Puis grâce à de puissantes techniques de génomique à haut débit permettant l'étude simultanée de l'ensemble des gènes du génome, ils ont évalué les effets de ces mutations sur l'expression des gènes des VL30 et des gènes induisant la production de cytokines.

Ces travaux font suite à une étude publiée en 2007 par une autre équipe de l'IGBMC, celle de Régine Losson. Celle-ci avait montré que l'inactivation du gène de TRIM24 provoquait un hépatocarcinome, grâce à un processus impliquant le récepteur de l'acide rétinolique. En 2011, une seconde étude, publiée par l'équipe d'Irwin Davidson elle-même, avait mis en évidence le même résultat, mais pour TRIM33. Voilà pourquoi dans leur nouvelle étude, les biologistes se sont focalisés dès le départ sur les protéines TRIM24 et TRIM33. L'équipe cherche maintenant à savoir si l'inactivation simultanée de TRIM24 et TRIM33 pourrait favoriser des cancers dans des organes autres que le foie.

1. Unité CNRS/Inserm/Université de Strasbourg.
2. « Trim24-repressed VL30 retrotransposons regulate gene expression by producing noncoding RNA », *Nature Structural & Molecular Biology*, le 3 février 2013.

→ Cellule  
cancéreuse  
du foie en train  
de se diviser.



**CONTACT :**

Institut de génétique et de biologie moléculaire  
et cellulaire, Illkirch  
**Irwin Davidson**  
> [irwin.davidson@igbmc.fr](mailto:irwin.davidson@igbmc.fr)

## Paléobotanique

# Les plantes à fleurs, de mystérieuses conquérantes

PAR VAHÉ TER MINASSIAN

→ **Apparues il y a 130 millions d'années, les angiospermes ou plantes à fleurs** représentent aujourd'hui 90 % des espèces qui nous entourent. Mais quel secret est à l'origine du spectaculaire développement de cette famille de végétaux caractérisés par une graine se formant dans un fruit<sup>1</sup>?

Les raisons de son rapide essor durant la période du Crétacé (de - 145 à - 65 millions d'années) demeurent un « *abominable mystère* », comme le qualifiait Charles Darwin à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Toutefois, les récents travaux d'une équipe internationale livrent quelques indices sur la manière dont cette conquête a pu se dérouler sur le Vieux Continent<sup>2</sup>.

Bernard Gomez, enseignant-chercheur à Lyon au LGL-TPE<sup>3</sup>, et ses collègues ont constitué une banque de données répertoriant des informations sur les fossiles de plantes du Crétacé découverts depuis deux siècles dans les gisements européens. Selon eux, la conquête de l'Europe par les plantes à fleurs a pu se dérouler en trois phases s'étalant sur quarante millions d'années !

Pour arriver à cette conclusion, ces paléobotanistes sont allés au-delà du simple inventaire de l'âge et du lieu de découverte des feuilles fossilisées d'angiospermes. La plupart du temps, en effet, ces feuilles fossilisées sont mises au jour en compagnie d'autres végétaux (conifères, fougères...), dans des sédiments

caractéristiques du milieu dans lequel les plantes ont vécu (lac, rivière, plaine d'inondation...). « *L'idée a alors été de réunir toutes ces informations pour*



© PHOTOS 1 ET 2 : B. GOMEZ/CNRS PHOTO THÈQUE

01 Cette plante angiosperme aquatique du gisement de Las Hoyas (Espagne) a 125 millions d'années (Barrémien supérieur).  
02 Cette feuille d'angiosperme de Charente-Maritime a près de 100 millions d'années.

associer à chaque reste de végétal non seulement une date et un lieu, mais également une abondance, une diversité du milieu ou un type d'environnement », explique Bernard Gomez.

En explorant la banque de données à l'aide d'outils statistiques, l'équipe a ainsi reconstitué une partie de l'histoire de l'occupation de l'Europe par les angiospermes. À en croire le scénario proposé, ces végétaux auraient ainsi vécu, durant le Barrémien (- 130 à - 125 millions d'années), dans des espaces humides, liés à des lacs d'eau douce, avant de se répandre au cours de l'Aptien et de l'Albien (- 125 à - 100 millions d'années) dans les sous-bois des plaines d'inondation, puis de conquérir, lors du Cénomaniens-Campanien (de - 100 à - 84 millions d'années) les levées naturelles des rivières et les zones côtières marécageuses. Un tel récit implique-t-il que les premières plantes à fleurs sont apparues dans des zones lacustres ? Pas si sûr. Avant de répondre à cette question, bien d'autres études seront nécessaires, estiment les chercheurs.

## À suivre

**Espace** | Les prochaines semaines s'annoncent fastes pour les astronomes. Rendez-vous d'abord à Paris, le 21 mars, au siège de l'Agence spatiale européenne, où seront dévoilées les toutes premières images du rayonnement du fond cosmologique

couvrant l'ensemble du ciel. Celles-ci ont été obtenues grâce au satellite *Planck*, lancé en 2009 dans le but d'observer ce rayonnement, témoin des débuts de l'Univers. D'autres révélations attendent les amateurs d'objets célestes.

De nombreuses publications scientifiques sont attendues sur les premières découvertes de *Curiosity*, le robot martien qui vient d'effectuer son premier forage sur la planète rouge. Plusieurs équipes du CNRS sont impliquées dans ces deux missions d'envergure.

1. Par opposition aux plantes à graines nues ou gymnospermes (dont font partie les conifères).
2. *PNAS*, 18 décembre 2012, vol. 109, n° 51, pp. 20955-20959.
3. Laboratoire de géologie de Lyon - Terre, planètes, environnement (unité CNRS/ENS Lyon/Université Claude-Bernard-Lyon-1).

### CONTACT :

Laboratoire de géologie de Lyon - Terre, planètes, environnement  
**Bernard Gomez**  
> [bernard.gomez@univ-lyon1.fr](mailto:bernard.gomez@univ-lyon1.fr)

## LES MÉDIAS EN PARLENT

→ Un immense disque formé d'une multitude de galaxies naines entoure la

galaxie d'Andromède. Découvert par une équipe internationale à laquelle appartient Rodrigo Ibata, de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, ce drôle de disque a été la star des médias en janvier après avoir fait la couverture de *Nature*.



SCIENCES  
AVENIR

© NASA/JPL/ETC/TECH

→ Cinq jeux vidéo pilotés par la pensée ont captivé les journalistes. Ils sont le fruit du projet OpenVibe 2. L'un de ces jeux, Brain Invaders, est inspiré du célèbre Space Invaders dans lequel il faut détruire des vaisseaux spatiaux ; il a été

développé par le laboratoire grenoblois Gipsa-Lab.



le monde  
info

© G. MAISONNEUVE/INRIA

→ Vu au journal télévisé de France 2 : le visage d'Henri IV reconstitué par ordinateur grâce aux travaux de l'équipe de Philippe Charlier, spécialiste de l'anthropologie médico-légale. Il y a deux ans, cette même équipe avait authentifié un crâne momifié comme étant celui du fameux roi de France, assassiné en 1610 par Ravallac, puis décapité.



© P. FROESCHV/VISUALFORENSIC



→ L'histoire du climat du Groenland a aussi intéressé la presse. Une équipe internationale, impliquant le CNRS, a pu remonter, grâce à des carottes

de glace, jusqu'à il y a 130 000 ans. À cette époque, la fonte de la calotte du Groenland n'aurait contribué qu'à hauteur de 2 mètres à la montée du niveau marin, qui aurait crû de 4 à 8 mètres.

© S. FOUCAULT/LEMONDE.FR

## Santé

# Un espoir de traiter la sclérose en plaques

PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

→ La sclérose en plaques pourrait un jour être traitée grâce à une molécule que le corps humain produit naturellement : la testostérone. C'est le résultat de travaux publiés dans la revue *Brain* en janvier 2013<sup>1</sup>. Ils ont été menés par une équipe du Laboratoire d'imagerie et de neurosciences cognitives (Linc)<sup>2</sup>, en collaboration avec une équipe de l'Inserm.

Grave maladie dégénérative, la sclérose en plaques se caractérise par des troubles moteurs et de la vision. Elle est liée à une destruction de la myéline, une substance qui forme des gaines protectrices autour des fibres nerveuses. Sans myéline, le signal nerveux ne se propage que très lentement.

Les chercheurs savaient déjà que les taux de testostérone jouaient un rôle dans la maladie. Ils avaient montré l'effet protecteur de cette hormone sur les oligodendrocytes, les cellules qui, dans le cerveau, produisent la myéline. Pour aller plus loin, ils ont induit une démyélinisation chronique chez la souris, similaire à celle observée dans la sclérose en plaques. Les souris ont ensuite été traitées soit à la testostérone, soit avec une hormone de synthèse (appelée MENT) analogue à l'hormone naturelle (et déjà utilisée dans des traitements hormonaux substitutifs). Celle-ci a l'avantage de ne pas induire un

développement de la prostate susceptible de déboucher sur un cancer. « À la fin d'un traitement de neuf semaines, les souris présentaient une réduction remarquable de leurs symptômes, et leurs fibres nerveuses étaient à nouveau myélinisées », explique Said Ghandour, chercheur au Linc. La testostérone et le MENT favorisent non seulement la synthèse de myéline par les oligodendrocytes, mais aussi la transformation des cellules souches du cerveau en oligodendrocytes.

S'il reste encore du chemin à parcourir, ces travaux ouvrent une nouvelle voie au traitement de la sclérose en plaques et aux autres maladies de la myéline. Par ailleurs, ils pourraient être utiles au diagnostic et au suivi médical des patients. « Les taux de testostérone pourraient servir de biomarqueurs pour évaluer la progression des maladies démyélinisantes », affirme Said Ghandour.

1. « The neural androgen receptor: a therapeutic target for myelin repair in chronic demyelination », *Brain*, janvier 2013, vol. 136, n° 1, pp. 132-146.
2. Unité CNRS/Université de Strasbourg.

### CONTACTS :

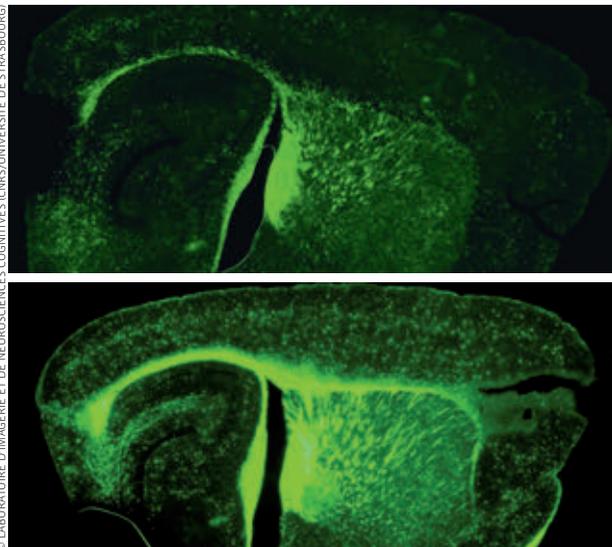
Laboratoire d'imagerie et de neurosciences cognitives, Strasbourg

**Said Ghandour**  
> [gbandour@unistra.fr](mailto:gbandour@unistra.fr)

Unité Inserm Neuroprotection et neurorégénération : molécules neuroactives de petite taille, Le Kremlin-Bicêtre

**Michael Schumacher**  
> [michael.schumacher@inserm.fr](mailto:michael.schumacher@inserm.fr)

→ En haut : vue au microscope d'un cerveau de souris affectée par une démyélinisation chronique. La faible fluorescence est attribuée à la destruction de la myéline. En bas : un cerveau de souris traitée par la testostérone pendant plusieurs semaines. Une récupération importante de la myéline est observée à la suite de ce traitement hormonal.



© LABORATOIRE D'IMAGERIE ET DE NEUROSCIENCES COGNITIVES (CNRS/UNIVERSITÉ DE STRASBOURG)

**Biologie marine** L'Arctique devrait subir de plein fouet les effets du changement climatique. Les scientifiques mènent des investigations en Norvège pour tenter de prédire l'impact de ces bouleversements sur le fragile écosystème marin.



# La vie sous la banquise



01

PAR GREGORY FLÉCHET

**B**lottie au fond d'un fjord de l'île norvégienne du Spitzberg, Ny-Ålesund est la localité la plus septentrionale de la planète. C'est sous ces latitudes extrêmes, où la nuit polaire peut durer plusieurs semaines, que les scientifiques du projet international Ecotab<sup>1</sup> (*Effect of climate change on the arctic benthos*) ont choisi de mener leurs investigations. De fait, d'ici 2050 à 2100, on estime que la température de l'océan Arctique tout entier augmentera de 4 °C. Sur la même période, l'épaisseur de la banquise, le pH et la salinité de l'océan devraient, à l'inverse, fortement diminuer. Quel sera l'impact de tels bouleversements sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes côtiers arctiques ? C'est la question que vise à éclaircir Ecotab, lancé en novembre 2011.

« La vaste baie de Kongsfjorden, où est située la base de Ny-Ålesund, est idéale pour étudier les effets du changement climatique en Arctique, explique Nathalie Morata, responsable du projet et chercheuse au Laboratoire des sciences de l'environnement marin (Lemar)<sup>2</sup>. En effet, cette baie est placée sous l'influence directe des eaux chaudes transportées par la *dérive nord-atlantique*. » Son équipe se concentre sur un objet particulier : « le *benthos*,



*c'est-à-dire les organismes qui vivent au fond des mers, dont le comportement face aux changements climatiques qui s'annoncent reste peu étudié. »*

La première phase du projet a commencé par des prélèvements de glace, d'eau de mer et de sédiments. De mai 2012 à janvier 2013, les scientifiques ont

**DÉRIVE NORD-ATLANTIQUE**  
Lent déplacement des eaux du nord de l'océan Atlantique, réchauffées par le Gulf Stream, vers le nord-est et l'océan Arctique.

**BENTHOS**  
Ensemble des organismes aquatiques enfouis dans les fonds marins ou vivant dans leur voisinage.



03



04



© PHOTOS 12,3,4 - E. AMICE/CHRS PHOTO THEQUE



05

© PHOTOS 5,6 - N. MODRATA



06

01 La base scientifique de Ny-Ålesund constitue la localité la plus au nord de la planète. Un site idéal pour étudier les conséquences du changement climatique sur les écosystèmes arctiques.

02 Vaste comme deux fois la Belgique, l'archipel du Svalbard, où est situé le Spitzberg, est recouvert à 60 % par des glaciers.

03 Le navire côtier océanographique *Teisten* de la base internationale de Ny-Ålesund, depuis lequel ont été effectués les prélèvements et les analyses préliminaires du projet Ecotab.

04 Sédiments collectés à proximité des côtes à l'aide d'une benne en acier inoxydable. Leur tri méticuleux permet d'inventorier les organismes benthiques présents.

05 Carotte de sédiments collectée à l'embouchure du fjord par 300 mètres de profondeur. La présence de plusieurs espèces de vers marins témoigne du caractère maritime de cette partie de la baie.

06 L'observation microscopique des prélèvements d'eau de mer révèle la présence d'un foisonnement de larves de bivalves qui, une fois adultes, rejoindront le fond du fjord pour constituer une part importante de la faune benthique.

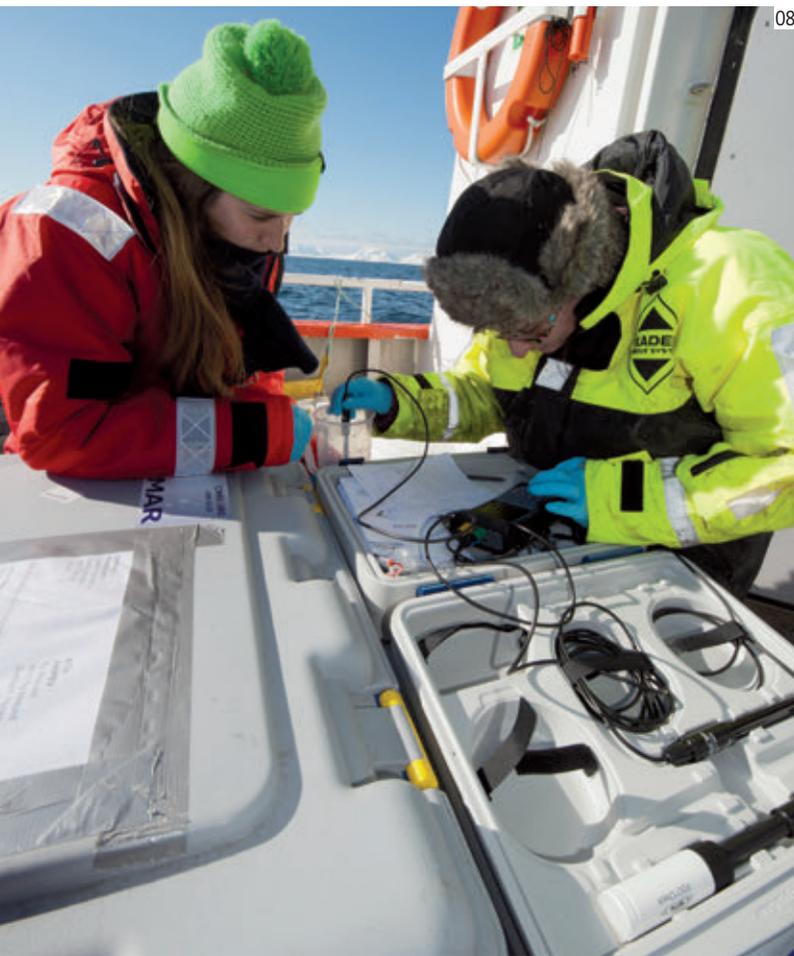
07 Avant de pouvoir prélever des algues de glace, les scientifiques doivent d'abord forer la banquise de part en part.



07

© J. RICHARD

mené quatre campagnes, dans trois secteurs du Kongsfjorden. Ces échantillonnages avaient pour objectif de mieux cerner les relations, au fil des saisons, entre les organismes qui peuplent trois milieux indissociables : la banquise, le fond du fjord et la colonne d'eau qui les sépare.



08

09



© PHOTOS 8-9-10 - E. AMICE/CNRS/PHOTOTHEQUE

10



08 Des scientifiques mesurent le pH de l'eau de mer prélevée dans les profondeurs du Kongsfjorden sitôt les échantillons remontés sur le pont du Teisten.

09 De retour au laboratoire, l'eau de mer est filtrée afin de mesurer sa concentration en chlorophylle. Cette valeur servira à déterminer la quantité de plancton végétal à la base du réseau trophique aquatique.

10 Les quatre campagnes de terrain réalisées entre 2012 et 2013 ont permis aux chercheurs du projet Ecotab de prélever de nombreux échantillons d'eau de mer et de sédiments.

11 Comme son nom le laisse supposer, *Calanus glacialis* est un petit crustacé copépode typique des zones maritimes arctiques. À la base de toute la chaîne alimentaire arctique, cette espèce pourrait voir sa population régresser sous l'effet du réchauffement de l'océan Arctique.

« Grâce aux données emmagasinées durant cette première phase du projet, nous serons bientôt en mesure de répertorier les espèces clés du benthos arctique », indique la scientifique du Lemar. La seconde phase débutera en 2014 au laboratoire marin de Ny-Ålesund. Elle permettra aux chercheurs de mesurer les conséquences, pour ces espèces benthiques, de scénarios où ils feront varier toute une série de paramètres (qualité de la nourriture, pH, salinité ou température de l'eau de mer, etc.).

Cette démarche expérimentale, inédite sous ces latitudes, contribuera à mieux percevoir les effets du changement climatique sur le fragile équilibre établi entre les milieux benthique et pélagique. « En temps normal, le benthos, qui englobe les espèces de mollusques bivalves posés sur le fond du fjord, tire une grande part de sa nourriture des algues de glace qui se détachent de la face interne de la banquise, précise Nathalie Morata. Or, la fonte de la banquise entraîne la disparition de ces algues : les bivalves seront donc contraints de se rabattre sur d'autres nutriments, comme les pelotes fécales de petits crustacés copépodes. »

Ces nutriments de substitution suffiront-ils à pallier la disparition des algues de glace ? Dans le sillage d'Ecotab, de nombreuses questions

restent en suspens. L'enjeu est crucial, puisqu'en Arctique les organismes benthiques sont à la base de l'alimentation de nombreuses espèces de mammifères marins.

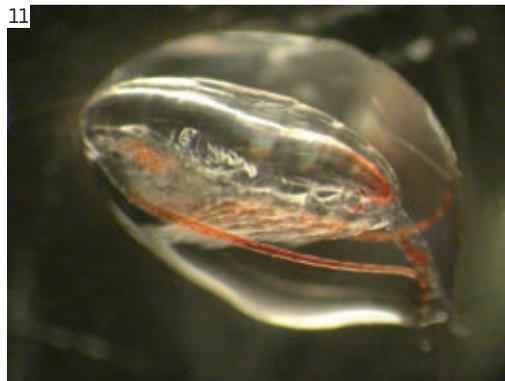
1. Le projet Ecotab réunit des chercheurs français, allemands, norvégiens, canadiens, espagnols et polonais. Il bénéficie d'un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre du programme « Retour post-doctorants ».
2. Unité CNRS/Université de Bretagne occidentale/Ifremer/IRD.



Avoir sur le journal en ligne la suite du reportage **photo** sur le programme Ecotab.

**PÉLAGIQUE**  
Désigne les organismes qui évoluent dans la colonne d'eau, au-dessus des fonds où vit le benthos.

11



© A. AUBERT

**CONTACT :**

Laboratoire des sciences de l'environnement marin, Plouzané  
**Nathalie Morata**  
> [nathalie.morata@univ-brest.fr](mailto:nathalie.morata@univ-brest.fr)

**Biologie** Gérard Arnold, qui a cosigné le premier rapport approfondi pointant le risque de certaines molécules pour les abeilles, analyse les récents avis de l'Efsa.

# Certains insecticides nuisent aux abeilles

PAR CHARLINE ZEITOUN

**C'est désormais établi : certains insecticides utilisés pour traiter les semences** créent des risques graves pour les abeilles. Trois avis rendus par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) viennent de le confirmer. Pire : les tests d'homologation de ces produits ne sont pas pertinents.

## CE QUE L'ON SAVAIT

En 1995, les apiculteurs français constatent une surmortalité des abeilles. Très vite, ils soupçonnent le Gaucho, un nouvel insecticide qui enrobe les graines et diffuse dans la plante tout au long de sa croissance. Alertés par les apiculteurs, des chercheurs du CNRS, de l'Inra et de l'Afsa, mesurent des résidus d'imidaclopride (la molécule active du Gaucho) jusque dans le pollen des fleurs et prouvent que cette quantité, même très faible, est toxique pour les abeilles. La firme Bayer, qui vend l'insecticide, le conteste, étudie d'écotoxicologie à l'appui. « Comme pour d'autres substances chimiques mises sur le marché, ce sont les industriels qui sont officiellement tenus de réaliser ou financer ces études », rappelle Gérard Arnold. Les agences de sécurité comme l'Efsa, elles, se limitent à les évaluer.

En 2003, un comité scientifique et technique créé par le ministère de l'Agriculture (dont fait partie Gérard Arnold) rend un rapport sur l'imidaclopride. Il estime que nombre de publications ne sont pas pertinentes, et pointe déjà l'existence d'un risque pour les abeilles. En 2011, la Commission européenne mandate l'Efsa pour rédiger une opinion scientifique sur les méthodes d'évaluation des risques que les produits phytosanitaires créent pour les abeilles.

## CE QUE L'ON VIENT DE PROUVER

Le groupe de travail, auquel participe là encore Gérard Arnold, examine les failles de ces méthodes. Parmi elles : des risques dits sublétaux (désorientation des abeilles, etc.) non évalués jusque-là, mais également des risques d'intoxication chronique (liée à des petites quantités ingurgitées plusieurs fois), alors que les tests d'homologation tenaient compte surtout des intoxications aiguës.

« Les tests avaient été mis au point pour des insecticides utilisés en épandage, commente Gérard Arnold. Mais, depuis une vingtaine d'années, ils ne sont plus adaptés aux produits présents pendant toute la durée de la floraison des plantes. » Sur la base de cette opinion scientifique, l'Efsa réévalue donc la toxicité de trois molécules insecticides (imidaclopride, thiaméthoxame et clothianidine) et conclut en janvier 2013 à un risque aigu pour les abeilles<sup>1</sup>.

## CE QUI VA CHANGER

En mai prochain, l'Efsa publiera les nouvelles méthodes officielles d'évaluation de ces molécules. « Le processus a été long et difficile, souligne Gérard Arnold. Il serait plus efficace d'augmenter le budget alloué à la recherche pour évaluer les effets sur la santé et l'environnement des substances. Aujourd'hui, il est infime par rapport à celui accordé pour produire de l'innovation. »



→ C'est notamment en équipant les abeilles de puces RFID que les experts ont pu démontrer la perte d'orientation des abeilles du fait des résidus d'insecticides (ici, une *Apis mellifera*).

De son côté, l'Agence européenne pour l'environnement vient de publier un épais rapport<sup>2</sup> sur plusieurs controverses scientifiques récentes : le Gaucho en France, les nanotechnologies, le bisphénol A, etc. Dans ce document, Laura Maxim, chercheuse à l'ISCC, relève des problèmes communs à toutes ces polémiques. Le lobbying des industriels, bien sûr, ou les conflits d'intérêts auxquels peuvent être exposés certains experts. Mais surtout : l'évaluation des nouvelles technologies avec des méthodes anciennes.

1. [www.efsa.europa.eu/fr/press/news/130116.htm](http://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/130116.htm).  
2. [www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2](http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2).

▶ A voir sur le journal en ligne : le film *Cocktail fatal chez les abeilles*.

## GÉRARD ARNOLD

Directeur de recherche, il est biologiste de l'abeille au Laboratoire évolution, génomes et spéciation et directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences de la communication du CNRS (ISCC).



## CONTACTS :

Laboratoire évolution, génomes et spéciation, Gif-sur-Yvette  
Institut des sciences de la communication du CNRS, Paris  
**Gérard Arnold**  
> [gerard.arnold@legs.cnrs-gif.fr](mailto:gerard.arnold@legs.cnrs-gif.fr)  
> [gerard.arnold@iscc.cnrs.fr](mailto:gerard.arnold@iscc.cnrs.fr)

Sciences sociales Sophie Duchesne, chercheuse à l'ISP<sup>1</sup>, publie une enquête sur les citoyens et l'Europe. Celle-ci inaugure un nouveau type de banque de données.

# Voir l'Europe sous un autre jour

PAR CHARLINE ZEITOUN

**Votre enquête<sup>2</sup> sur la perception de l'Europe par ses citoyens est sortie fin janvier<sup>3</sup>. Quelles sont les conclusions auxquelles vous parvenez ?**

**Sophie Duchesne :** Notre enquête, menée en France, en Belgique francophone et en Angleterre, a montré que les citoyens de milieu populaire sont plus indifférents qu'hostiles en ce qui concerne l'Union européenne (UE). Seuls les gens aisés ou particulièrement militants semblent se soucier de ces questions, affichant soit un « euroscepticisme » soit une « europhilie ». Cette enquête est qualitative : ses données consistent en de longs entretiens collectifs avec des individus soigneusement sélectionnés.

**D'autres enquêtes donnent un résultat différent sur l'euroscepticisme...**

**S.D. :** En effet, les enquêtes de l'**Eurobaromètre** laissent penser que, dans leur grande majorité, les citoyens se méfient de plus en plus de l'Europe et que ce scepticisme menace la construction de l'UE. Mais ces enquêtes-là sont quantitatives : elles reposent sur des **questions fermées**. Or, des études qualitatives fondées sur des discussions avec les personnes, mises en place depuis la fin des années 1990, conduisent à un résultat différent. En fait, les citoyens ne se méfient pas de l'Europe, ils s'en désintéressent. Sur un tel sujet, il s'avère que les études de l'Eurobaromètre ne sont pas fiables, tout simplement parce que les individus interrogés doivent choisir parmi les réponses alors qu'ils ne savent pas quoi répondre ! Et notre enquête montre, de surcroît, que la montée de ce qu'on appelle l'euroscepticisme n'est pas un phénomène populaire comme on a tendance à le penser : en réalité, ce sont les élites qui sont de plus en plus partagées sur le sujet.

**Simultanément à la publication de votre enquête, tous les entretiens dont elle résulte ont été mis à disposition de la communauté scientifique dans une nouvelle banque de données BeQuali<sup>4</sup>, financée par un appel à projets Équipements d'excellence (Équipex). Quel est l'enjeu ?**

**S.D. :** Ce type de banque de données qualitatives est un outil encore peu répandu. De plus, publier l'enquête et les entretiens en même temps est une première en France, à notre connaissance. Il faut savoir que les chercheurs sont réticents

à la publication de leurs entretiens, tandis que les données des études quantitatives sont presque toujours accessibles. L'intérêt de partager les données sera double : d'abord, les collègues pourront discuter l'interprétation que nous avons faite de ces données, puis ils pourront en faire la réanalyse pour en tirer de nouveaux résultats.

**Cette démarche, la réanalyse de données, est pour l'instant peu habituelle en sociologie. Sait-on si elle est pertinente ?**

**S.D. :** Notre banque de données a justement pour objectif de tester sur un maximum d'exemples l'intérêt de la réanalyse, à condition que notre financement soit maintenu. Toutefois, en 2004, une étude de l'anglais Mike Savage a montré que l'évolution des sciences sociales elle-même justifiait de réanalyser les données. Les objets sur lesquels ces disciplines choisissent de s'arrêter évoluent au cours du temps. Or le choix de ce qu'on observe a bien évidemment des répercussions sur l'analyse produite. Par exemple, on parle aujourd'hui beaucoup de l'**ethnisation** des rapports sociaux en France, mais ce phénomène n'existait-il pas avant de devenir un objet d'étude ? Réanalyser d'anciennes enquêtes pourra conduire à de nouvelles interprétations. BeQuali pourrait donc donner une nouvelle dimension à la sociologie qualitative. Cet outil devrait aussi permettre, si c'était encore nécessaire, d'ajouter du crédit à cette branche de notre discipline, dont les interprétations sont parfois discutées, notamment en raison de l'opacité sur les données. La sociologie qualitative étant ainsi plus ouverte à la critique, ses résultats n'en seront que plus forts.

**Quelles nouvelles pistes la réanalyse de votre enquête sur l'Europe pourrait-elle ouvrir ?**

**S.D. :** Elle pourrait conduire à d'autres interprétations sur la même thématique, mais aussi ouvrir des études sur d'autres sujets. Les idées exprimées par les personnes interrogées vont bien au-delà de la question européenne. En particulier, parce que dans nos groupes de discussion, chacun était libre de rebondir sur une idée exprimée par un autre participant. Ces



© V. GUILLOU

## EUROBAROMÈTRE

Sondage d'opinion mis en place en 1974. Il permet de questionner plusieurs fois par an des milliers d'Européens.

## QUESTION FERMÉE

Question pour laquelle la personne sondée se voit proposer un choix parmi des réponses préétablies : « oui », « non », « un peu », « beaucoup », etc.

## ETHNICISATION

Définir quelque chose d'un point de vue ethnique.

## EN LIGNE

Plus d'informations sur :  
> [www.bequali.fr](http://www.bequali.fr)



© T. PETER/REUTERS

discussions montrent, par exemple, que les gens se passionnent pour la globalisation, dont ils ont pourtant assez peur. Et qu'ils n'ont aucune confiance dans leur gouvernement. Voilà qui pourrait amorcer des études sur ces thèmes. Nous avons beaucoup travaillé sur la méthodologie, ce qui a rendu les données particulièrement riches. Nous avons ainsi spécifiquement constitué vingt-quatre groupes de six à huit personnes afin que le dialogue soit le plus fluide et le plus ouvert possible. Les groupes devaient être homogènes socialement – car les façons de parler diffèrent beaucoup d'un milieu social à l'autre – et comporter des personnes d'avis opposé sur diverses questions politiques, outre celles concernant l'UE.

**Vous dites que les chercheurs sont réticents à diffuser leurs entretiens et observations. Pourquoi ?**  
**Y a-t-il d'autres obstacles à la création d'un outil de partage comme BeQuali ?**

**S.D. :** Les chercheurs évoquent des questions de déontologie, considérant que les personnes se confient à eux et à personne d'autre. Sur le terrain, il semble pourtant que les personnes ont plutôt le sentiment de se confier « à la science ». Or la banque ne sera ouverte qu'aux chercheurs et assimilés, qui s'engageront à respecter l'anonymat des interviewés. L'autre réticence est liée à des questions de méthode. Tout travail de terrain est en effet une interaction entre le chercheur et le milieu où il investigate. Le contexte est capital. C'est pourquoi

*« Les études qualitatives montrent qu'en fait, les citoyens ne se méfient pas de l'Europe, ils s'en désintéressent. »*

dans BeQuali nous réalisons une « enquête sur l'enquête » – avec notamment une interview du chercheur qui explique sa démarche – pour rendre compréhensibles les documents archivés. Il existe depuis quinze ans en Angleterre un outil de partage de données qualitatives, mais sans cette approche. Aujourd'hui, les progrès dans le domaine du numérique permettent d'innover dans notre discipline. C'est l'occasion pour la France d'être moteur dans ce domaine.

1. Institut des sciences sociales du politique (Unité CNRS / Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense / ENS Cachan).
2. Réalisée en partenariat entre le CNRS, Sciences Po Paris, le FNRS, l'université catholique de Louvain et l'université d'Oxford.
3. *Citizens' Reactions to European Integration Compared: Overlooking Europe*, S. Duchesne, E. Frazer, F. Haegel et V. Van Ingelgom, éd. Palgrave Macmillan. À paraître l'été prochain, en français, aux éditions L'Harmattan.
4. La banque d'enquêtes qualitatives BeQuali est développée au sein du Centre de données socio-politiques (CDSP), unité mixte de service CNRS à Sciences Po, par Guillaume Garcia, Anne Both, Sarah Cadorel et Sophie Duchesne.

CONTACT :  
 Institut des sciences sociales du politique,  
 Nanterre  
**Sophie Duchesne**  
 > sduchesne@u-paris10.fr



# ÉNERGIES

## comment les stocker ?

Pour assurer son avenir et celui de la planète, l'humanité doit puiser son énergie à d'autres puits que ceux de pétrole. Mais cette nécessaire transition vers les sources renouvelables, qui fait actuellement l'objet d'un débat national, ne s'opérera qu'à une condition : parvenir à stocker l'énergie. En effet, s'il est aujourd'hui plus ou moins simple de produire de l'électricité, de la chaleur et même de l'hydrogène, stocker durablement ces trois vecteurs d'énergie reste une véritable gageure scientifique et technologique. Un défi que les scientifiques du CNRS relèvent chaque jour.

UNE ENQUÊTE DE JULIEN BOURDET, JEAN-FRANÇOIS HAÏT ET FABRICE DEMARTHON

Des batteries gonflées à bloc **22** |

Maîtriser le chaud et le froid **25** |

De l'hydrogène à la pompe **27** |

**À l'horizon 2020, la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en France** devra atteindre 23%, contre 9,2% en 2011<sup>1</sup>. Ce développement massif des énergies issues du soleil, du vent, de l'eau ou de la biomasse ne se fera qu'à une condition : la mise en place de solutions de stockage efficaces. « Par définition, les énergies

renouvelables sont intermittentes, car sujettes aux aléas du climat, explique Pascal Brault, du Groupe de recherches sur l'énergétique des milieux ionisés (Gremi)<sup>2</sup>, coanimateur de la cellule Énergie du CNRS. *Il faut donc pouvoir stocker l'énergie produite à un moment donné et qui n'est pas immédiatement consommée (lors des périodes de fort ensoleillement par exemple, dans le cas du solaire), afin de la restituer lorsque le besoin se présente.* » Or aujourd'hui, le stockage de l'énergie, qu'elle soit sous forme d'électricité, de chaleur ou de gaz comme l'hydrogène, constitue un verrou scientifique et technologique important à l'introduction massive des énergies renouvelables dans le mix énergétique. « Cet obstacle existe aussi bien pour le stockage stationnaire à grande échelle que pour les applications nomades ou les

transports », rappelle Alain Dollet, du laboratoire Procédés, matériaux et énergie solaire (Promes)<sup>3</sup>, coanimateur de la cellule Énergie.

C'est l'électricité qui constitue aujourd'hui le vecteur énergétique le plus difficile à gérer. « À part les technologies





magnétiques qui présentent des limitations importantes, aucun système ne peut stocker le courant électrique », précise Pascal Brault. À grande échelle, l'une des techniques les plus répandues consiste à utiliser l'excès de production électrique pour pomper l'eau d'un lac ou d'une rivière vers un réservoir (un lac de retenue par exemple) situé à une altitude plus élevée. Grâce à ces stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), l'électricité est temporairement stockée sous forme d'énergie potentielle. Pour la récupérer ensuite, il suffit de laisser faire la gravité : ouvrir les vannes du réservoir et laisser l'eau s'écouler à travers des turbines qui produiront à nouveau de l'électricité. Il existe actuellement six grandes STEP en activité en France, produisant une puissance installée d'environ 5 gigawatts (5 GW), mais on pourra difficilement augmenter leur nombre, pour des raisons géographiques.

Suivant la même logique, l'eau peut être remplacée par l'air (qui est alors stocké dans le sous-sol) : l'électricité produite à un instant donné permet de comprimer l'air, qui pourra être détendu ultérieurement dans des turbines afin de restituer l'électricité quand on le souhaitera ; c'est la technique CAES (*compressed air energy storage*). « Pour le stockage à grande échelle, un autre moyen consiste à utiliser des batteries géantes ou des fermes de batteries, donc à transformer l'énergie électrique en énergie chimique et vice versa », ajoute Alain Dollet. La Réunion

03 Le barrage et le lac du Verney, en Savoie, appartiennent à une station de transfert d'énergie par pompage (STEP), permettant de stocker de l'énergie électrique.

**ÉNERGIE POTENTIELLE**  
Énergie interne d'un système soumis à une force (gravitation, force mécanique, moléculaire...)



dispose depuis 2010 d'un tel système : une batterie sodium-soufre de haute capacité capable de restituer 1 MW pendant sept heures. Mais l'essor des technologies de stockage électrochimique est entravé par plusieurs problèmes, notamment celui des matériaux utilisés : leur durabilité, leur recyclage... « Il en va de même dans les transports, où l'enjeu consiste à concevoir des batteries puissantes et légères », indique Pascal Brault.

### DE GROS VEROUS TECHNIQUES

De leur côté, la chaleur et l'hydrogène sont des vecteurs d'énergie un peu plus simples à stocker que l'électricité. Les recherches en cours se concentrent sur la mise au point de matériaux capables d'emmagasiner la chaleur à haute température (céramiques, déchets amiantés vitrifiés...) ou de fixer l'hydrogène (hydrures...).

Toutefois, « il subsiste de nombreux verrous scientifiques et techniques au stockage de l'énergie. Certaines technologies sont relativement matures, mais d'autres sont encore balbutiantes », notent Alain Dollet et Pascal Brault. Le CNRS s'emploie à lever ces blocages et transfère son savoir-faire vers l'industrie. « Notre organisme, qui est l'un des quatre membres fondateurs de l'Ancre<sup>4</sup>, est un acteur majeur de la recherche dans le do-

main du stockage de l'énergie, souligne Alain Dollet. L'énergie offre en effet un champ d'investigation fortement pluridisciplinaire qui fait appel aux sciences de l'ingénieur, à la chimie, à la physique, mais aussi aux sciences du vivant, aux sciences humaines et sociales... Fort de ses dix instituts, le CNRS réunit toutes ces compétences et son spectre d'intervention va de la recherche fondamentale à l'innovation. »

La mission pour l'interdisciplinarité du CNRS vient d'ailleurs de lancer un grand défi sur le thème de la « **Transition énergétique** » qui vise à explorer de nouvelles voies de recherche en intégrant systématiquement les conséquences sociales, les impacts environnementaux et la disponibilité des ressources<sup>5</sup>. Et la problématique du stockage sera évidemment centrale dans ce défi.

**F. D.**

1. Source : Service de l'observation et des statistiques, *Bilan énergétique de la France pour 2011*.
2. Unité CNRS/Université d'Orléans.
3. Unité CNRS/Université de Perpignan-Via-Domitia.
4. Ancre : Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie ([www.allianceenergie.fr](http://www.allianceenergie.fr)), fondée par le CEA, l'Ifpen, le CNRS et la CPU.
5. [www.cnrs.fr/mi/spip.php?article247](http://www.cnrs.fr/mi/spip.php?article247).

#### CONTACTS :

**Pascal Brault**  
> [pascal.brault@cnrs-dir.fr](mailto:pascal.brault@cnrs-dir.fr)  
**Alain Dollet**  
> [alain.dollet@cnrs-dir.fr](mailto:alain.dollet@cnrs-dir.fr)



L'exploitation massive des énergies renouvelables, issues des hydroliennes (01) ou des éoliennes et des panneaux solaires (02) ne se fera qu'en levant le verrou du stockage.

© EYEMATRIX/FOTOLIA



04

04 Production de batteries lithium-ion pour l'automobile dans l'usine Saft de Nersac (France).

© P. PESALIA

# Des batteries gonflées à bloc

**E**nviron 160 kilomètres, c'est l'autonomie actuelle maximale d'un véhicule électrique. Et 1 %, c'est la part de l'électricité stockée dans les réseaux de distribution. Ces deux chiffres résumant, à eux seuls, l'énorme défi du stockage de l'électricité. Comment augmenter l'autonomie des véhicules électriques afin qu'ils puissent effectuer des trajets autoroutiers sans recharger ? Comment stocker davantage la production des sources d'énergie électrique conventionnelles, mais aussi renouvelables (éolien, solaire) par nature intermittentes, pour la réinjecter dans

**DENSITÉ D'ÉNERGIE**  
Quantité d'énergie délivrée par unité de volume.

le réseau au moment des pics de consommation ? Face à ce défi, les batteries d'aujourd'hui ne sont pas assez performantes. « *L'enjeu est d'augmenter leur densité d'énergie, en garantissant leur sécurité de fonctionnement et en faisant baisser leur coût, le tout dans une optique de développement durable* », explique Jean-Marie Tarascon, du Laboratoire de réactivité et chimie des solides (LRCS)<sup>1</sup>, à Amiens. Une équation qui semble impossible à résoudre, mais pour laquelle se mobilisent les chercheurs des différents laboratoires qui constituent le réseau RS2E (Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie), lancé en 2010, et visant à fédérer tous les acteurs du domaine dont des industriels (lire encadré).

## LA PISTE DES MATÉRIAUX

Les batteries actuellement utilisées pour les véhicules électriques sont les lithium-ion (qui contiennent du lithium sous forme ionisée). Pour les améliorer, deux

voies de recherche sont suivies au sein du RS2E. La première consiste à jouer sur le matériau de la batterie lui-même. Soit en augmentant la capacité de matériaux existants, soit en concevant de nouveaux matériaux, comme les fluoro-sulfates et hydroxosulfates, qui rendent les liaisons chimiques plus aptes à former des ions, ce qui permet d'augmenter la densité d'énergie.

Certains matériaux étudiés, notamment au LRCS et à l'Institut des matériaux de Nantes, sont aussi plus « verts » : fabriqués à l'aide d'enzymes ou de bactéries, ou issus de la biomasse... ce qui permettrait de les recycler entièrement.

Deuxième voie suivie pour augmenter les performances : explorer des technologies alternatives. C'est le cas de la batterie lithium-air, dans laquelle l'oxygène de l'air réagit avec le lithium. « *En théorie très efficace, cette solution pose des problèmes complexes, comme la recherche de meilleurs catalyseurs, indispensables pour faire fonctionner l'électrode à oxygène. Elle n'est donc pas pour demain* », prévient Jean-Marie Tarascon.

Ces préoccupations ne valent pas seulement pour les batteries de voiture. Pour

## LE RÉSEAU FRANÇAIS SUR LE STOCKAGE ÉLECTROCHIMIQUE

Le RS2E (Réseau de recherche et technologie sur le stockage électrochimique de l'énergie) comprend quatorze laboratoires (dont dix forment le laboratoire d'excellence Store-Ex), trois EPIC (CEA, Ineris, IFP Énergies nouvelles), et des industriels (Renault, PSA, EADS-Astrium, Rhodia, Saft, EDF, Saint-Gobain, Arkema, Solvionic, Acu watt).

### EN LIGNE :

> [www.energie-rs2e.com](http://www.energie-rs2e.com)

## LE STOCKAGE MAGNÉTIQUE

Fournir une puissance de 100 mégawatts par kilo, soit l'équivalent de dix TGV lancés à pleine vitesse... mais pendant quelques millisecondes seulement : telle est la mission dévolue aux systèmes de stockage appelés SMES (*superconducting magnetic energy storage*).

Leur principe est simple : l'énergie est stockée sous forme d'un champ magnétique généré par la circulation d'un courant électrique dans une bobine court-circuitée. Afin que cette énergie ne se dissipe pas, la bobine est réalisée en matériau supraconducteur. On décharge la bobine quand on le souhaite en la connectant au réseau.

Cependant, pour être opérationnel, le SMES doit être refroidi à environ 4 kelvins (-269 °C) avec les supraconducteurs conventionnels. Cette technologie met donc en jeu des dispositifs volumineux et coûteux, ce qui limite sa diffusion. À Grenoble, l'Institut Néel et le G2Elab conçoivent des SMES fonctionnant

à des températures plus élevées (20 kelvins), ce qui allège beaucoup le dispositif de refroidissement et améliore nettement les performances.

À la clé, des applications qui intéressent les domaines civil et militaire. Ainsi, un lanceur électromagnétique serait capable de propulser des charges à une vitesse bien supérieure à celle qu'autorise la propulsion chimique classique. Cela pourrait être utile pour placer un microsatellite sur orbite basse, aussi bien que pour lancer un obus.

Enfin, cette recherche vise, plus généralement, à concevoir des aimants supraconducteurs beaucoup plus performants et durables.

**CONTACT :**  
Pascal Tixador  
> [pascal.tixador@g2Elab.grenoble-inp.fr](mailto:pascal.tixador@g2Elab.grenoble-inp.fr)



05 Bobine supraconductrice qui permet de stocker l'énergie sous forme d'un champ magnétique.

© D. MOREL

certain cas ces couches sont bénéfiques, dans d'autres elles dégradent les performances. En utilisant des méthodes de pointe comme la spectroscopie photo-électronique à rayonnement X (XPS), le laboratoire palois accède à une connaissance fine des espèces chimiques impliquées dans le phénomène, essentielle pour mieux comprendre les mécanismes de vieillissement afin de les retarder.

Autre problème posé aux développeurs : les utilisateurs finaux peuvent avoir besoin de systèmes capables de délivrer une puissance importante pendant quelques secondes seulement. Par exemple : pour l'ouverture d'urgence des portes de l'Airbus A380, pour redémarrer les véhicules dotés d'un système « stop and start » qui coupe le moteur au feu rouge, ou pour actionner une visseuse-dévisseuse sans fil. Or, les batteries détestent être sollicitées de manière intermittente ou intense.

La solution ? Les supercondensateurs. Ces dispositifs (qui pèsent de quelques grammes à plusieurs centaines de kilos) consistent en deux électrodes de carbone poreux, séparées par une membrane et baignant dans un liquide (l'électrolyte) contenant des ions positifs et négatifs. Ces ions s'accumulent de part et d'autre dans les pores du carbone, ce qui crée une différence de potentiel donc un courant électrique. « Comme pour les batteries, l'enjeu est d'augmenter la densité d'énergie des supercondensateurs. Si on y parvient, ils pourraient par exemple, dans les véhicules hybrides et électriques, prendre le relais de la batterie pour récupérer l'énergie issue du freinage ou fournir l'énergie nécessaire

le « stockage de masse », celui destiné à alimenter le réseau électrique, il existe à l'heure actuelle d'énormes batteries au sodium-soufre. Mais elles fonctionnent à 300 °C, ce qui pose des problèmes de sécurité. C'est pourquoi le RS2E explore activement la piste de batteries au sodium-ion, qui fonctionnent à température ambiante, et surtout la technologie dite de *redox flow* (voir schéma). Dans celle-ci, les électrodes sont formées par deux liquides en mouvement, séparés par une membrane à travers laquelle se produit le transport d'ions. Cette méthode est peu coûteuse, mais elle ne délivre pas une énergie suffisante. Les chercheurs du RS2E planchent sur la formulation et les propriétés

d'« encres » (des liquides contenant non plus des ions libres mais des particules en suspension), qui permettraient une plus grande concentration en ions, donc une plus grande densité d'énergie.

## CONSERVER LA PUISSANCE

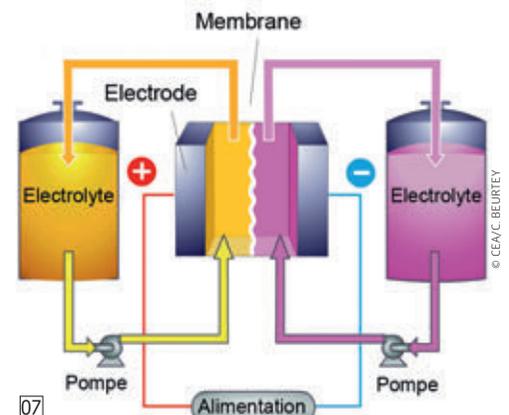
Un autre problème posé par les batteries, notamment lithium-ion, est leur vieillissement, qui se traduit par des pertes de capacité et de puissance. « C'est le résultat de réactions chimiques aux interfaces entre les électrodes et l'électrolyte », explique Danielle Gonbeau, de l'Institut des sciences analytiques et de physicochimie pour l'environnement et les matériaux (Iprem)<sup>2</sup>, à Pau. Des couches de quelques nanomètres, composées de molécules issues de la dégradation des solvants et des sels contenus dans l'électrolyte de la batterie, se forment aux interfaces. Si dans

06 Banc de test des matériaux de stockage électrochimique au Laboratoire de réactivité et chimie des solides (LRCS), à Amiens.

07 Principe de fonctionnement d'une batterie à *redox flow*. Les électrodes sont formées de liquides en mouvement, les électrolytes, séparés par une membrane perméable aux ions.



© C. FRESILLON/CNRS PHOTO THÈQUE



© CEVA/C. BEURTEY

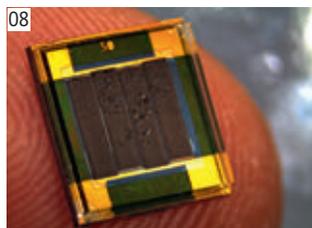
07

## MICRO TAILLE, MAXI PERFORMANCES

L'électronique d'aujourd'hui est « nomade » : elle repose sur de minuscules capteurs communicants pouvant enregistrer quantité de paramètres, à l'image des puces RFID (identification par radiofréquence) utilisées pour marquer toutes sortes d'objets. Mais comment alimenter ces microdispositifs ? La solution, c'est tout d'abord de récupérer de l'énergie dans l'environnement ambiant : solaire, vibrations mécaniques ou différentiels de température peuvent être utilisés pour fabriquer de l'électricité. Mais cette énergie est intermittente. Il faut donc la stocker. C'est dans ce but qu'une équipe du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) de Toulouse<sup>1</sup> a conçu un « micro-supercondensateur », en déposant sur une puce en silicium des structures en or, ensuite recouvertes de matière active et d'un électrolyte (solution conductrice). Le matériau usuel des supercondensateurs du commerce, le charbon actif, est ici remplacé par des nanoparticules de carbone constituées de couches concentriques de graphite produites à l'université Drexel de Philadelphie (États-Unis). Les ions de l'électrolyte s'y adsorbent beaucoup plus facilement. Le dispositif, testé au Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux à Toulouse, a alors montré un temps de charge et de décharge 50 fois plus rapide que celui des supercondensateurs conventionnels, et une densité d'énergie multipliée par 10. De telles performances permettront d'alimenter des capteurs devant fournir très régulièrement et rapidement des données.

1. Unité CNRS/Université Paul-Sabatier-Toulouse-III/Insa Toulouse/INP Toulouse.

**CONTACT :**  
Magali Brunet  
> mbrunet@laas.fr



08 Ce micro-supercondensateur encapsulé est un dispositif très prometteur.

à une accélération. Cela permettrait de prolonger la durée de vie de la batterie », explique Patrice Simon, du Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux (Cirimat), à Toulouse<sup>3</sup>.

## LES MYSTÈRES DE LA MATIÈRE

Mais, pour les supercondensateurs, là encore, tout le problème réside au cœur du matériau employé. En effet, le procédé actuellement utilisé pour fabriquer le carbone poreux génère des pores de taille variable, supérieurs à 50 nanomètres pour les plus grands et mesurant moins de 2 nanomètres pour les plus petits. Allant à l'encontre du dogme en vigueur qui voulait que les pores de taille moyenne (2 à 5 nanomètres) soient les plus adaptés pour recevoir des ions, les chercheurs du Cirimat ont entrepris, avec l'aide d'un chercheur américain spécialiste des céramiques, de synthétiser un carbone poreux dont tous les pores ont une taille de moins de 2 nanomètres parfaitement contrôlée. Surprise : l'énergie délivrée par le nouveau matériau est deux fois supérieure à toutes les données de la littérature. Il faut désormais déterminer les mécanismes en jeu, notamment la manière dont les ions pénètrent dans des pores aussi petits.

Ce travail a été mené conjointement avec les laboratoires du groupe « stockage capacitif »<sup>4</sup> du RS2E, tandis que la modélisation des pores de ce carbone est assurée par le laboratoire Physicochimie des

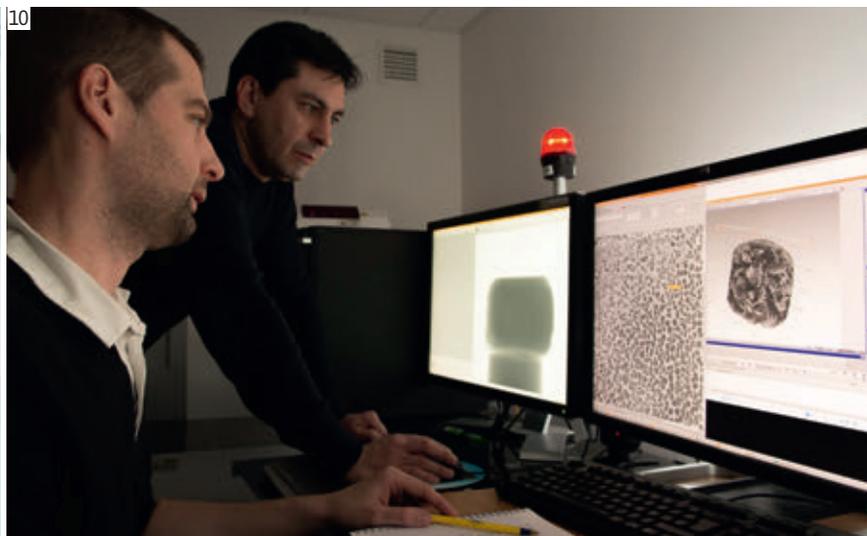
électrolytes, colloïdes et sciences analytiques (Pecsa)<sup>5</sup>, à Paris, et l'IFP Énergies nouvelles (ex-Institut français du pétrole). Car la force du réseau réside dans la multiplicité des compétences. « Sur les thématiques porteuses, comme les batteries sodium-ion ou redox flow, RS2E nous permet de réaliser un continuum entre les chercheurs CNRS, les EPIC et les utilisateurs industriels, avec des thèses et post-doctorats en cotutelle », souligne Jean-Marie Tarascon. Anne de Guibert, directrice de la recherche du fabricant français de batteries Saft, confirme : « À travers RS2E, nous soutenons cette recherche sur les nouveaux matériaux qui nous intéresse sur le long terme ». Une recherche de qualité qui constitue l'atout de la France, alors que les pays asiatiques dominent aujourd'hui le marché des batteries.

**J.-F. H.**

1. Unité CNRS/Université de Picardie-Jules-Verne.
2. Unité CNRS/Université de Pau et des Pays de l'Adour.
3. Unité CNRS/Université Paul-Sabatier-Toulouse-III/INP Toulouse.
4. IMN (Nantes), ICG-AIME (Montpellier), Cirimat (Toulouse), ICMCB (Bordeaux), IS2M (Mulhouse), LCMCP (Chimie Paris Tech).
5. Unité CNRS/Université Pierre-et-Marie-Curie/ESPCI ParisTech.

### CONTACTS :

**Jean-Marie Tarascon**  
> jean-marie.tarascon@u-picardie.fr  
**Danielle Gonbeau**  
> danielle.gonbeau@univ-pau.fr  
**Patrice Simon**  
> simon@chimie.ups-tlse.fr



09 Réalisation d'un film de poudre de carbone poreux qui servira d'électrode dans les supercondensateurs mis au point au Cirimat.  
10 Les chercheurs étudient l'organisation structurale des matériaux poreux à base de carbone.



11

# Maîtriser le chaud et le froid

**P**our faire bouillir de l'eau, les premiers hommes ont mis au point une technique imparable : chauffer une pierre dans le feu, puis la plonger dans l'eau

contenue dans une peau, et répéter l'opération jusqu'à ébullition. Le principe du stockage de la chaleur venait d'être inventé. Une idée qu'on retrouve aujourd'hui dans nos ballons d'eau chaude ou tout simplement dans une bouillotte et qui nous permet de disposer plus longtemps d'une source de chaleur et de l'utiliser en fonction de nos besoins.

Avec l'intérêt porté aux énergies renouvelables, intermittentes par nature, ce principe est plus que jamais remis au goût du jour. Par exemple, dans les centrales solaires à concentration, en plein développement. Grâce au stockage de la chaleur, celles-ci peuvent produire de l'électricité de jour comme de nuit. Le principe est simple. Dans ces installations, la lumière du soleil, concentrée par une multitude de miroirs, permet de chauffer à

11 Les centrales solaires à concentration (ici l'usine Gemasolar, en Espagne) focalisent la chaleur du soleil en un point situé au sommet d'une tour.

12 Ces sels (nitrates de potassium et de sodium), ici sous forme solide, sont liquéfiés puis stockés dans la centrale solaire. Ils permettent de faire tourner la turbine de Gemasolar pendant quinze heures après le coucher du soleil.

plus de 400 °C un fluide, constitué la plupart du temps de sels de nitrate fondus (qui ont l'avantage de rester liquides même à haute température). Ce fluide circule alors jusqu'à un générateur de vapeur d'eau qui alimente une turbine afin de produire de l'électricité. À ce stade, le stockage thermique joue un rôle clé.

## RESTITUER LA CHALEUR CAPTÉE

En effet, une partie du fluide utilisé dans la centrale sert, de son côté, à chauffer un immense réservoir, contenant lui aussi des sels fondus. Ces sels, durant la nuit, se refroidissent et, par ce processus, restituent à la centrale toute la chaleur qu'ils ont accumulée pendant la journée. Elle peut ainsi fonctionner sans interruption.

Si cette technique est aujourd'hui bien maîtrisée, elle pose toutefois un problème. « Une centrale électrosolaire de 50 mégawatts nécessite pas moins de 28 000 tonnes de sels pour stocker la chaleur », indique Xavier Py, du laboratoire

Procédés, matériaux et énergie solaire (Promes), à Perpignan. Pour atteindre les objectifs affichés pour 2050<sup>1</sup> dans le solaire à concentration, il faudrait utiliser chaque année environ dix fois la production mondiale de sels de nitrate ! »

Pour surmonter cet obstacle, le chercheur français et ses collègues développent actuellement un nouveau matériau de stockage de la chaleur, solide cette fois.



12



© PHOTOS 1334415 - CNRS/PROMES

le constituant des bougies, qui fond à 70 °C environ. L'idée est de récupérer la chaleur libérée quand le corps repasse à l'état solide. Cette propriété est déjà exploitée dans certains bâtiments : des microcapsules de paraffine dispersées dans les murs absorbent la chaleur de la pièce le jour et la restituent la nuit.

Le gros atout des matériaux à changement de phase est leur capacité de stockage : à volume égal, ils peuvent absorber plus de chaleur que les autres. Autre avantage : ils libèrent la chaleur à une température constante (celle de leur changement d'état).

### DES LIMITES À DÉPASSER

Malheureusement, ces matériaux ne sont pas toujours adaptés à la température souhaitée pour une application. De plus, ils conduisent souvent très mal la chaleur, ce qui les empêche de la stocker ou de la restituer rapidement. « D'un côté, les recherches se focalisent donc sur la mise au point de nouveaux matériaux pour élargir la panoplie des températures accessibles, explique Xavier Py. On voit apparaître notamment certains polymères capables de stocker la chaleur entre 20 °C et 200 °C. De l'autre, les chercheurs tentent d'améliorer la conductivité thermique de ces matériaux en y ajoutant par exemple du graphite, extrêmement efficace pour transporter la chaleur. »

Stocker la chaleur le jour pour en profiter la nuit, c'est bien. Mais à l'avenir, il faudra aussi être capable de stocker le surplus d'énergie thermique produit en été pour l'utiliser pendant l'hiver. Pour atteindre cet objectif, les recherches se

tournent vers un stockage de la chaleur qui fait appel à une réaction chimique. Parmi les réactifs envisagés, la chaux. Lorsqu'elle est humidifiée, celle-ci dégage de la chaleur. L'idée est donc d'utiliser l'air chaud en été pour l'assécher et de l'humidifier à nouveau en hiver, notamment pour chauffer l'habitat. Entre les deux, la chaux, conservée à l'abri de l'humidité, peut être stockée sans aucune perte de chaleur.

Le stockage thermo-chimique est assez compliqué parce qu'il faut contrôler très finement la réaction en jeu. Mais il présente de nombreux avantages : stocker plus de chaleur qu'avec les autres méthodes et délivrer l'énergie à une température plus élevée que celle qui a servi à stabiliser le réactif chimique.

De surcroît, avec ce procédé, on peut tirer parti de la réaction pour produire non seulement de la chaleur, mais aussi du froid. Les chercheurs du laboratoire Promes ont ainsi mis au point un dispositif capable de générer des températures allant de -30 °C à 300 °C. Dans leur système, on trouve d'un côté de l'ammoniac liquide et de l'autre un sel réactif. De façon spontanée, une petite quantité d'ammoniac s'évapore et réagit avec le sel : cela produit de la chaleur. Sous l'effet de la chaleur, l'ammoniac s'évapore de plus en plus, et cette évaporation produit alors du froid. « L'avantage, c'est qu'en jouant sur le type de sel réactif utilisé et sur le niveau de pression, on peut contrôler très finement la température, contrairement à de nombreuses autres sources », souligne Xavier Py.

Aujourd'hui, ce dispositif est utilisé notamment pour réfrigérer des caissons de transport du sang, climatiser des bâtiments, et même, sur un plateau-repas, pour réchauffer un plat d'un côté, tout en gardant au frais le fromage et le dessert de l'autre. Le stockage thermique n'a pas fini d'apporter plus de confort à notre vie quotidienne. **J. B.**

1. Selon l'Agence internationale de l'énergie, le solaire à concentration représenterait 10 % de la production mondiale d'électricité en 2050.

13

14

1 cm

15 Éléments de stockage de chaleur élaborés à partir de déchets amiantés.



15

Ces réacteurs solaires (13) permettent de vitrifier des cendres de déchets industriels dangereux. Cela produit des céramiques (14) capables de stocker la chaleur à très haute température.

Ce matériau est une céramique obtenue en faisant fondre à 1 400 °C des déchets industriels dangereux comme l'amiante, les cendres d'usines d'incinération ou encore les déchets métallurgiques. Ainsi recyclés, ces déchets deviennent totalement inertes. « Nous avons calculé que la facture énergétique pour fabriquer ces matériaux serait remboursée en moins d'un an en les utilisant dans une centrale solaire, précise Xavier Py. Qui plus est, nos céramiques sont capables d'absorber de la chaleur jusqu'à 1 000 °C, contrairement aux sels de nitrate qui se détériorent au-delà de 600 °C. » Un avantage considérable quand on sait que les futures centrales solaires devraient générer des températures plus élevées encore qu'aujourd'hui, aux environs de 900 °C.

### DES MURS AUTOCHAUFFANTS

L'utilisation de ces céramiques ne s'arrête pas là... On pourrait bientôt les retrouver au cœur même de nos habitations. Insérées directement dans les murs, elles permettraient de collecter (mais à des températures bien plus basses cette fois) la chaleur environnante au cours de la journée pour la libérer pendant la nuit.

Il faut dire que dans l'habitat, où l'heure est aux économies d'énergie, réussir à stocker la chaleur devient une priorité. Outil de prédilection employé ? Les matériaux à changement de phase, dont la chaleur entraîne le passage de l'état solide à l'état liquide. C'est le cas par exemple de la paraffine,



© COLDWAY

16 Le système de réfrigération thermo-chimique de la société Coldway, fondée par des chercheurs du CNRS, permet de conserver les produits sensibles.

CONTACT :  
Xavier Py  
> py@univ-perp.fr

# De l'hydrogène à la pompe

**L'hydrogène possède de sérieux atouts pour devenir un vecteur d'énergie majeur dans le futur.**

Trois fois plus énergétique que le pétrole, ce gaz est capable de produire de l'électricité de manière totalement propre lorsqu'il est utilisé dans une **pile à combustible**. La réaction ne libère en effet que de la vapeur d'eau.

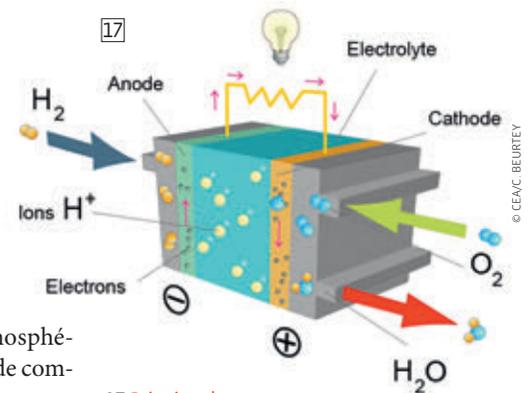
Mais il possède un sérieux handicap : stocker l'hydrogène, notamment dans des systèmes embarqués comme les voitures, est très difficile. Pourquoi ? Parce qu'il est le plus léger de tous les gaz. Imaginez un véhicule qui embarque 4 kilos d'hydrogène, soit suffisamment pour parcourir 400 kilomètres. Son réservoir devrait contenir 45 000 litres de

#### PILE À COMBUSTIBLE

Système dans lequel l'électricité est produite par l'association d'un gaz combustible et d'oxygène. La réaction ne rejette que de l'eau et de la chaleur.

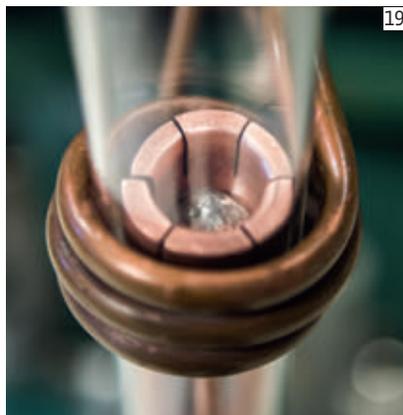
ce gaz stocké à la pression atmosphérique ! Dès lors, il est nécessaire de comprimer l'hydrogène pour qu'il occupe moins d'espace. C'est d'ailleurs le système utilisé dans la majorité des véhicules équipés d'un moteur électrique alimenté à l'hydrogène. La méthode employée est la même que celle qui permet de stocker les autres gaz à usage énergétique tels que le méthane. Mais dans le cas de l'hydrogène, la pression à atteindre (environ 700 bars) est beaucoup plus élevée. Qui plus est, le procédé est relativement énergivore.

Les recherches s'orientent actuellement vers une autre méthode de stockage : le stockage sous forme solide. Dans ce système, l'hydrogène vient se fixer par des



17 Principe de fonctionnement d'une pile à combustible. Elle produit de l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène et ne rejette que de la vapeur d'eau. 18 Ce robot permet de fabriquer un réservoir à hydrogène composite capable de résister à une pression interne de 700 bars et aux agressions externes (chute, entaille, produits chimiques, incendie...).





19

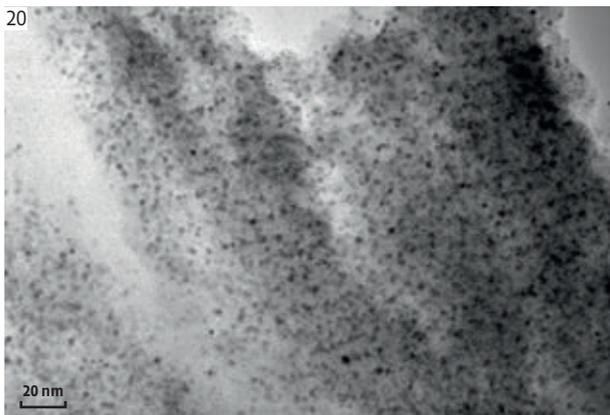
liaisons chimiques à un matériau solide. « On peut ainsi stocker dans un volume donné autant d'hydrogène qu'en le comprimant, mais à des pressions plus raisonnables, de l'ordre de quelques dizaines de bars », précise Gérald Pourcelly, de l'Institut européen des membranes, à Montpellier<sup>1</sup>.

### DES SOLIDES QUI PIÈGENT LE GAZ

Première piste étudiée par les chercheurs : l'utilisation de matériaux poreux à base de carbone, tels les charbons actifs, les nanotubes de carbone, le graphène ou encore les MOF. « Sur ces solides dont la surface collectrice est très grande, l'hydrogène vient se déposer un peu comme la vapeur d'eau se condense sur une vitre », explique Michel Latroche, directeur de l'Institut de chimie et des matériaux de Paris-Est, à Thiais<sup>2</sup>. Il est alors assez facile, en réchauffant le matériau, de libérer à nouveau l'hydrogène pour l'utiliser dans la pile à combustible. » Seul problème, mais de taille : le mécanisme a lieu à des températures très basses, de l'ordre de  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si bien que pour le moment, même si les physicochimistes tentent d'augmenter la température de condensation de l'hydrogène avec quelque succès, cette approche n'en est encore qu'au stade de la recherche.

Une seconde piste semble bien plus prometteuse : le stockage dans des métaux. Cette fois, l'hydrogène est absorbé par le métal avec lequel il forme des composés appelés hydrures. Ces matériaux découverts dans les années 1970 ont reçu le surnom d'« éponges à hydrogène » tant ils sont capables d'en stocker de grands volumes. Parmi eux, l'hydrure de magnésium fait figure de vedette. Non seulement le magnésium est un métal abondant, peu cher et non toxique, mais sa capacité à stocker l'hydrogène est

20



19 Fusion de divers éléments (terres rares, magnésium, nickel...) pour réaliser un alliage massif employé pour stocker l'hydrogène. 20 Ce matériau hybride « Pd@Carbone », qui contient des nanoparticules de palladium (taches sombres), est aussi étudié pour stocker l'hydrogène.

#### MOF

Sigle issu de l'anglais Metal Organic Frameworks.

Il désigne des solides composés de carbone et de métaux capables de piéger l'hydrogène dans des pores nanométriques.

l'une des plus élevées (7,6 grammes d'hydrogène pour 100 grammes d'hydrure).

Le procédé est aujourd'hui parfaitement au point. « Pour que l'hydrogène, une fois mis en contact avec le magnésium,

soit rapidement absorbé, le métal est transformé en poudre nanostructurée, détaille Patricia de Rango, de l'Institut Néel, à Grenoble. Toujours pour accélérer l'absorption, nous ajoutons à la poudre un petit pourcentage de métaux de transition qui jouent le rôle d'activateurs de la réaction. La poudre est ensuite compressée sous la forme d'une galette. Plusieurs galettes sont ensuite empilées dans un réservoir. »

Entre 2006 et 2008, la chimiste et ses collègues ont pu concevoir un premier réservoir d'une capacité de stockage

21



21 Ce disque élaboré par McPhy Energy contient 600 litres d'hydrogène. 22 Réservoir développé pour stocker l'hydrogène sous forme solide. Il permet d'absorber 7 000 litres d'hydrogène.

de 110 grammes<sup>3</sup>. Capacité qu'ils ont multipliée par 10 en 2010. Entre-temps est née la société McPhy Energy qui fabrique et commercialise les réservoirs.

Principal débouché de ces produits : le stockage des énergies renouvelables. Dans le solaire par exemple, une partie de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques est employée pour fabriquer de l'hydrogène avant de le stocker. Ainsi, la nuit ou lors des périodes nuageuses, cet hydrogène peut à nouveau être utilisé et, grâce à une pile à combustible, générer de l'électricité lorsque le soleil n'est plus là.

Cette année, McPhy Energy va fournir un réservoir de 24 kg d'hydrogène (équivalent à une énergie de 800 kilowattheures) à la plateforme de recherche Myrte (Mission hydrogène renouvelable pour l'intégration au réseau électrique), installée en Corse, à laquelle participent les chercheurs du laboratoire Sciences pour l'environnement<sup>4</sup>. Ce projet porte sur le déploiement d'une centrale photovoltaïque reliée au réseau électrique. Objectif : démontrer, justement, qu'il est possible d'utiliser l'hydrogène pour pallier la nature intermittente des énergies renouvelables.

Dans les réservoirs d'hydrogène, il faut chauffer l'hydrure de magnésium à 300 °C pour qu'il puisse libérer le précieux gaz. Cette étape est complexe à mettre en place et relativement gourmande en énergie. C'est ce qui empêche aujourd'hui le système d'être utilisé dans des dispositifs embarqués et qui le cantonne à des applications fixes. Dans les laboratoires, les chercheurs se sont donc mis en quête de nouveaux hydrures

23 À l'Institut européen des membranes, les chercheurs étudient les hydrures de bore pour stocker l'hydrogène.  
24 Synthèse d'un nouvel hydrure de bore.



métalliques capables de fonctionner à des températures plus modérées. Il y a par exemple ceux à base d'aluminium, qui relâchent l'hydrogène à environ 100 °C. Malheureusement, la réaction chimique en jeu est délicate, et la capacité de stockage modeste.

Autres candidats : les alliages de terres rares et de nickel, ou ceux à base de titane et de vanadium, qui possèdent l'énorme avantage d'être utilisables à la température ambiante. Inconvénient majeur : le rapport entre leur masse et la quantité d'hydrogène est très faible. « Dans un véhicule, le réservoir d'hydrogène construit avec ces métaux pèserait 500 kg au bas mot, commente Michel Latroche. En revanche, grâce à leur température de fonctionnement idéale, on peut imaginer les utiliser dans des petits systèmes nomades, comme un téléphone ou un ordinateur portable. »

### MINIATURISER LES SYSTÈMES

Pour aller plus loin encore, certains chercheurs tentent même de développer des hydrures fonctionnant à une température négative. « Nous travaillons à la mise au point d'un réservoir de la taille d'une canette de soda, qu'on puisse emporter dans son sac à dos et qui soit utilisable jusqu'à - 20 °C, ce que les batteries portables ne permettent pas actuellement, raconte Salvatore Miraglia, de l'Institut Néel. Nous avons déjà identifié quelques composés prometteurs, tel celui fait de titane, de chrome et de manganèse. »

Quant à la voiture de monsieur Toutle-monde dotée d'un réservoir en hydrures métalliques, peut-on espérer la voir bientôt sur les routes ? « Le cahier des charges est très contraignant, résume Gérald Pourcelly. Le matériau devra être capable de stocker une grande quantité d'hydrogène tout en étant peu massif et compact. Il devra pouvoir fonctionner

pendant plusieurs milliers de cycles stockage-déstockage. Enfin, il devra être réactif pour restituer la puissance très vite, en cas d'accélération par exemple ». Dans cette course de longue haleine, beaucoup de candidats sont en lice, mais peu arriveront jusqu'au bout. **J. B.**

1. Unité CNRS/Université Montpellier-II/ École nationale supérieure de chimie de Montpellier.
2. Unité CNRS/Université Paris-Est-Créteil-Val-de-Marne.
3. En collaboration avec le Consortium de recherches pour l'émergence des technologies avancées et le Laboratoire des écoulements géophysiques et industriels.
4. Unité CNRS/Université de Corse.

#### CONTACTS :

**Gérald Pourcelly**  
> [gerald.pourcelly@iemm.univ-montp2.fr](mailto:gerald.pourcelly@iemm.univ-montp2.fr)  
**Michel Latroche**  
> [latroche@icmpe.cnrs.fr](mailto:latroche@icmpe.cnrs.fr)  
**Patricia de Rango**  
> [patricia.derango@grenoble.cnrs.fr](mailto:patricia.derango@grenoble.cnrs.fr)  
**Salvatore Miraglia**  
> [salvatore.miraglia@grenoble.cnrs.fr](mailto:salvatore.miraglia@grenoble.cnrs.fr)



## Pour en savoir +

### À LIRE |

#### L'énergie : stockage électrochimique et développement durable

Jean-Marie Tarascon, Fayard, coll. « Leçons inaugurales du Collège de France », 72 p.

#### L'énergie à découvert

Rémy Mosseri et Catherine Jeandel (dir.), CNRS Éditions (à paraître), 350 p.

### À VOIR SUR LE JOURNAL EN LIGNE |

 L'album **photo** des recherches sur l'énergie sur la photothèque du CNRS.

 **Des batteries plus performantes** (2011, 3 min), **Film** réalisé par Daniel Fievet, Crafty in Motion, produit par CNRS Images.

 **Hydrogène au volant** (2010, 20 min.) **Film** réalisé par Luc Ronat, produit par CNRS Images.

**Inauguration** Le Collège de France ouvre son nouvel Institut de physique. Serge Haroche<sup>1</sup>, Prix Nobel de physique 2012, nous présente ce vivier de talents.

# Prestigieuse pépinière accueille jeunes physiciens

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CAILLOCE

**Dès l'été, une nouvelle structure va voir le jour au Collège de France : l'Institut de physique du Collège de France (IPCF). De quoi s'agit-il exactement ?**

La création de l'IPCF répond à la volonté du Collège de France de redevenir un acteur à part entière de la recherche en physique, en accueillant dans ses laboratoires des chaires de recherche expérimentale. Cela fait plusieurs années – depuis la période de Pierre-Gilles de Gennes et Marcel Froissart –, qu'on n'y faisait plus d'expériences pour cause d'installations trop vétustes. La rénovation du site historique de Marcelin-Berthelot dans le V<sup>e</sup> arrondissement à Paris, décidée il y a quelques années, a été l'occasion de construire des laboratoires flambant neufs pouvant accueillir plusieurs centaines de chercheurs. Trois chaires existantes seront réunies au sein de l'Institut de physique : la chaire théorique d'Antoine Georges, qui traite de la physique de la matière condensée, et les chaires expérimentales de Jean Dalibard et de moi-même, qui portent sur les atomes et le rayonnement et sur la physique quantique. Mais pas question pour Jean et moi de nous couper du Laboratoire Kastler-Brossel<sup>2</sup> auquel nous resterons rattachés. Nous en constituerons une autre antenne, comme il en existe déjà une à Jussieu.

**L'IPCF présente une originalité de taille : il accueille un incubateur pour jeunes chercheurs, développé en partenariat avec le CNRS...**

La convention de partenariat entre le Collège de France et le CNRS a été signée le 4 février, donc notre « hôtel à projets », selon le terme consacré, a désormais une existence officielle ! L'objet de cette unité de service et de recherche (USR), dirigée par Michel Brune, directeur de recherche CNRS au Laboratoire Kastler-Brossel, est simple : permettre à des jeunes chercheurs de développer des recherches nouvelles, originales et indépendantes. Pour cela, nous allons mettre à leur disposition les moyens humains et techniques nécessaires.

01 Façade du bâtiment accueillant le nouvel Institut de physique.  
02 Serge Haroche devant un bureau témoin, en cours d'aménagement.



© P. IMBERT/COLLÈGE DE FRANCE

**À quoi ressemblera cette structure ?**

Nous envisageons d'accueillir cinq jeunes chercheurs, mais pas nécessairement dans nos domaines de prédilection que sont la physique quantique et la matière condensée, car nous restons ouverts aux autres secteurs de la physique, en particulier à ceux qui sont aux interfaces avec la chimie et la biologie. Chaque chercheur bénéficiera d'une équipe de trois personnes, composée d'un post-doc et de deux étudiants en thèse. Il aura accès aux ingénieurs et techniciens et aux ateliers de l'IPCF : atelier de mécanique, d'électronique et service informatique. S'il s'agit d'un projet expérimental, il bénéficiera en plus d'un budget de démarrage de plusieurs centaines de milliers d'euros destiné à acheter les équipements qui lui seront nécessaires. Le contrat sera de quatre ans, renouvelable une fois. Mais nous espérons bien que nos recrues nous quitteront avant, preuve que leurs recherches auront intéressé des



laboratoires ! Le succès d'une entreprise comme la nôtre se mesurera à son « taux d'évaporation », si l'on peut dire.

**Pourquoi cet effort particulier en direction des jeunes chercheurs ?**

En France, il est aujourd'hui assez difficile pour les jeunes scientifiques de faire leurs preuves. Il y a ceux qui enchaînent les post-doc et les contrats courts, et ceux qui trouvent un poste stable et bénéficient de la sécurité de l'emploi, mais qui doivent patienter des années avant de pouvoir travailler sur leur propre thème de recherche. Nous proposons de créer une situation intermédiaire, qui leur permette de voler rapidement de leurs propres ailes et de libérer leur créativité. Avec cette structure, nous rapprochons la recherche française de ce qui se fait déjà à l'international : les « junior scientists » de la Société Max-Planck à Munich, notamment, ou du Weizmann Institute en Israël...

## Écologie

Maud Fontenoy,  
le CNRS et les lycéens

PAR CHARLINE ZEITOUN

→ **« Travailler avec les chercheurs du CNRS était une évidence, nous sommes ravis du résultat ! »** confie Maud Fontenoy. Ce résultat, c'est un kit pédagogique de 50 pages joliment illustrées, destiné à sensibiliser les lycéens sur la protection des océans et les métiers liés à l'environnement.

Disponible gratuitement sur le site de la fondation de la célèbre navigatrice, ce kit a été présenté en fanfare le 12 février au lycée Louis-le-Grand, à Paris, en présence de l'inénarrable Florence Foresti, du climatologue Jean Jouzel et de Françoise Gaill, directrice de l'Inee jusqu'en février dernier. Il est associé à un concours, le grand « Défi national lycée » pour défendre la biodiversité, ouvert aux classes de seconde qui peuvent s'inscrire jusqu'au 29 mars. À la clé : une tablette tactile pour chaque élève ayant participé au projet gagnant. Ludique, clair et pertinent, le kit aidera les participants à concevoir au choix une affiche, une vidéo, un diaporama ou un clip proposant « un slogan fort expliquant pourquoi il est nécessaire de préserver les océans », explique la notice du concours.

« Il y a toujours un partenaire scientifique impliqué dans nos projets, reprend Maud Fontenoy, car nous tenons à délivrer des messages rigoureux et précis. » Précédemment, la fondation a travaillé avec l'Unicef et l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), pour réaliser des kits destinés aux écoles primaires et aux collèges. Pour l'opération de cette année, la navigatrice souligne « la vision très complète que le CNRS, multidisciplinaire, permet d'apporter pour appréhender la mer sous l'angle de différentes sciences » : en l'occurrence les sciences de la vie et de la Terre, l'économie, l'histoire et la géographie.

« Cette approche multithématique convient particulièrement bien aux lycéens », note-t-elle. De la photosynthèse au réchauffement climatique, en passant par l'importance des océans dans l'économie mondiale, le biomimétisme ou les énergies renouvelables, ils font le tour de la question. « De plus, j'avais envie que le thème de départ, l'écologie et la protection de l'environnement, débouche sur l'évocation d'actions concrètes envisageables grâce à la recherche et l'innovation, ajoute Maud Fontenoy. Le CNRS fut donc un partenaire idéal en la matière. »

→ F. Gaill, F. Foresti, et J. Jouzel encadrent M. Fontenoy pour présenter l'opération au lycée Louis-le-Grand.



© MAUD FONTENOY FONDATION



© PHOTOS : C. LEBEDINSKY/CNRS, PHOTOTHÈQUE - P. IMBERTY/COLLEGE DE FRANCE

**Sur quels critères seront-ils sélectionnés ?**

La structure est ouverte aux chercheurs de toutes nationalités. Il s'agit a priori de jeunes en recherche d'un poste, mais il est tout à fait envisageable d'accueillir de jeunes chercheurs déjà embauchés au CNRS, par exemple, qui seront alors mis en disponibilité de leur laboratoire d'origine. Ce qui nous importe avant tout, c'est l'intérêt des projets ! Nous visons l'excellence. La sélection se fera sur dossier, par un comité scientifique composé de sept grands noms de la recherche internationale.

**Quand vont arriver les premiers chercheurs ?**

Un appel d'offres va être lancé ces jours-ci, afin que les équipes puissent démarrer en janvier 2014. Deux jeunes chercheurs seront sélectionnés lors de cette première phase, le temps de roder la structure et de réunir les derniers financements. Nous sommes impatients de recevoir les premiers dossiers de candidature... Combien seront-ils ? Mystère.

1. Serge Haroche est administrateur du Collège de France, où il est également professeur. Il est membre du comité de direction de l'IPCF.
2. Unité CNRS/ENS Paris/Collège de France/UPMC.

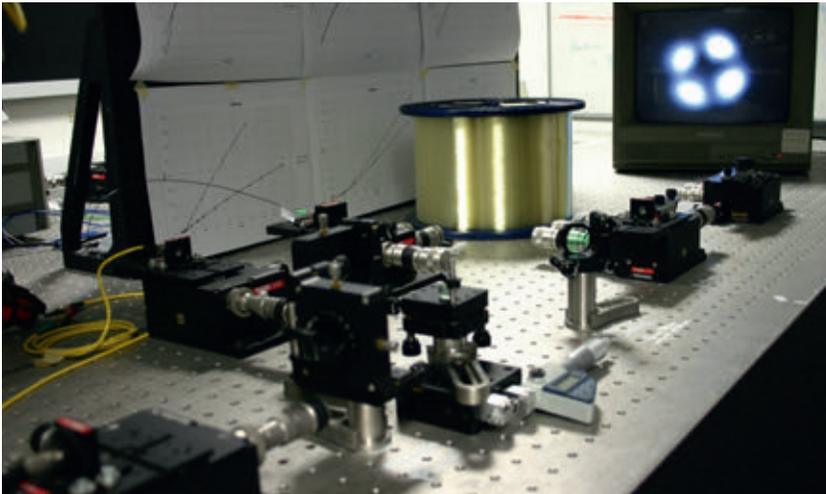
**CONTACT :**  
Laboratoire Kastler-Brossel  
**Serge Haroche**  
> haroche@lkb.ens.fr

**EN LIGNE**

Kit pédagogique et inscription au concours sur :  
> [www.maudfontenoyfondation.com/kit-pedagogique-lycees.html](http://www.maudfontenoyfondation.com/kit-pedagogique-lycees.html)

## Télécommunications

# Les fibres optiques montent en puissance



→ Banc de test des fibres amplificatrices du Phlam.

PAR JEAN-PHILIPPE BRALY

→ Depuis les années 1980, les industriels des télécommunications n'ont cessé d'augmenter le débit des données transmises sous forme de lumière par fibres optiques. Pour y parvenir, l'astuce a consisté à multiplier, au sein de la fibre, les canaux de transmission : données transmises en plusieurs longueurs d'onde, en modulant l'amplitude ou la phase de l'onde lumineuse... Résultat, les systèmes les plus performants affichent aujourd'hui un débit de 30 **térabits** par seconde sur plus de 6 000 kilomètres !

« Mais pour éviter la saturation des réseaux prévue à l'horizon 2020, il faut développer des fibres encore plus performantes sur ces longues distances », souligne Laurent Bigot, chercheur au Laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules (Phlam)<sup>1</sup> de Villeneuve-d'Ascq. Dans ce but, des chercheurs du Phlam ont participé au projet Strade<sup>2</sup>. Objectif : accroître le débit en utilisant de nouvelles fibres du constructeur Prysmian Group, capables de dispatcher les données sur différents modes d'intensité lumineuse, autrement dit en répartissant l'énergie lumineuse de différentes façons au cœur de la fibre.

**TÉRABIT**  
1 téra-bit  
équivalent à 10<sup>12</sup> bits.

L'un des verrous technologiques résidait dans l'amplification du signal lumineux. En effet, pour que le système fonctionne sur des milliers de kilomètres, il faut que le signal soit régulièrement amplifié, de manière égale pour chacun des modes. Pour relever ce challenge, les chercheurs du Phlam ont mis au point un nouveau type de fibres amplificatrices à base d'ions Erbium, connectables aux fibres de Prysmian. « En plaçant ces ions en anneaux à la périphérie du cœur de la fibre, puis en les excitant grâce à un laser, ils se sont avérés capables de transmettre assez d'énergie pour obtenir l'amplification souhaitée dans plusieurs modes », explique Laurent Bigot.

Le projet a finalement démontré qu'il est possible d'utiliser jusqu'à cinq modes d'intensité lumineuse en même temps, autrement dit de quintupler le débit. Pour l'heure, Alcatel-Lucent teste le système en conditions réelles de transmission, avec une ambition particulière : atteindre les 150 Tb/s sur plusieurs milliers de kilomètres !

1. Unité CNRS / Université de Lille-1.  
2. Le projet Strade (Slightly multimodal transmission and detection) est un projet ANR piloté par Alcatel-Lucent.

## CONTACT :

Laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules, Villeneuve-d'Ascq  
**Laurent Bigot**  
> laurent.bigot@univ-lille1.fr

**Équipement** Installé au Chili, Alma, le plus puissant radiotélescope du monde, est inauguré mi-mars. Il permet aux astrophysiciens des explorations jusque-là impossibles.

# Alma

PAR MATHIEU GROUSSON

**A**lma (*Atacama large millimeter/submillimeter array*), le plus grand radiotélescope jamais conçu, sera inauguré le 13 mars. De l'autre côté de la Terre, au cœur des Andes chiliennes, l'engin installé à plus de 5 000 mètres d'altitude tournera officiellement ses yeux vers le ciel. Soit, plus précisément, un réseau de 66 antennes mobiles de 7 et 12 mètres de diamètre, disséminées sur 200 km<sup>2</sup> et fonctionnant toutes en phase.

Construit par un consortium rassemblant les treize pays de l'Observatoire austral européen (ESO), les États-Unis, le Canada, le Japon et Taïwan, cet appareil hors normes permet d'observer avec une précision inégalée la naissance des étoiles et des systèmes planétaires ou encore la formation des toutes premières galaxies. « Alma n'a aucun équivalent. En matière de sensibilité et de résolution, c'est une véritable révolution », s'enthousiasme Laurent Vigroux, directeur de l'Institut d'astrophysique de Paris<sup>1</sup>. Lorsque les antennes seront placées en configuration compacte, l'instrument, d'une surface totale de 7 000 m<sup>2</sup>, sera presque dix fois plus sensible que le radiotélescope qui est actuellement le plus puissant au monde : celui du plateau de Bure dans les Hautes-Alpes. Et en configuration étendue, alors que certaines antennes seront distantes de seize kilomètres l'une de l'autre, la résolution des images atteindra 0,01 **seconde d'arc**, contre 0,3 à Bure !

Alma ouvre une extraordinaire fenêtre aux astrophysiciens dans le domaine des rayonnements millimétriques

**GALAXIE**  
Vaste ensemble d'étoiles, de poussières et de gaz interstellaires, isolé dans l'espace et dont la cohésion est assurée par la gravitation.

**SECONDE D'ARC**  
Mesure utilisée pour les très petits angles.



01 © ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/F. PAJILLA

# a l'œil sur les étoiles

et submillimétriques, autrement dit, l'infrarouge lointain : une partie du spectre de la lumière correspondant aux phénomènes froids de l'Univers.

Cet équipement exceptionnel va aussi permettre aux scientifiques d'explorer la chimie du milieu interstellaire où se forment des molécules organiques complexes, notamment précurseurs des acides aminés qui servent de briques de base au vivant. Les yeux du radiotélescope seront également précieux pour distinguer les plus anciennes galaxies, apparues alors que l'Univers n'était âgé que d'un milliard d'années. « *Les processus d'apparition des galaxies sont encore très mal connus. Alma aidera à les comprendre* », précise Laurent Vigroux. Enfin, l'instrument géant n'aura pas son pareil pour percer les nuages de gaz et de poussière, opaques à la lumière visible, dans lesquels naissent les étoiles et les systèmes planétaires.

À dire vrai, la moisson d'Alma a déjà commencé. Ainsi, en n'utilisant que seize antennes parmi la cinquantaine déjà en place sur le plateau, les astrophysiciens ont déjà pu établir la carte la plus précise jamais obtenue de la dynamique du gaz au sein d'une galaxie : « *et en particulier de la région centrale de celle-ci, où l'on peut observer comment le gaz s'effondre vers le trou noir* », explique Laurent Vigroux.

Les spécialistes ont aussi quantifié le contenu en gaz, l'âge et le taux de formation d'étoiles dans une vingtaine de galaxies, telles qu'elles étaient moins d'un milliard d'années après le Big Bang. « *Il y a eu également d'intéressants résultats sur l'éjection de matière froide par des étoiles vieillissantes* », précise l'astro-

physicien. Il souligne : « *On a encore du mal à imaginer le potentiel de découverte d'Alma. On sait juste que c'est quelque chose de fantastique.* » Et ça commence maintenant !

1. Unité CNRS/UPMC.

CONTACT :  
Institut d'astrophysique de Paris  
**Laurent Vigroux**  
> [vigroux@iap.fr](mailto:vigroux@iap.fr)

01 Alma se compose d'un réseau de 66 antennes mobiles.  
02 Le radiotélescope a déjà commencé à livrer des images. Celle qui figure ci-dessous révèle une structure en spirale inédite dans la matière environnant la vieille étoile *R Sculptoris*.

## LA FRANCE S'ENGAGE DANS LE PROJET DE TÉLESCOPE GÉANT EELT

→ Lors du conseil de l'Observatoire européen austral (ESO) du 4 décembre dernier, la France a voté oui à la participation au projet de télescope géant EELT (*European extremely large telescope*). « *C'est une étape très importante, car sans la France, le projet est infaisable* », explique Laurent Vigroux, directeur de l'Institut d'astrophysique de Paris. Désormais, la construction de ce télescope équipé d'un miroir de 39,3 mètres, le plus grand du monde, est assujettie à la confirmation de l'accord du Royaume-Uni et à l'adhésion du Brésil à l'ESO. Réponse probable au prochain conseil de l'ESO, en juin. Si elle est positive, la révolution astronomique de la prochaine décennie sera en route.



02

© ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/M. WAECKER ET AL.

**Sécurité** Philippe Gasnot est le fonctionnaire sécurité défense (FSD) du CNRS. Chargé de protéger le potentiel scientifique, il évoque l'évolution de la réglementation.

# La recherche sous bonne garde



© F. JUBRY POUR CNRS LE JOURNAL

PROPOS RECUEILLIS PAR ÉRIC DUMOULIN

## Le dispositif de protection du potentiel scientifique et technique de la nation a été modifié par un décret de novembre 2011. Que change-t-il ?

Depuis vingt ans, aucun changement de réglementation n'était intervenu en ce domaine. Or, avec la chute du mur de Berlin, l'explosion des NTIC, pour ne citer que cela, l'environnement

a énormément changé et de nouvelles menaces ont émergé, comme la cybercriminalité ou les réseaux mafieux par exemple. Il convenait donc de prendre en compte les évolutions scientifiques, sociales, économiques et géopolitiques récentes. Ce décret vise une triple protection : celle des activités, des informations

et des lieux. Quatre risques principaux ont été identifiés : les atteintes aux intérêts économiques, les atteintes aux capacités de défense, la prolifération des armes de destruction massive (nucléaires, chimiques, biologiques et de leurs vecteurs de dissémination) et enfin le terrorisme.

### Quelles sont les principales mesures adoptées ?

L'objectif du décret est de mieux protéger notre potentiel scientifique (notre savoir) et technique (notre savoir-faire), indispensable aux intérêts fondamentaux de l'État. Il s'agit d'anticiper le spectre des dangers possibles et de renforcer l'arsenal juridique existant. Ce décret s'applique à tous les chercheurs, quelle que soit leur nationalité. Il prévoit la mise en place de « secteurs scientifiques et techniques protégés » en raison de leur intérêt pour la nation. Il définit les spécialités sensibles susceptibles d'être détournées pour terrorisme ou fabrication d'armes de destruction massive. De surcroît, il organise une démarche de maîtrise de risque pouvant conduire à la création de « zones à régime restrictif ».

### Que sont exactement les zones à régime restrictif (ZRR) ?

Chaque laboratoire a été évalué sur une échelle de « sensibilité » allant de 0 à 3. Au-dessus de 0, il est éligible à devenir une ZRR, statut qui permet d'instituer légalement des restrictions à la circulation. Très concrètement, il est interdit de pénétrer dans une ZRR sans autorisation préalable. Je parle ici d'accès physique comme virtuel, via l'informatique notamment ! Ainsi, pour toute demande de stage, de doctorat, de formation, ou d'embauche dans une ZRR, le

→ Le ballon de Paris est amarré dans le parc André-Citroën, (XV<sup>e</sup> arrondissement).

ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, via le FSD, doit délivrer une autorisation, comme cela se fait déjà dans certains établissements. En revanche, ce qui changera dans les ZRR, c'est que pour les simples demandes de visite, ce sera désormais le directeur de l'unité de recherche qui délivrera l'autorisation. Le challenge est de garder l'espace de recherche ouvert tout en écartant les éventuels « prédateurs » et d'homogénéiser des zones de coopération dites zones « de confiance ».

#### Quelles sont les conséquences concrètes pour la communauté des chercheurs ?

Toute politique de sécurité passe par la confiance, l'adhésion et la responsabilisation de l'ensemble des acteurs concernés. Nous opérons avec pragmatisme, en totale coopération avec nos partenaires institutionnels (écoles, universités, etc.). Nous définissons avec les différentes unités des objectifs personnalisés, réalistes et évolutifs en fonction de leurs spécificités et des moyens mobilisables. Nous leur apportons toute l'aide voulue : boîte à outils, définition de bonnes pratiques, sessions d'information. Il leur faut intégrer ces bonnes pratiques et faire preuve d'une certaine vigilance au quotidien : cryptage des ordinateurs portables, protection des données, attention portée à des comportements étranges. Sans oublier un souci d'anticipation pour toute demande de coopération, de recrutement d'un doctorant ou de déplacement dans un pays sensible par exemple, l'étude de leurs requêtes par nos soins et le ministère nécessitant un délai minimum.

#### De façon plus générale, comment concevez-vous votre mission ?

Elle relève avant tout de l'échange et du dialogue en amont. Mon objectif est d'obtenir l'aval du ministère de tutelle aux demandes des chercheurs, en dégagant une solution viable et sécurisée en étroite coopération avec les responsables d'unité, après une évaluation des dangers potentiels. Autrement dit, je suis au service des chercheurs pour qu'ils fassent leur métier en toute quiétude. Mon bureau leur est toujours ouvert.

CONTACT :  
Fonctionnaire sécurité défense  
**Philippe Gasnot**  
> philippe.gasnot@cnsr-dir.fr



## LE CNRS MONTE EN BALLON

### → Il tutoie le ciel parisien depuis quinze ans et a déjà embarqué

700 000 personnes à son bord. Mais désormais, le ballon de Paris, installé dans le parc André-Citroën, dans le XV<sup>e</sup> arrondissement, a partie liée avec les scientifiques.

La société Aérophile, qui gère l'aéronef à vocation initialement récréative, a noué des partenariats avec une équipe de Supélec et trois laboratoires associés du CNRS : le LPC2E (Laboratoire de physique et de chimie de l'environnement et de l'espace)<sup>1</sup> et le Gremi (Groupe de recherches sur l'énergétique des milieux ionisés)<sup>2</sup>, basés à Orléans, ainsi que le Laplace (Laboratoire plasma et conversion d'énergie)<sup>3</sup> de Toulouse. Objectif : faire du ballon un outil de recherche sur la pollution atmosphérique. Dès le mois de mars, il embarquera un compteur d'aérosols, un appareil aussi appelé « Loac » (*Light optical aerosols counter*) conçu par le LPC2E. Ce capteur ultraléger – quelques centaines de grammes à peine – doit permettre de mesurer en continu les concentrations de particules fines dans l'air, en fonction de leur taille et de l'altitude à laquelle se trouve le ballon. Afin de faire œuvre de pédagogie, les données recueillies seront affichées au pied du ballon. L'instrument sert aussi un autre axe de recherche : l'électricité atmosphérique. L'idée est notamment de tester la production de courants électriques faibles à bord du ballon, grâce à la différence de potentiel existant entre le sol et les basses couches de l'ionosphère (environ 100 volts par mètre). Grâce aux charges électriques créées autour de l'enveloppe, on pourrait même imaginer que l'aéronef ait un rôle dépolluant en ionisant les particules fines à proximité et en les agglomérant entre elles avant de précipiter les amas ainsi formés vers le sol.

L. C.

1. Unité CNRS/Université d'Orléans.

2. Unité CNRS/Université d'Orléans.

3. Unité CNRS/Université Paul-Sabatier-Toulouse-III/INP Toulouse.

#### CONTACTS :

Laboratoire de physique et de chimie de l'environnement et de l'espace, Orléans  
**Jean-Baptiste Renard**  
> jean-baptiste.renard@cnsr-orleans.fr

Laboratoire plasma et conversion d'énergie, Toulouse  
**Olivier Eichwald**  
> olivier.eichwald@laplace.univ-tlse.fr

## Événement

## La ville intelligente en débat à Futurapolis

PAR FABRICE IMPÉRIALI

→ **La seconde édition de Futurapolis, proposée par l'hebdomadaire Le Point, se tiendra à Toulouse les 11, 12 et 13 avril prochains** au Centre des congrès Pierre-Baudis. « Cette année, nous avons placé la barre haut, commente Franz-Olivier Giesbert, le patron du magazine. Nous avons l'ambition de faire une sorte de Davos de l'innovation dans la Ville rose et une étape vers ce grand rendez-vous européen de la science et de ses applications a été franchie. »

Cent trente invités, issus du monde industriel, académique et politique, des maires de grandes villes françaises et étrangères, des Nobel, plusieurs Médailles d'or du CNRS confronteront leurs opinions et leurs expériences lors d'une trentaine de tables rondes autour d'un thème phare : la ville intelligente.

« Le thème de la ville de demain permet aux consommateurs que nous sommes tous d'appréhender les évolutions concrètes en termes de logement, de transport, de santé... », explique Gérard Desportes, journaliste au Point et responsable de l'organisation du forum.

Mais il permet aussi de réfléchir à l'évolution du monde. En effet, on estime aujourd'hui que 60 % de la population mondiale habite dans les villes. La proportion atteindra 75 % en 2050, pour 9 milliards d'habitants. « C'est dire l'importance de la question, poursuit-il. Nos invités parleront mobilité, Internet, télécommunications, transport, sécurité, nouveaux matériaux, urbanisme, mais ils n'oublieront pas les grands enjeux en termes de politique et d'éthique. Comme on le voit, le forum se veut donc à la fois expert et citoyen. »

Futurapolis proposera également d'autres temps forts : l'un sur la robotique, avec le Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes<sup>2</sup>, et un autre sur les neurosciences.

Du côté du CNRS, partenaire de ce forum<sup>3</sup>, une quinzaine de chercheurs feront le déplacement à Toulouse. « La wikiradio du CNRS y prendra également ses quartiers ; plusieurs débats seront organisés et diffusés en direct sur le Web via cette radio participative », annonce Jean-Louis Buscaylet, directeur adjoint de la Dircom du CNRS.

Pour rappel, la première édition de Futurapolis avait attiré plus de 4 000 visiteurs sur une journée. « Cette année nous espérons plus de 15 000 visiteurs sur trois jours. L'entrée est gratuite et ouverte à tous », conclut Gérard Desportes.

1. Prérinscription obligatoire sur le site de Futurapolis.fr.
2. Unité CNRS/Université Paul-Sabatier-Toulouse-III/Insa Toulouse/INP Toulouse.
3. Les autres partenaires du forum sont le CEA, le Cnes, EADS, France Info, l'Inca, l'Inra, Inria, l'Inserm, M6, la mairie de Toulouse, RTE, la SNCF, la région Midi-Pyrénées et Total.

→ Le forum, auquel étaient présents Franz-Olivier Giesbert (à g.), patron du Point, et Pierre Cohen (à d.), maire de Toulouse, a attiré 4 000 visiteurs en 2012.



© L. LE CARPENTIER/REA

CONTACT :  
Futurapolis  
> [futurapolis@lepoint.fr](mailto:futurapolis@lepoint.fr)

## En bref...

**NOMINATIONS** | Vincent Goujon prend les fonctions de délégué régional pour la circonscription Normandie, en remplacement de Frédéric Faure. Ce dernier est nommé à la tête de la circonscription Rhône-Auvergne du CNRS, où il remplace Bertrand Minault. Enfin, Anne Pépin devient directrice de la Mission pour la place des femmes au CNRS. Elle succède dans ces fonctions à Pascale Bukhari.

**DISTINCTIONS** | Les noms des lauréats 2013 de la médaille d'argent, de la médaille de bronze et du Cristal du CNRS viennent d'être dévoilés. Ces récompenses distinguent respectivement des chercheurs reconnus, des chercheurs au premier travail très prometteur et enfin des ingénieurs, des techniciens et des personnels administratifs dont la contribution à la recherche est jugée particulièrement remarquable.

EN SAVOIR PLUS :  
> [www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm](http://www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm)

**OUTIL** | Une nouvelle application vient d'être lancée pour assurer la gestion des congés au CNRS. Baptisée Agate, elle permet à tous les agents CNRS de saisir leurs demandes de congés en ligne, y compris depuis un téléphone mobile, et de consulter à tout moment leur compte individuel et l'historique de leurs absences. À la fin de l'année, Agate intégrera également les comptes épargne-temps. Confrontés à une complexité réglementaire croissante, les gestionnaires et directeurs d'unité sont les autres bénéficiaires de ce nouvel outil qui simplifie la validation et le suivi des congés. Cette application, qui doit permettre d'harmoniser la gestion des congés au sein de l'organisme, sera progressivement déployée dans les unités, d'ici à 2014.



## SA MISSION

Cet ingénieur de recherche au CNRS est le directeur technique de la station scientifique des Nouragues, en Guyane française. Avec son équipe, il accueille et organise les séjours de chercheurs et d'étudiants qui travaillent sur l'écologie tropicale. Il supervise l'entretien de la station et accompagne la mise en place de nouveaux équipements scientifiques.

UN  
JOUR  
AVEC...

## Philippe Gaucher directeur technique

PAR GAËLLE FORNET

### 6 H00 RÉVEILLÉ PAR LES SINGES

Réveillé par le chant guttural des singes hurleurs, Philippe Gaucher quitte son hamac. Au cœur de la forêt guyanaise, sa journée commence tôt sur le camp Inselberg de la station de recherche des Nouragues. Dans l'édifice en bois recouvert d'un simple toit qui sert de pièce à vivre, deux collègues qui travaillent de nuit sur les chauves-souris, préparent le petit déjeuner. Autour de la table s'échangent les dernières nouvelles : cette fois-ci, ils sont parvenus à capturer une espèce rare, un *Vampirus spectrum*, prélevé dans le cadre d'un programme de suivi de populations. Le directeur technique de la station des Nouragues enrage ! Il ne pourra pas le contempler : après avoir été mesuré, le spécimen a déjà été relâché.

### 8 H00 INSTALLER UNE NOUVELLE PLATEFORME

Remis de sa déception, Philippe Gaucher attaque son premier dossier de la journée. Aujourd'hui, il escorte Élodie Courtois, jeune ingénieure de recherche, à quelques centaines de mètres du camp, pour installer une station d'acquisition de données climatiques. Elle travaille sur le projet d'ANAEE-services qui met en réseau, au niveau national, des plateformes expérimentales afin d'étudier la biologie des écosystèmes continentaux.

### 10 H00 RELEVER LES DONNÉES

Le scientifique rejoint maintenant une grotte où nichent les chauves-souris. Il vient effectuer des relevés de capteurs environnementaux et prélever les déjections. Des données destinées à une étude pilote dirigée par le chercheur Pierre Taberlet<sup>1</sup>, qui s'intéresse à l'identification de la biodiversité à travers les fragments d'ADN contenus dans le milieu naturel. Grâce à deux missions déjà réalisées dans la réserve naturelle des Nouragues, l'équipe française est en effet leader mondial sur cette approche.

### 12 H00 PAUSE DÉJEUNER

C'est la collation de midi. « *Les tâches ménagères font l'objet d'un tableau de service tournant entre ceux qui séjournent sur le camp, quel que soit leur statut* », précise Philippe Gaucher. Ensuite, petite sieste : « *quelques minutes*, précise-t-il, *pour compenser les effets des nuits courtes et de la chaleur écrasante en journée* ».

### 14 H00 DANS LE NID D'UN RAPACE

Appel radio de Saut Pararé, le deuxième site de la station des Nouragues, distant de 8 km (trois heures de marche !). Philippe Gaucher est appelé « *pour installer une caméra sur le nid d'un rapace, afin de suivre la nidification* ». Il est en effet un expert du tir à l'arbalète, atout

précieux pour arrimer aux arbres le matériel de grimpe. Quand l'opération se termine, il a juste le temps de rentrer, car il est attendu ce soir à Cayenne. Au-dessus de la forêt, le vrombissement de l'hélicoptère se fait déjà entendre.

### 19 H00 ACCUEILLIR LES NOUVEAUX

Après une demi-heure de vol, Philippe Gaucher replonge au cœur de la civilisation. Il dîne avec des « *missionnaires* » (chercheurs en mission) arrivés de métropole. Demain, ils rejoindront les Nouragues. Lui restera à Cayenne, pour une réunion avec des industriels et un expert de l'Insu venu de Brest, sur l'équipement Copas<sup>2</sup>. Ensemble, ils vont étudier le déploiement sur site d'un système de câbles reliant trois pylônes de 45 mètres de haut. Une nouvelle mission où l'on pourra compter sur l'expérience de Philippe Gaucher, récompensé en 2012 par le Cristal du CNRS.

1. Ce chercheur du Laboratoire d'écologie alpine (CNRS/Université Joseph-Fourier/Université de Savoie) mène cette étude dans le cadre du programme Metabar financé par l'ANR.

2. Le dispositif Copas (Canopy Operating Permanent Access System) offrira un accès aérien permanent à la canopée.

#### CONTACT :

CNRS Guyane, Cayenne  
Philippe Gaucher  
> [philippe.gaucher@cnrs-dir.fr](mailto:philippe.gaucher@cnrs-dir.fr)

Événement

# La Terre tourne autour des mathématiques

Pendant toute l'année 2013, partout en France et dans le monde. Retrouvez toutes les manifestations sur [www.mpe2013.org](http://www.mpe2013.org), l'exposition « Mathématiques de la planète Terre » sur [www.imaginary.org](http://www.imaginary.org), l'opération « Un jour, une brève » sur [www.mpt2013.fr](http://www.mpt2013.fr), sans oublier le site [www.images.math.cnrs.fr](http://www.images.math.cnrs.fr).

→ **L'opération « Mathématiques de la planète Terre 2013 » démarre le 5 mars.** C'est au siège de l'Unesco (Paris) qu'elle sera officiellement lancée en Europe. Son objectif ? Célébrer l'apport des mathématiques dans toutes les disciplines qui touchent la Terre et ses habitants. Pour cela, de nombreuses manifestations, auxquelles participeront les chercheurs du CNRS et dont certaines ont reçu le soutien de l'organisme, se tiendront tout au long de l'année. « Cette opération d'envergure a été initiée par plusieurs instituts de mathématiques nord-américains, sous l'impulsion de Christiane Rousseau, professeur à l'université de Montréal, explique Mireille Chaleyat-Maurel du laboratoire Mathématiques appliquées Paris 5<sup>3</sup>, qui coordonne la journée de lancement. Le projet a tout de suite suscité l'enthousiasme, et c'est à l'initiative de l'Europe, notamment de l'Institut Henri Poincaré, en France, et de l'Institut Isaac Newton, au Royaume-Uni, qu'il a été élargi à toute la planète. »

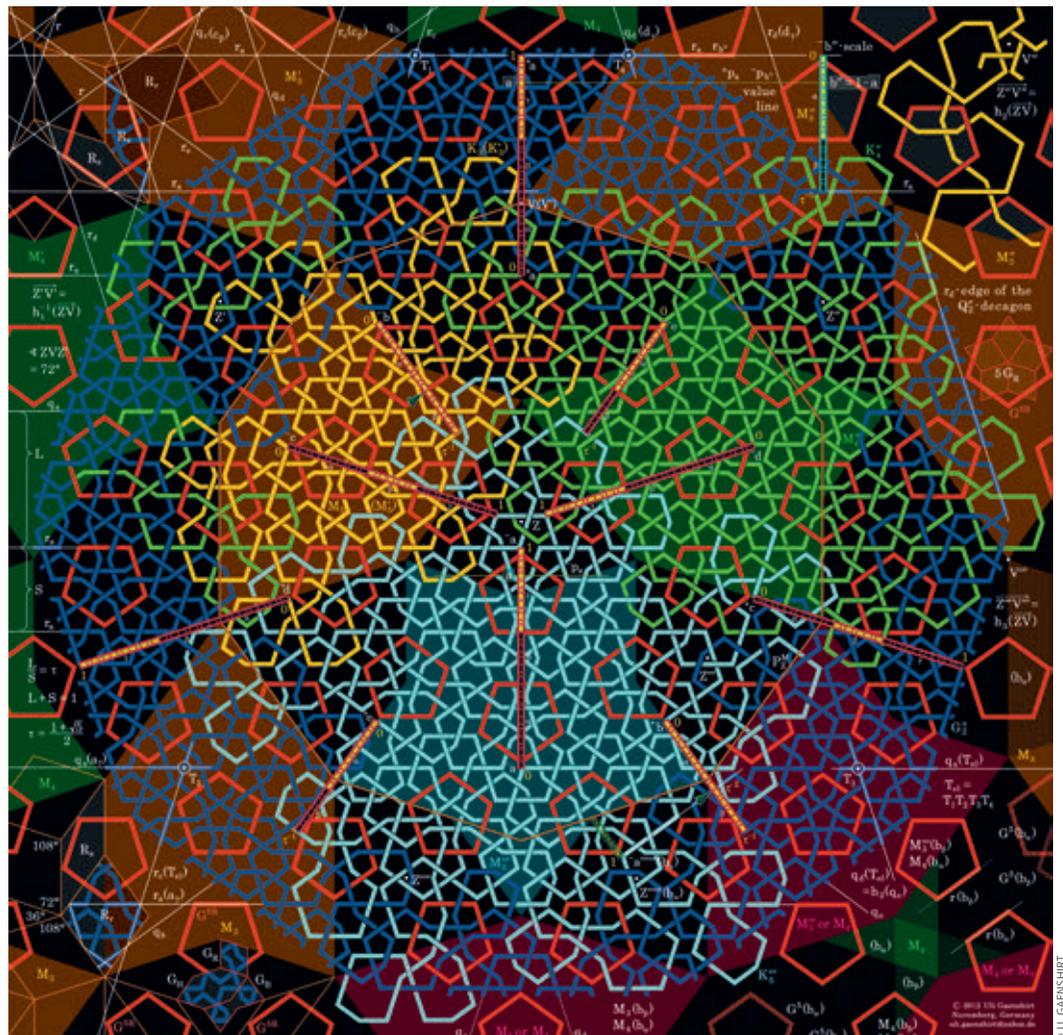
Climatologie, géophysique, écologie, gestion des ressources, finance, évaluation des risques naturels... Les mathématiques sont partout. Révéler au public cette « présence cachée » est le but principal des manifestations qui seront organisées, à l'instar de l'exposition « Mathématiques de la planète Terre », réalisée par Centre-Sciences, le CCSTI

d'Orléans et l'Adecum (Association pour le développement de la culture mathématique), avec l'appui de plusieurs chercheurs, dont Mireille Chaleyat-Maurel et Christiane Rousseau.

Itinérante, cette exposition sera également visible depuis son ordinateur, à travers un musée en ligne : la plateforme *open source* Imaginary, développée au centre allemand de recherche Mathematisches Forschungsinstitut

→ Cette représentation de quasi-cristaux, signée Uli Gaenshirt, est présentée sur le musée virtuel Imaginary.

Oberwolfach (MFO), avec le soutien de la Fondation Klaus Tschira. « Ce musée virtuel permet de partager tous les contenus des expositions mis en ligne, en accord avec les auteurs qui les fournissent sous licence open source, précise Andreas Daniel Matt, chercheur au MFO. Il permet aux expositions d'être présentées partout dans le monde et d'évoluer au fil du temps. » Dans ce musée virtuel figureront également les outils de popularisation





des mathématiques inventés par des scientifiques, et qui font l'objet d'une compétition dont les résultats seront annoncés le 5 mars, à l'Unesco.

Il va sans dire que le Web est un formidable outil de diffusion des connaissances. À l'initiative de Martin Andler, du Laboratoire de mathématiques de Versailles<sup>2</sup>, le consortium Cap'maths, l'association Animath, le CNRS, Inria et trois sociétés savantes françaises ont lancé l'opération « Un jour, une brève ». Le défi est de publier sur un blog un billet par jour tout au long de l'année. « *Nous avons réuni plus d'une centaine d'auteurs de tous horizons pour rédiger 250 textes au total en 2013*, indique Sylvie Benzoni, de l'Institut Camille-Jordan<sup>3</sup>. *L'objectif est simple: montrer au public que des mathématiques belles et utiles sont développées pour les recherches liées à la planète Terre.* » Les billets sont également repris sur le site Images des maths, hébergé par le CNRS.

Cette démonstration, les scientifiques auront à cœur de la faire, en particulier auprès du jeune public. À cette fin, le CNRS, l'université Paris-XIII et l'association Science ouverte organiseront aussi les 21 et 22 mars les quatrièmes Rencontres CNRS « jeunes, sciences et citoyens » d'Île-de-France. Une conférence inaugurale du mathématicien Cédric Villani, des ateliers-débats, des projections de films permettront de susciter l'intérêt des jeunes pour les mathématiques et, pourquoi pas, des vocations. Histoire d'assurer la relève pour que la Terre puisse encore être écrite en formules mathématiques.

F. D.

1. Unité CNRS/Université Paris-Descartes.  
2. Unité CNRS/Université de Versailles-Saint-Quentin.  
3. Unité CNRS/Université Claude-Bernard-Lyon-1/École centrale de Lyon/Insa Lyon/Université Jean-Monnet-Saint-Étienne.

#### LIVRE |

### L'Enfant et les Écrans

Un avis de l'Académie des sciences

Jean-François Bach, Olivier Houdé, Pierre Léna et Serge Tisseron, Éditions Le Pommier, 272 p. – 17 €

→ De la télévision à l'ordinateur en passant par les tablettes tactiles

ou les smartphones, les écrans numériques ont envahi notre société. Quelles sont les conséquences de cette exposition, parfois très précoce, sur les enfants, les avantages, les dangers ?



Rédigé sous l'égide de l'Académie des sciences, en collaboration avec l'association La main à la pâte et avec le concours de très nombreux spécialistes, cet ouvrage passionnant décrypte dans un langage simple les travaux les plus récents en neurobiologie, en

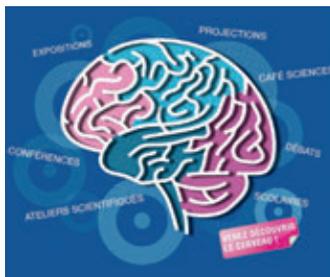
psychologie, en sciences cognitives et en pédagogie. Il guide les éducateurs pour faire bon usage des écrans auprès des enfants.

#### MANIFESTATION |

## La Semaine du cerveau

Du 11 au 17 mars, partout en France. Le programme complet sur [www.semaineducerveau.fr](http://www.semaineducerveau.fr)

→ Comme chaque année, la Société des neurosciences organise la Semaine du cerveau, en partenariat avec le CNRS, l'Inserm, l'Inra et la Fédération pour la recherche sur le cerveau. Dans 25 villes françaises sont ainsi proposées plus de 300 manifestations (expositions, conférences, débats, projections...) qui permettront au public de découvrir les dernières avancées de la recherche en neurosciences.



A voir sur le journal en ligne: un film sur la maladie de Parkinson.

#### LIVRES |

### Mariage de même sexe et filiation

Irène Théry (dir.), Éditions EHESS, 150 p. – 9,80 €  
L'ouverture du mariage et de l'adoption aux couples de même sexe ne détruira ni le mariage, ni la famille, ni la différence des sexes, ni l'état civil. C'est le credo de ce livre qui prolonge un débat tenu à l'EHESS.

### Pourquoi moi ? L'expérience des discriminations

François Dubet, Olivier Cousin, Éric Macé, Sandrine Rui, Seuil, 360 p. – 23 €  
Quel est le ressenti des personnes discriminées, en fonction du genre, de la race, de la sexualité ou du handicap ? Riche de témoignages, cet ouvrage rend compte d'un vécu plus divers qu'il ne paraît.

### Combattre la pauvreté De 1880 à nos jours

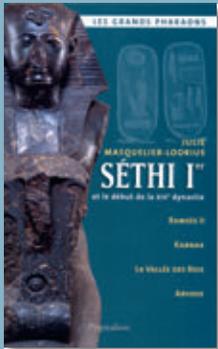
Axelle Brodiez, CNRS Éditions, 400 p. – 27 €  
À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la lutte contre la pauvreté a d'abord été le monopole des œuvres caritatives avant d'être prise en charge par l'État. Petit retour sur l'évolution du combat contre la précarité et du rôle de la politique au fil de l'histoire.

### Sociologie comparée du cannibalisme, vol. 3 Ennemis intimes et absorptions équivoques en Amérique

Georges Guille-Escuret, PUF, 382 p. – 38 €  
Après l'Afrique et l'Asie, le biologiste et ethnologue Georges Guille-Escuret se penche sur l'Amérique dans le troisième et dernier tome de son enquête, la plus vaste jamais menée sur le cannibalisme.

### D'une philosophie à l'autre Les sciences sociales et la politique des Modernes

Bruno Karsenti, Gallimard, coll. « NRF Essais », 358 p. – 21 €  
Cet essai de philosophie politique propose une réflexion sur le rôle de la philosophie par rapport aux sciences sociales. Il évoque la mission critique que doit remplir le philosophe à l'égard du discours produit par ces sciences.



**LIVRE | Séthi I<sup>er</sup> et le début de la XIX<sup>e</sup> dynastie**  
Julie Masquelier-Loorius, Pygmalion, coll. « Les grands pharaons », 490 p. – 24,90 €  
→ **Fils de Ramsès I<sup>er</sup>, le pharaon Séthi a régné près d'une décennie**, autour des années 1290 à 1280 av. J.-C. Son pouvoir fort rend le pays stable et prospère, préparant l'extraordinaire éclat du règne de son fils : Ramsès II. L'ouvrage vise les égyptophiles, érudits ou novices, et embrasse tous les aspects de cette période : exploitation de l'or, relations avec la Nubie, protocole royal, image du souverain, pratiques religieuses, innovations culturelles, etc. Un livre captivant, écrit d'une plume limpide qui ne sacrifie rien de la précision scientifique.

→ Des expositions et des ateliers sont proposés au public, notamment aux plus jeunes.



© B. SUARD/METL-MEDDE

#### MANIFESTATION |

## Forum des sciences cognitives

Le 30 mars, campus des Cordeliers, 15 rue de l'École-de-médecine, Paris (75).

→ **L'association Cognivence, association des étudiants en sciences cognitives de l'ENS-Ulm, a récemment rejoint la liste des clubs CNRS « Jeunes, sciences et citoyens », chargés de rapprocher les citoyens et la science. Elle présente la 12<sup>e</sup> édition du Forum des sciences cognitives, sur le thème « Quand la conscience fait science ». Au menu : des conférences de tous niveaux et des ateliers animés par les étudiants.**



© COGNIVENCE

→ Le forum propose des conférences et des ateliers animés par les étudiants.

#### LIVRE |

### Le Travail pornographique Enquête sur la production de fantasmes

Mathieu Trachman, La Découverte, coll. « Genre et sexualité », 292 p. – 22 €

→ **Docteur en sociologie, Mathieu Trachman aborde ici la pornographie avec rigueur et pertinence.** Plutôt que de s'interroger sur ses effets, il pose des questions plus inattendues sur l'activité économique qui consiste à vendre du fantasme et qui érige ainsi « *la sexualité en domaine d'expertise* ». Il plonge à l'intérieur du métier de pornographe pour en démonter les ressorts profonds, grâce à un vaste éventail d'interviews dont il ponctue son propos. Comment les pornographes se sont-ils fait

une place dans l'espace public ? Quelles sont les relations de travail dans l'univers de la sexualité professionnelle ? Comment se partagent les rôles entre les hommes et les femmes, et entre l'homosexualité et l'hétérosexualité ? Ancré dans le réel, Mathieu Trachman répond par cette enquête au caractère profondément humain, au-delà de son intérêt conceptuel et scientifique. Une analyse sérieuse de l'activité pornographique et de son idéologie.



#### MANIFESTATION |

### Semaine du développement durable 2013

Du 1<sup>er</sup> au 7 avril 2013, partout en France.

[www.agissons.developpement-durable.gouv.fr](http://www.agissons.developpement-durable.gouv.fr).

Les opérations du CNRS sur : [www2.cnrs.fr/manifestations](http://www2.cnrs.fr/manifestations)

→ **La Semaine du développement durable sera consacrée à la transition énergétique** et comme chaque année, le CNRS organisera des conférences, des projections de films, des expositions, des rencontres avec les chercheurs... Les autres thèmes forts du développement durable comme la ville, l'habitat, les transports, l'eau et le tourisme ne seront pas oubliés.

## LIVRE |

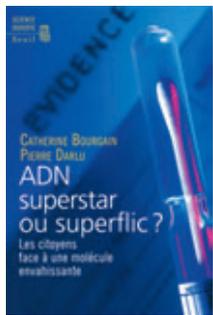
**ADN superstar ou superflic ?  
Les citoyens face à une molécule envahissante**

Catherine Bourgain et Pierre Darlu, Seuil, coll. « Science ouverte », 167 p. – 19 €

→ Depuis sa caractérisation en 1953 par les biologistes Watson et Crick, l'ADN, ou acide désoxyribonucléique, est devenue la molécule phare de notre société. Cette sorte de code-barres propre à chaque individu, longtemps l'apanage des laboratoires de biologie, a envahi nombre de domaines comme la justice ou la médecine. S'il permet de mieux comprendre nos origines, les maladies qui nous touchent et offre la promesse d'une médecine personnalisée,

il est aussi décrié pour les dérives que son utilisation pourrait susciter.

Les auteurs, spécialistes en génétique humaine, les auteurs explorent avec finesse les deux versants de l'ADN.



## LIVRE |

**Partager la science****L'illettrisme scientifique en question**

Collectif, Actes Sud/IHESST, coll.

« Questions vives », 336 p. – 27,95 €

→ Alors que certains citoyens remettent aujourd'hui en cause la vaccination ou la théorie de l'évolution,

ce livre pose la question du partage des connaissances scientifiques. Comment faire de la science un objet que chaque citoyen s'approprié ? Comment mieux la diffuser pour que chacun puisse participer aux débats de société qu'elle soulève, avec le minimum de connaissances nécessaire ? Vingt-deux auteurs participent à cette réflexion sur la science. L'ouvrage pointe le danger de l'« illettrisme scientifique », entendu comme l'absence d'un socle minimum de connaissances. Il explore les moyens d'y remédier, notamment à travers l'éducation et les médias.

## DVD |

**Berre, un étang dans l'État**

Réalisé par Marcel Dalaise, produit par CNRS Images, 49 min. Conseiller scientifique : Olivier Radakovitch, du Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (CNRS/Aix-Marseille Université/IRD/Collège de France).

20 € + frais d'expédition.  
<http://videotheque.cnrs.fr>

→ Situé aux portes de Marseille, l'étang de Berre est un des plus grands étangs d'eau saumâtre d'Europe. Il constitue aujourd'hui une des lagunes les plus étudiées du pourtour méditerranéen. Des intervenants de différentes disciplines évoquent l'histoire industrielle de ce lieu, montrant comment il est devenu un espace à la fois menacé et menaçant. Ils tentent de trouver des solutions pour réhabiliter cet étang et son écosystème, afin qu'il redevienne un lieu de vie pour les riverains.



→ L'étang situé près de Marseille est l'une des lagunes les plus étudiées des bords de la Méditerranée.



À voir sur le journal en ligne : le film.

## LIVRES |

**Économie bancaire**

Laurence Scialom, La Découverte, coll. « Repères », 128 p. – 10 €

Pourquoi faut-il des banques ? À quelles règles obéissent-elles ? Pourquoi prennent-elles des risques excessifs ? Pourquoi les États les renflouent-ils ? Quelles innovations la crise financière a-t-elle induites ? Tout sur ces entreprises qui font le commerce de l'argent.

**L'Association****Sociologie et économie**

Jean-Louis Laville et Renaud Sainsaulieu, Fayard, coll.

« Pluriel », 435 p. – 10 €

En France, les associations représentent quelque 2 millions de salariés. Édition remaniée et actualisée, ce livre passe au scanner le monde associatif, notamment son important rôle économique et politique.

**L'Empowerment, une pratique émancipatrice**

Marie-Hélène Bacqué et Carole Biewener, La Découverte, coll. « Politique et sociétés », 175 p. – 16 €

Une réflexion très pédagogique sur l'empowerment ou pouvoir d'agir des individus et des collectifs. Est-il une alternative à l'incapacité des politiques à répondre aux défis de notre époque troublée ?

**À l'école des dyslexiques.****Naturaliser ou combattre l'échec scolaire ?**

Sandrine Garcia, La Découverte, coll. « Sciences humaines », 310 p. – 22 €

Les fautes de lecture sont de plus en plus imputées à un mal mystérieux nommé dyslexie. Mais cela n'est-il pas pour les parents d'élèves une façon d'éviter les difficultés d'apprentissage ? Sandrine Garcia livre son analyse.

**Au secours, Maréchal !**

Jean-Pierre Le Crom, PUF, 343 p. – 22 €

Le philosophe Jean-Pierre Le Crom montre comment dans la France de 1940, la nébuleuse humanitaire a aussi été le lieu de sauvetage d'enfants juifs, de mise en place de réseaux de la Résistance et du maintien d'une certaine forme de solidarité.

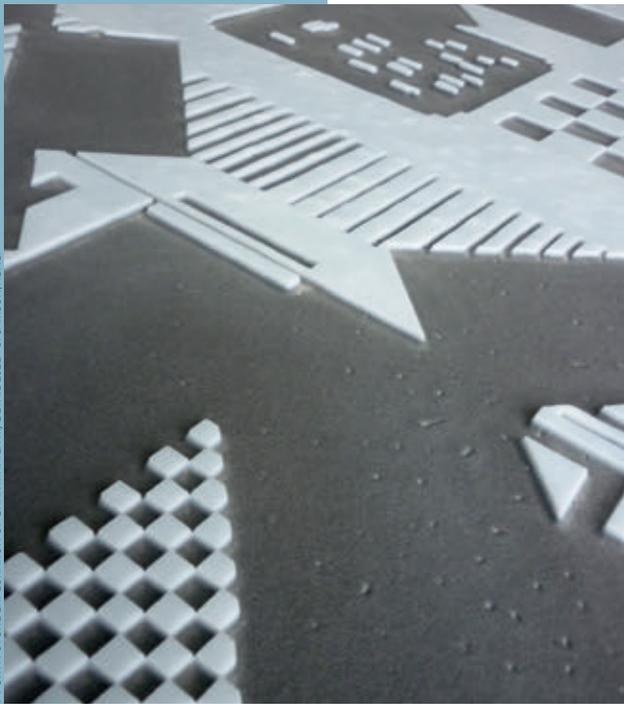
## EXPOSITION | MARSEILLE-PROVENCE 2013

# La Fabrique des possibles

Du 23 mars jusqu'au 26 mai 2013 – [www.fracpaca.org](http://www.fracpaca.org)

→ **Événement phare de Marseille-Provence 2013**, capitale de la culture européenne, l'exposition, qui inaugure le nouveau bâtiment du Fonds régional d'art contemporain Provence-Alpes-Côte d'Azur, réunit des œuvres de jeunes artistes ayant effectué des résidences au sein de laboratoires scientifiques de la région. On y retrouvera notamment des œuvres de l'artiste Bettina Samson, inspirées des travaux de Frédéric Zamkotsian, chercheur CNRS au Laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM), sur les micromiroirs. Seront également présentées les réalisations du plasticien Raphaël Zarka, de Katinka Bock, de Roman Signer, ainsi qu'un ensemble d'œuvres « historiques » qui ont marqué des générations d'artistes, à l'instar de celles de Stanley Broun, Yves Klein, Claude Parent et Richard Baquié.

→ **Détail du travail de l'artiste**  
Bettina Samson *Pour une observation future de la matière noire*, qui fait partie des œuvres présentées.



© FOR A FUTURE EXPLORATION OF DARK MATTER III, DÉTAIL 2012 - B. SAMSON/ADG&amp;P

## LIVRE | Refaire la cité L'avenir des banlieues

Michel Kokoreff et Didier Lapeyronnie, Seuil/La République des idées, 128 p., 11,80 €

→ **En France, 8 à 10 millions de personnes habitent des quartiers populaires** et la moitié, environ 4,5 millions, vivent dans des zones urbaines dites sensibles, en clair les banlieues difficiles. Violences, délinquance, ségrégation, chômage... Leurs maux sont nombreux. Mais pour les deux auteurs, l'image que révèle les statistiques est tronquée. Posant un diagnostic fin et documenté de ces quartiers, Michel Kokoreff et Didier Lapeyronnie dressent un tableau tout en nuances de leur situation, mettent en lumière leur richesse et proposent des pistes pour une nouvelle politique des banlieues.



## LIVRE | Atlas des Français Pratiques, passions, idées, préjugés

Laurence Duboys Fresney, Éditions Autrement, 96 p. – 19 €

→ **À quoi ressemblent les familles françaises ? Qui travaille dans l'Hexagone ? Combien y a-t-il de syndiqués ? Combien les Français dépensent-ils pour leur santé ? Quels sont leurs loisirs ? Leurs passions ? En 125 cartes et infographies, cet atlas trace un portrait détaillé et parfois insolite de la société française. Et comme l'écrit si justement le sociologue François de Singly dans sa préface : « C'est à chaque lectrice ou lecteur de revoir des cartes connues, pour une révision toujours nécessaire ; de découvrir des cartes surprises, celles auxquelles on n'aurait pas pensé ; d'imaginer les cartes manquantes. »**



# cnrs

le journal

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

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

Rédacteur en chef : Matthieu Ravaut Chefs de rubrique : Fabrice Demarthon, Charline Zeitoun  
Assistante de la rédaction et fabrication : Laurence Winter Ont participé à ce numéro : Stéphanie Arc, Émilie Badin, Kheira Bettayeb, Julien Bourdet, Jean-Philippe Braly, Marilène Burlot, Laure Cailloce, Éric Dumoulin, Sebastián Escalón, Matthieu Grousson, Gaëlle Fornet, Grégory Fléchet, Jean-François Hait, Vahé Ter Minassian.

Secrétaires de rédaction : Alexandra Dejean, Isabelle Grandrieux Conception graphique : Céline Hein Iconographie : Stéphanie Tritz  
Couverture : Andy Smith pour CNRS le Journal ; Ilbusca/Stockbyte/Getty Images Photogravure : Scoop Communication  
Impression : Groupe Morault, Imprimerie de Compiègne – 2, avenue Berthelot – Zac de Mercières – BP 60524 – 60205 Compiègne Cedex  
ISSN 0994-7647 AIP 0001309 Dépôt légal : à parution

Photos CNRS disponibles à : [phototheque@cnrs-bellevue.fr](mailto: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.





**« Je teste nos nouveaux matériaux, les vitrimères. J'ai soudé trois plaquettes (en jaune) en les chauffant, et les grosses pinces noires tirent sur l'assemblage pour mesurer sa résistance à l'arrachement. »**

Ces matériaux organiques sont façonnables à chaud, comme le verre. En effet, les vitrimères passent de l'état solide à l'état liquide très progressivement, contrairement au plastique qui se dilate beaucoup et devient brusquement liquide lorsqu'on le chauffe. C'est d'ailleurs pour cela que, pour souder un plastique, il faut utiliser des moules ou régler la température et la pression très précisément dans toute la pièce, sans quoi il risque de se déformer totalement. Les vitrimères ne présentent pas ces inconvénients. Ils se travaillent dans une large gamme de températures et sans moule. Ils devraient être très utiles dans la conception de pièces à la fois légères et de forme complexe pour l'aéronautique, l'automobile ou l'électronique. »

MATHIEU CAPELOT, DOCTORANT AU LABORATOIRE MATIÈRE MOLLE ET CHIMIE (UNITÉ CNRS/ESPCI PARISTECH).



À voir sur le journal en ligne :  
la suite du reportage **photo**  
dans ce laboratoire, et le **film**  
*Un matériau innovant.*



**Le Point**

PRÉSENTE

# FUTURA POLIS<sup>®</sup>

AVEC MAIRIE DE TOULOUSE  [www.toulouse.fr](http://www.toulouse.fr) ET RÉGION MIDI-PYRENEES 

## LA VILLE DE DEMAIN

11, 12, 13 avril 2013  
au Centre Pierre-Baudis à Toulouse

Le rendez-vous de toutes  
les innovations :  
débats, expositions, animations.

Entrée libre

Programme et réservation  
sur [www.lepoint.fr](http://www.lepoint.fr)

Pour vous inscrire, flashez ici  
avec l'application Ubleam 

### PARTENAIRES



### SPONSORS



### MÉDIAS



GRAPHISME AURELIEN BUFFET