

les défis du cea

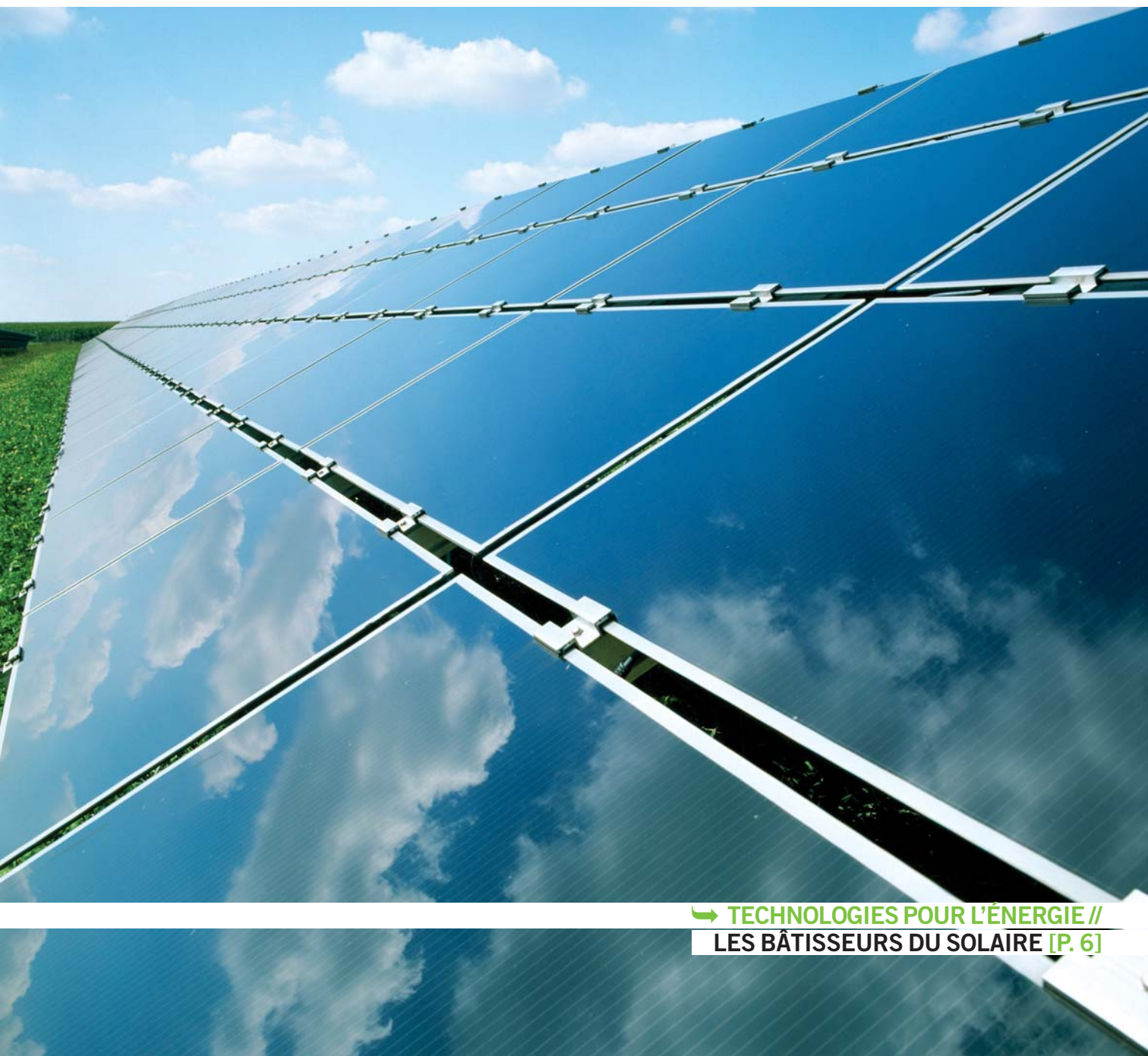
Le magazine de la recherche et de ses applications

150
MAI 2010



énergie atomique • énergies alternatives

SOMMAIRE // COOPÉRATION INTERNATIONALE [P. 4] SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT [P. 12] BIOLOGIE STRUCTURALE [P. 13] RECHERCHE FONDAMENTALE [P. 14] TECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ [P. 14] IMAGERIE MÉDICALE [P. 15] LES PUCES À ADN [PP. 16-17] ÉRUPTION VOLCANIQUE ET CLIMAT : 3 QUESTIONS À GILLES RAMSTEIN.



➔ **TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE //**
LES BÂTISSEURS DU SOLAIRE [P. 6]

Sommaire N° 150

04 Retour sur l'actualité

COOPÉRATION INTERNATIONALE // Un laboratoire franco-indien [04]
REVUE DE PRESSE [05]



Champ de
panneaux solaires

06 À la une TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE // LES BÂTISSEURS DU SOLAIRE

11 À la pointe

SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT // Le meurtrier venait de l'espace... [12]
BIOLOGIE STRUCTURALE // Retirer au VIH son titre de transport [13]
RECHERCHE FONDAMENTALE // Enzymes anti-stress pour plantes [14]
TECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ // Une molécule pour détoxifier le foie [14]
IMAGERIE MÉDICALE // Les nouveaux radiotraceurs sont au fluor [15]

16 Tout s'explique

Les puces à ADN

18 Ils en parlent

GILLES RAMSTEIN, climatologue au LSCE, évoque l'incidence sur le climat de l'éruption du volcan Eyjafjöll, en Islande.

19 À voir, à lire, à écouter



Les défis des Savanturiers

Pénétrez dans les coulisses de la science, guidé par les chercheurs et leurs passions. Chaque samedi, de 15 h à 15 h 30, France Inter propose l'émission « Les Savanturiers », dont certains épisodes sont réalisés en partenariat avec *Les Défis du CEA*. Animé par Fabienne Chauvière, ce programme part à la rencontre des femmes et des hommes de sciences sur leur terrain. Les aventuriers de la connaissance se livrent pour nous permettre de comprendre le monde d'aujourd'hui et préparer celui de demain.

À écouter sur France Inter et à podcaster sur www.cea.fr

À voir sur www.cea.fr

Retrouvez sur le site du CEA l'actualité de ses laboratoires et de nombreux dossiers thématiques, en multimédia (texte, audio et vidéo) et pour tous les publics.

www.cea.fr/actualités

Une protection contre la ricine

Les premières molécules efficaces pour se protéger contre la toxicité de la ricine et des toxines de type *shiga* viennent d'être découvertes. Ce résultat contre ces éléments de bio-terrorisme a été obtenu dans le cadre du programme interministériel de R & D contre les NRBC-E (nucléaire, radiobiologique, biologique, chimique et explosifs) piloté par le CEA.

www.cea.fr/actualités

Pouponnière d'étoiles

Grâce aux images du télescope spatial Herschel, les astrophysiciens dévoilent pour la première fois le mystère de la fabrication, jusqu'alors invisible, d'amas d'étoiles, dont certaines sont 10 fois plus massives que le Soleil. Cette naissance d'étoiles a été observée dans la nébuleuse de la Rosette, à 5 000 années-lumière de la Terre.



www.cea.fr/actualités

Vous avez dit surfusion ?

Pourquoi l'eau ne gèle-t-elle pas dans les nuages ? Des chercheurs du CEA, du CNRS et de l'ESRF (installation européenne de rayonnement synchrotron) apportent des éléments clés à un curieux phénomène baptisé « surfusion ». Celle-ci décrit un état de la matière où un liquide ne gèle pas alors même qu'il est à une température inférieure à son point de congélation...



© C. Dupont/CEA

L'Institut national de l'énergie solaire (Ines)

En chiffres

250

Nombre de personnes (chercheurs, formateurs, industriels).

2006

Date de la création de l'Ines.

12 000 m²

Surface du site de recherche à Chambéry.

L'Ines est le premier centre français et l'un des premiers européens dédiés aux recherches sur l'énergie solaire. Issu d'un partenariat entre le CEA, le CNRS, le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) et l'Université de Savoie, sa mission est de regrouper sur un même site, celui de Savoie Technolac au Bourget-du-Lac, la majorité des acteurs français de la recherche en la matière. Il a également favorisé l'essor de cette filière en développant un centre d'excellence d'une taille critique à l'échelle internationale. Ses thématiques de recherche concernent l'énergie solaire thermique et photovoltaïque ainsi que la gestion de l'énergie dans le bâtiment. Il peut dès lors s'appuyer sur trois plateformes complémentaires : l'une de recherche, développement et innovation industrielle ; l'autre de démonstration ; ainsi qu'un espace Education tourné vers les professionnels et le grand public. Objectif : informer, former, évaluer et promouvoir.

VOIR PAGES 6 À 10

Et aussi...



CEA-LSCE Le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, unité mixte CEA/CNRS/université Versailles-Saint-Quentin, fait partie de l'Institut Pierre-Simon-Laplace.

VOIR PAGES 11, 12 & 18



CEA-Léti Le laboratoire d'électronique et des technologies de l'information est l'un des principaux centres européens de recherche appliquée en électronique pour l'industrie.

VOIR PAGE 11



CEA-I2BM Les activités de l'Institut d'imagerie biomédicale visent à comprendre le fonctionnement du cerveau humain et à développer des approches thérapeutiques innovantes.

VOIR PAGE 15



CEA-Inac La recherche fondamentale à l'Institut nanosciences et cryogénie est structurée autour des nanosciences, de la matière condensée, de la cryogénie et du développement des outils de recherche.

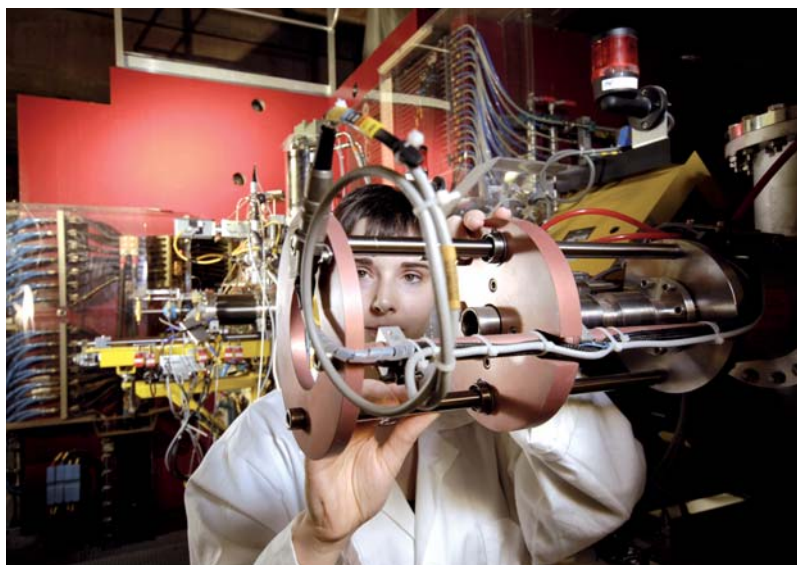
VOIR PAGE 14

UN LABORATOIRE FRANCO- INDIEN

TEXTE : Aude Ganier

COOPÉRATION INTERNATIONALE

Un laboratoire international associé (LIA) vient d'être créé par le CEA, le CNRS/IN²P³ et le Centre de recherche atomique Bhabha d'Inde (BARC). Cette association s'inscrit dans la continuité d'un premier accord signé en janvier dernier entre le Ganil et le BARC dans les domaines des accélérateurs et de l'instrumentation associée. Elle doit ainsi permettre de poursuivre la coopération franco-indienne déjà existante en physique nucléaire et d'entamer un accord de collaboration pour le projet Spiral 2 (Système de production d'ions radioactifs



© P. Stroppa/CEA

accélérés en ligne de 2^e génération). Il s'agit notamment de coopérer sur la construction de ce grand instrument de recherche qui doit débiter en 2012 et dont l'objectif n'est autre que l'exploration des confins de la matière, *via* la production de faisceaux de particules inédits.

▲ Ligne d'éjection du faisceau d'ions d'un cyclotron de Spiral 1.

TÉLEX

Grâce à un essaimage du CEA et du CNRS, la société Ethera vient d'être créée sur le marché de la détection des polluants dans l'air. Ethera développe et commercialise des produits innovants pour l'identification, la mesure et l'analyse de composés gazeux dans l'air ou dans les espaces confinés.

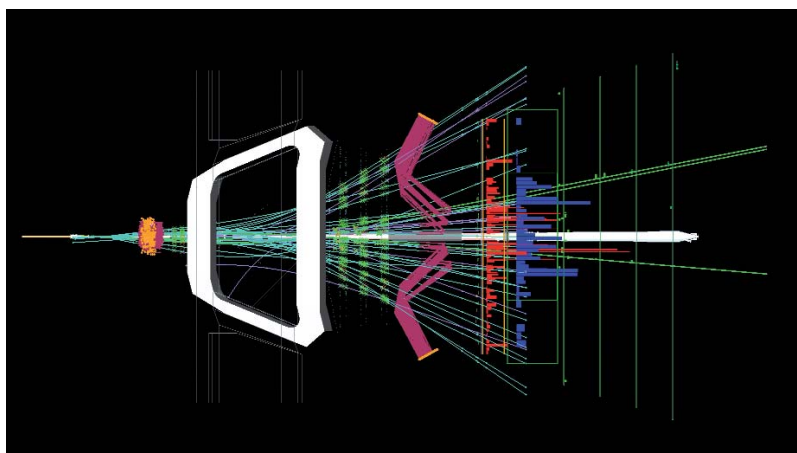
416

C'est le nombre de brevets publiés par le CEA au cours de l'année 2009, ce qui le place à la cinquième place du palmarès des déposants de brevets. Il est ainsi le premier organisme de recherche et se place juste derrière les groupes industriels PSA-Peugeot-Citroën, Renault, L'Oréal et Safran. Le CEA affiche un résultat en hausse par rapport à 2008, où il était 7^e avec 323 brevets publiés.

Collisions de protons à 7 TeV, captées par les expériences du LHC. ▶

7 Tev

Les écrans de contrôle du LHC, plus grand accélérateur de particules au monde installé au Cern, ont été témoins, le 30 mars 2010, des premières collisions de protons à 7 TeV. Cette énergie est trois fois et demie supérieure à celle atteinte précédemment dans tous les accélérateurs. Avec cet événement, le LHC entame sa première longue période d'exploitation.



© Cern

LA REVUE DE PRESSE
QUAND L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE
S'INVITE DANS LES MÉDIAS

> Avril 2010
Sciences & Avenir

MATIÈRE, MASSE ET MOLÉCULES

Ce hors-série printanier revient sur de nombreux thèmes et enjeux scientifiques tels le très grand équipement de recherche LHC, la fabrique des nanotubes, la quête des neutrinos, la compréhension du fonctionnement des cellules, etc. L'occasion pour des personnalités du CEA d'intervenir dans leur domaine respectif : Étienne Klein répond à une interview sur la matière, Thierry Lasserre revient sur la notion de masse et Francis Hartaux présente les différentes « machines moléculaires » à l'œuvre dans notre organisme.



> 10 mars 2010
Le Parisien

LE POISON DES POISSONS

« Des toxines libérées par certaines micro-algues et présentes dans certains poissons et fruits de mer pourraient provoquer des symptômes neurologiques sévères. » Ainsi commence l'article relatant les travaux de chercheurs du CEA et du CNRS qui ont identifié le mécanisme d'action de deux de ces toxines afin de développer, à terme, des antidotes. Éprouvées en milieu préclinique, ces toxines ont montré qu'elles provoquaient des dysfonctionnements musculaires et cérébraux.



► Dynophytes, algues unicellulaires en majorité biflagellées.

© Inserm

> 3 avril 2010
Le Monde

RENAISSANCE
D'UN SUPERPHÉNIX

Le retour de la filière des réacteurs nucléaires à neutrons rapides est annoncé ! La France, grâce notamment au Grand emprunt, s'est fixé pour objectif d'être la première à posséder un tel réacteur de quatrième génération. Les avantages de ces réacteurs sont nombreux, comme l'explique au journal Christophe Béhar, directeur de l'énergie nucléaire au CEA : « D'une part, ils exploiteront beaucoup mieux la ressource combustible ; d'autre part, ils permettront de brûler une partie des résidus nucléaires les plus radiotoxiques ».

> 7 avril 2010
Le Dauphiné libéré



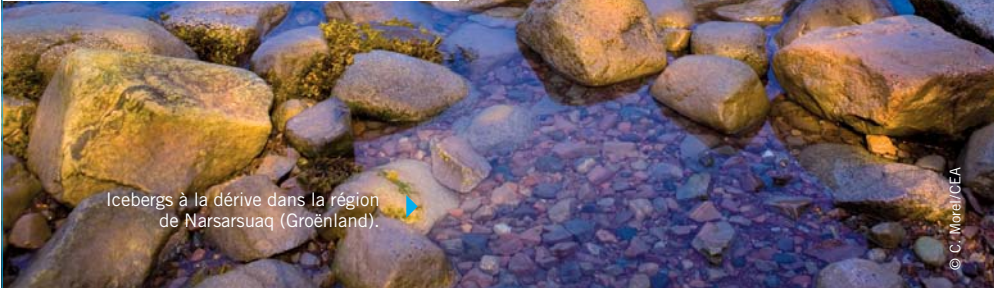
LABORATOIRE COMMUN

Le quotidien revient sur le travail inédit, réalisé pendant cinq ans par des unités de recherche du CEA, du CNRS, du Génomuscope, de l'Inra, pour décrypter le génome de la truffe. Cette avancée a été saluée par la Fédération française des trufficulteurs car elle va permettre de « faire progresser la trufficulture par une meilleure compréhension de la vie encore méconnue de la truffe et de ses relations symbiotiques avec son arbre-hôte ».

> 7 avril 2010
Libération

LE CLIMAT EN DÉBAT

Alors que la polémique enfle entre les climatosceptiques et la communauté scientifique, Valérie Masson-Delmotte, spécialiste des climats du passé au CEA, se confie au quotidien : « On nous accuse d'être les auteurs d'une imposture scientifique, il faut bien prendre en main notre défense ». Ainsi, plus de 500 climatologues demandent à l'Académie des sciences et aux directions des organismes de recherche d'organiser un débat scientifique et approfondi sur le réchauffement climatique.



Icebergs à la dérive dans la région de Narsarsuaq (Groënland).

© C. Morel/CEA

► Module Nice, nouvelle chaîne de montage de modules photovoltaïques de l'Ines.

TECHNOLOGIES POUR L'ÉNERGIE

D'ici 2020, les bâtiments du futur devront être à énergie positive. Deux voies se dessinent : produire sur place les besoins énergétiques, et baisser la consommation en optimisant la conception des maisons. Pour chacune, le soleil est primordial. Dans chacune, le CEA s'investit pour préparer l'avenir.

TEXTE : Caroline Dangléant

LES **B**ÂTISSEURS DU SOLAIRE

A lors que le bâtiment représente 42 % de la consommation énergétique française, le Grenelle de l'environnement en appelle à toutes les innovations. Objectif : d'ici 2020, toute nouvelle construction devra être à énergie positive, c'est-à-dire qu'elle devra produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme. L'Institut national de l'énergie solaire (Ines) compte bien sur notre bonne étoile pour relever le défi. Et pour cause, l'énergie solaire pénétrant chaque année dans un bâtiment peut largement excéder sa consommation annuelle. Différents moyens sont dès lors explorés par l'Ines pour exploiter les rayons du Soleil. Le plus connu, et le plus florissant, est sans aucun doute le photovoltaïque, technologie capable de transformer la lumière en électricité. Une seconde voie est le solaire thermique selon lequel la chaleur du soleil est récupérée au bénéfice de l'eau chaude sanitaire et du chauffage, et pour, à terme, alimenter des systèmes de **rafraîchissement solaire**. Ces deux procédés sont regroupés sous l'expression « solaire actif » par opposition au « solaire passif », qui repose sur l'implantation d'un édifice, son architecture

et l'usage de ses ouvrants (fenêtres et volets), en vue de gérer au mieux les apports de l'énergie solaire.

Le bon sens du solaire passif

Concrètement, il s'agit d'orienter le bâtiment de manière à profiter du soleil d'hiver tout en évitant la chaleur estivale. Cela implique de réfléchir au meilleur ratio entre surfaces vitrées et opaques, et à l'orientation des fenêtres et des protections solaires ; de construire avec des matériaux isolants

L'énergie solaire pénétrant chaque année dans un bâtiment peut largement excéder sa consommation annuelle.

>>>

Rafraîchissement solaire // Technique de génération de froid à partir de la chaleur.

>>> et de favoriser l'inertie thermique interne du logement; de concevoir des systèmes de ventilation limitant les déperditions de chaleur, etc. Bref, le solaire passif est une histoire de bon sens architectural, *«une notion un peu oubliée depuis quelques décennies, mais qui réapparaît aujourd'hui sous la contrainte*, constate Françoise Burgun, responsable du Laboratoire d'énergétique du bâtiment (LEB) du CEA-Liten¹ à l'Ines. *Au début des années 2000, la France avait près de 20 ans de retard en matière d'efficacité énergétique du bâtiment par rapport aux pays d'Europe du Nord.*»

Actuellement, la consommation moyenne des édifices français est de 250 kW/m²/an, incluant chauffage, climatisation, eau chaude et ventilation. Depuis 2005, la réglementation impose que toute nouvelle construction consomme moins de 90 à 120 kW/m²/an suivant les zones

Les chercheurs œuvrent à optimiser le coût de fabrication et le rendement des cellules en silicium

climatiques. Ce chiffre devrait passer à 50 kW/m²/an en 2012, seuil intermédiaire à l'ambitieux objectif du bâtiment à énergie positive du Grenelle de l'environnement.

L'optimisation des coûts du solaire actif

Quant aux technologies du solaire actif – photovoltaïque et thermique –, elles s'imposent d'elles-mêmes pour fournir l'énergie de la maison. Seul bémol, le tarif du kWh

engendré par ces deux procédés demeure plus élevé que ceux produits par d'autres technologies (nucléaire, pétrole, gaz, etc.). *«Les recherches sont menées dans l'optique de réduire les coûts d'investissement»*, explique Jean-Pierre Joly, directeur général de l'Ines. Les scientifiques travaillent ainsi à l'optimisation des coûts de fabrication des cellules en

silicium et surtout à l'amélioration de leur rendement. L'Ines a obtenu récemment des résultats exceptionnels avec le développement de cellules photovoltaïques (du type hétérojonction à silicium amorphe), atteignant des rendements de 20% pour un coût de production quasiment identique aux cellules classiques. *«Pour cette technologie, c'est le double de ce que nous étions capables de faire en 2008, ce qui nous amène aujourd'hui au meilleur niveau mondial»*, souligne Dick Heslinga, responsable du Laboratoire des composants photovoltaïques au CEA-Liten. Les chercheurs ne comptent pas s'arrêter là. Ils travaillent sur l'aminçissement de la plaque de silicium monocristallin de leurs cellules à hétérojonction, avec, à

▲ Caractérisation des cellules photovoltaïques dans la plateforme Restaure de l'Ines.



© P. Dumas/CEA

MOBILITÉ SOLAIRE

LE SOLEIL DANS LA MAISON ET DANS LA VOITURE

Demain, l'alimentation en électricité de la maison et celle de la voiture ne feront plus qu'une. Tel est l'objectif du concept de «mobilité solaire» développé par les chercheurs de l'Ines. Car si le bâtiment détient la palme de la consommation énergétique française avec 42%, il est suivi de près par le secteur des transports, qui représente 31%. Dans un premier temps, les recherches, menées dans

le cadre du projet DHRT2¹, visent à recharger des voitures hybrides grâce au toit photovoltaïque d'un parking couvert. *«L'équation est cohérente: un module photovoltaïque de la taille d'une place de parking peut alimenter une voiture pour rouler près de 35 km par jour»*, commente Franck Barruel, ingénieur chercheur au Laboratoire des systèmes solaires du CEA-Liten de l'Ines. Dix véhicules hybrides sont ainsi testés sur le parking solaire installé à l'Ines, à

Grenoble, ainsi que sur la plateforme Incas. La moitié des salariés français travaillant à moins de 10 km de leur domicile, ces parkings solaires pourraient couvrir la quasi-totalité des besoins énergétiques des déplacements travail-domicile. Le concept de mobilité solaire se projette également dans un futur où le réseau électrique serait fortement composé d'énergies intermittentes (solaire, éolien), alimentant des véhicules électriques. Leurs batteries seraient utilisées pour participer à l'équilibrage du réseau: la voiture serait rechargée en période creuse et, restant au garage environ 90% du temps, elle viendrait par exemple en soutien de la consommation du bâtiment en période de



▲ Banc d'ensoleillement artificiel de l'Ines, pour tester les performances des capteurs solaires thermiques.

la clé, une économie conséquente. En effet, le matériau intervient à hauteur de 30% du prix total d'un panneau photovoltaïque. Désormais, ces recherches sont menées dans le cadre du Laboratoire des matériaux et procédés pour le solaire (LMPS) qui vient d'être créé par le CEA-Liten à l'Ines.

Le solaire thermique est également un enjeu majeur dans la conception de bâtiments basse consommation, car près des trois quarts de l'énergie domestique sont consacrés, en France, au chauffage et à l'eau chaude sanitaire. Si des chauffe-eau solaires commencent à fleurir sur les toits des maisons individuelles, leur adaptation aux habitats

« Le rendement de nos cellules photovoltaïques a doublé depuis 2008, ce qui nous amène aujourd'hui au meilleur niveau mondial. »

Dick Heslinga, responsable du Laboratoire des composants photovoltaïques (LCP)

collectifs peut être encore optimisée. « Nous avons démarré à l'Ines l'étude des solutions "collectif-individualisé" : le capteur de chaleur sera placé sur le toit pour l'ensemble du bâtiment, et chaque logement possèdera son propre ballon de stockage » explique Philippe Papillon, chercheur au Laboratoire des systèmes thermiques (LETh) du CEA-Liten. Mais l'avenir du solaire thermique ne se limite pas à l'eau chaude. Grâce à lui, des systèmes de chauffage et de rafraîchissement solaire peuvent être alimentés, donnant lieu à d'autres projets du laboratoire.

Des tests «grandeur nature»

Pour éprouver en fonctionnement réel tous ces prototypes, l'Ines s'est doté d'une plateforme unique en France baptisée Incas. Deux maisons expérimentales à très haute efficacité énergétique et équipées de capteurs de mesure permettent d'analyser la gestion des flux énergétiques entre une consommation simulée, la production solaire active et les échanges thermiques passifs comme l'apport solaire à travers les fenêtres ou les pertes par ventilation. L'objectif est d'optimiser l'ensemble en fonction du climat, de l'orientation, de l'inclinaison des panneaux photovoltaïques, etc. Quatre autres maisons devraient être construites prochainement. L'un des grands

>>>



pointe ou même en cas de panne. « Quoique futuriste, le concept de mobilité solaire pourrait se concrétiser d'ici 5 ans », assure le chercheur, qui va engager des tests sur le chargeur bidirectionnel du véhicule Renault, dans le cadre du projet Velcri².

notes : 1. Démonstrateur hybride rechargeable Toyota II.
2. Véhicule électrique à charge rapide intégrée, projet mené par un consortium incluant notamment le CEA.

note : 1. Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et des nanomatériaux.

>>> objectifs d'Incas est aussi de tester l'intégration des installations solaires au bâtiment, et notamment des panneaux photovoltaïques. Cette technologie est en plein essor depuis 2006 grâce à de vigoureuses incitations financières : le kWh issu du solaire intégré est racheté par EDF deux fois plus cher que celui d'un panneau photovoltaïque ! Un toit en panneaux photovoltaïques est très discret dans l'environnement, permet d'assurer l'étanchéité tout en produisant de l'énergie, diminuant de fait la quantité globale de matériaux utilisés.

La ventilation, une contrainte mais aussi un avantage

Quelques règles sont cependant à respecter comme, notamment, ventiler la toiture pour éviter que la température des panneaux ne grimpe, ce qui baisserait le rendement et accélérerait le vieillissement de l'installation. L'architecture doit s'adapter à cette contrainte de ventilation mais elle peut aussi en tirer parti. « Nous réfléchissons à la manière d'exploiter ce surplus de chaleur, en hiver par exemple. Il serait possible de faire passer les bouches d'aération de la maison sous la toiture solaire ; l'air frais pénétrant à l'intérieur se chaufferait à son contact, ce serait autant d'énergie de chauffage économisée. Il faudrait, bien sûr, inverser le flux en été », explique Benjamin Boillot, chercheur au Laboratoire d'énergétique du bâtiment. Une autre piste intéressante consiste à exploiter cet air chauffé pour améliorer le rendement d'une pompe à chaleur air/eau ou air/air. L'autre grande voie d'avenir pour atteindre l'objectif d'un bâtiment à énergie positive d'ici 2020 est la gestion automatisée ou « intelligente » de l'énergie. Un système de

L'autre grande voie d'avenir est la gestion automatisée ou « intelligente » de l'énergie

contrôle dans la maison permettrait, par exemple, de commander l'arrêt et la reprise du chauffage en fonction de plusieurs paramètres comme la température, les apports solaires passifs, l'inertie thermique du logement ou le temps qu'il va faire. Ce système intelligent pourrait aussi décaler la mise en marche d'un lave-vaisselle ou d'une machine à laver pour lisser les pointes de consommation, facilitant ainsi l'intégration d'énergies intermittentes comme le solaire ou l'éolien dans le réseau électrique. De tels systèmes de gestion seront dotés de capacités d'apprentissage et seront basés sur des algorithmes pour trouver le meilleur compromis entre confort énergétique, coût environnemental et coût économique. La filière Réseaux et gestion de l'énergie (RGE) de l'Ines va débiter le projet ReActivHome² sur la gestion intelligente de l'énergie dans le bâtiment.

« Le principal verrou technologique à lever est l'aspect plug and play (en français : « branche et utilise »). Cette procédure permet à des appareils nouvellement installés d'être reconnus automatiquement par le système de gestion du réseau électrique », explique Xavier Le Pivert, responsable de cette filière.

Entre technologies *high tech*, algorithmes de modélisation et bon sens architectural, l'énergie solaire a de beaux jours devant elle. ■

note : 2. Financé par l'Agence nationale de la recherche.

Dépôt de résine dans la salle de photolithographie de la plateforme Restaure de l'Ines.



À la pointe

AU MENU, MAI VARIÉ

En mai, fais ce qu'il te plaît! Ainsi, les chercheurs du CEA explorent des pistes aussi variées que la disparition des dinosaures, l'élimination des excès de cuivre du foie, l'infiltration du VIH dans le système immunitaire ou encore l'adaptation des plantes au changement climatique...

AUX SOURCES DU CYCLE DU CARBONE

Pour la première fois, une étude menée par des chercheurs du LSCE démontre la contribution importante du fer des sources hydrothermales au cycle du carbone. Le fer favorise en effet le développement de micro-organismes marins qui captent le carbone. Assurant un apport de fer dans l'océan relativement constant sur de longues échelles de temps, les sources hydrothermales confortent dès lors le rôle de puits de carbone des océans et seront prises en compte dans les modèles climatiques.

© Photolib Noaa



© Getty Images

AU NANOMÈTRE PRÈS

Une rupture en métrologie vient d'être réalisée par une équipe du CEA-Léti à Minatoc : grâce à une nouvelle méthode industrialisable, l'incertitude de la mesure 3D des objets nanométriques n'est plus que de 1 nanomètre, contre 5 à 10 habituellement. Une précision importante lorsque l'on travaille sur des transistors de 28 nanomètres, par exemple. Ce jalon technologique a été franchi en adaptant une fonction d'un microscope à force atomique, et les essais réalisés chez IBM ont été probants.

373,995 °C

C'est la température critique de l'eau à une résolution inégalée obtenue par Declic, instrument embarqué à bord de l'ISS (station spatiale internationale), piloté en temps réel par des chercheurs du CEA et du CNRS. Plusieurs expériences en micropesanteur ont ainsi permis d'observer avec précision l'eau dans un état intermédiaire entre liquide et gaz, ce qui est impossible sur Terre.

LE MEURTRIER VENAIT DE L'ESPACE...

TEXTE : Xavier Muller

SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Les dinosaures ont bien pris le ciel sur la tête. Depuis trente ans, la controverse se poursuivait pour expliquer la fin brutale des grands reptiles à la fin du crétacé, il y a 65 millions d'années : supervolcanisme, baisse du niveau marin ou impact d'un astéroïde géant ? Une gigantesque **méta-étude** internationale, signée par 41 chercheurs, clôt aujourd'hui le débat : le meurtrier des dinosaures est l'astéroïde de 15 kilomètres de diamètre qui s'est écrasé à la pointe du Yucatan, sur la frange Atlantique du Mexique.

« Les principaux arguments définitifs sont la présence de **quartz choqués** et de spinelle nickelifère (un oxyde de fer riche en nickel) dans les sédiments marquant la fin du crétacé », expose Éric Robin, chercheur au LSCE et unique français signataire. Seule l'arrivée d'une météorite sur Terre produit ces minéraux, inconnus dans la croûte et le manteau terrestres. La parfaite concordance à moins de cent ans près, limite de précision des instruments, entre la date de l'impact au Mexique et la fin « officielle » des dinosaures (qui

Quelques minutes après l'impact de l'astéroïde sur Terre, une boule de feu s'est propagée dans un rayon de 1 500 km, tandis qu'un tsunami haut de 2 km submergeait les côtes

correspond en fait à la disparition de **foraminifères**) vient également confirmer la culpabilité de l'astéroïde.

Selon des simulations numériques, le scénario catastrophe aurait commencé par l'impact proprement dit, égal en énergie à 10 milliards de bombes atomiques ! En quelques minutes, une boule de feu s'est propagée à 1 500 kilomètres alentour, entraînant la combustion spontanée de toute végétation, en même temps qu'un tsunami haut de deux kilomètres submergeait les côtes. L'émission de soufre et de polluants lors de la collision a provoqué un refroidissement global (- 10 °C), des pluies acides et, à plus long terme, l'intoxication de la majorité des espèces animales encore vivantes, dont les dinosaures.

Méta-étude // Étude faisant le bilan d'études antérieures.

Quartz choqués // Variétés de quartz ayant été soumis à des pressions énormes.

Foraminifères // Organismes unicellulaires marins.

RETIRER AU VIH SON TITRE DE TRANSPORT

TEXTE : Aude Ganier

BIOLOGIE STRUCTURALE

Empêcher le virus VIH de s'infiltrer dans le système immunitaire de l'organisme, voilà ce à quoi travaille une équipe de biologistes et de chimistes de l'Institut de biologie structurale de Grenoble (CEA, CNRS, université Joseph-Fourier), en collaboration avec des chimistes des universités de Milan et de Séville. En mimant la nature, ils sont parvenus à inventer une molécule capable de détourner le VIH de sa proie, à savoir les **lymphocytes T**. Alors que la trithérapie agit sur le cycle du VIH dans ces cellules, la parade envisagée ici consiste à intervenir en amont du processus destructeur du VIH, dans une démarche préventive. Pour comprendre le *modus operandi* du virus et la manière dont il pourrait être contourné, Franck Fieschi, biologiste au CEA, revient sur les mécanismes de défense de notre organisme : « Dès qu'il pénètre dans le corps, par l'épiderme ou les muqueuses, un pathogène est repéré par les sentinelles du système immunitaire : les cellules dendritiques. Celles-ci ont à leur surface plusieurs récepteurs, dont le DC-SIGN, qui reconnaissent et capturent le pathogène. Les cellules dendritiques quittent alors le

Lymphocytes T // Cellules du système immunitaire qui prolifèrent après contact avec un agent pathogène pour activer d'autres cellules qui se chargeront de l'éliminer.
Organes lymphoïdes // Organes où mûrissent les lymphocytes T, comme le thymus ou la moelle osseuse.

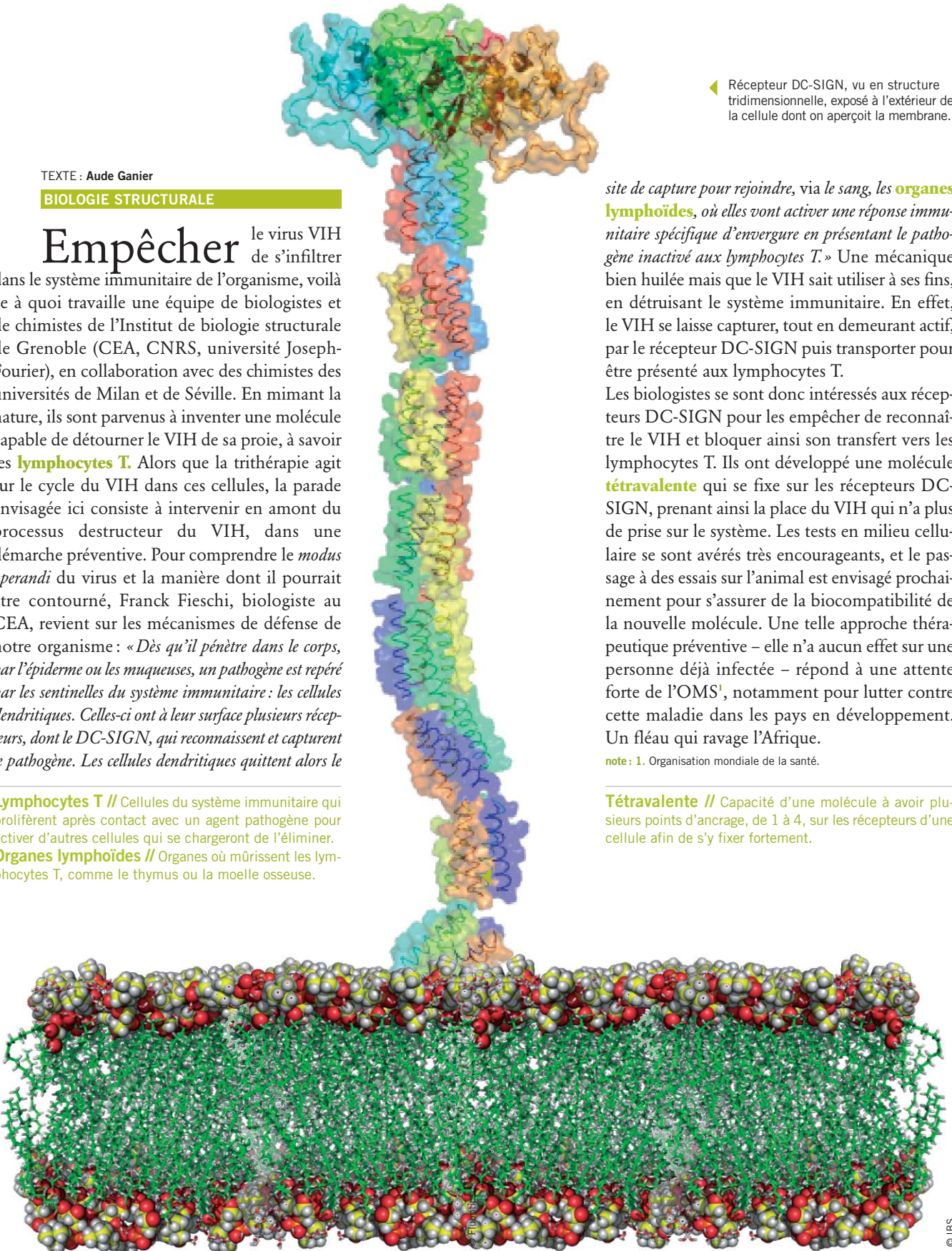
◀ Récepteur DC-SIGN, vu en structure tridimensionnelle, exposé à l'extérieur de la cellule dont on aperçoit la membrane.

site de capture pour rejoindre, via le sang, les **organes lymphoïdes**, où elles vont activer une réponse immunitaire spécifique d'envergure en présentant le pathogène inactivé aux lymphocytes T. » Une mécanique bien huilée mais que le VIH sait utiliser à ses fins, en détruisant le système immunitaire. En effet, le VIH se laisse capturer, tout en demeurant actif, par le récepteur DC-SIGN puis transporter pour être présenté aux lymphocytes T.

Les biologistes se sont donc intéressés aux récepteurs DC-SIGN pour les empêcher de reconnaître le VIH et bloquer ainsi son transfert vers les lymphocytes T. Ils ont développé une molécule **tétravalente** qui se fixe sur les récepteurs DC-SIGN, prenant ainsi la place du VIH qui n'a plus de prise sur le système. Les tests en milieu cellulaire se sont avérés très encourageants, et le passage à des essais sur l'animal est envisagé prochainement pour s'assurer de la biocompatibilité de la nouvelle molécule. Une telle approche thérapeutique préventive – elle n'a aucun effet sur une personne déjà infectée – répond à une attente forte de l'OMS¹, notamment pour lutter contre cette maladie dans les pays en développement. Un fléau qui ravage l'Afrique.

note : 1. Organisation mondiale de la santé.

Tétravalente // Capacité d'une molécule à avoir plusieurs points d'ancrage, de 1 à 4, sur les récepteurs d'une cellule afin de s'y fixer fortement.



ENZYMES ANTI-STRESS POUR PLANTES

TEXTE : Stéphanie Delage

RECHERCHE FONDAMENTALE

Comment les plantes se protègent-elles de conditions climatiques sévères ? Des chercheurs du Laboratoire d'écophysiologie moléculaire des plantes, au CEA de Cadarache, ont découvert deux enzymes capables de réparer les méfaits des basses températures, du manque d'eau ou d'un excès d'ensoleillement chez les végétaux. « Leur effet protecteur a été mis en évidence chez la plante modèle *arabidopsis*, de la famille du colza, explique Pascal Rey, chercheur au Lemp. Nous avons en effet observé qu'un plant d'*arabidopsis* modifié pour ne plus exprimer ces deux enzymes, appelées *MSRB*, poussait beaucoup moins bien qu'un plant non modifié, en conditions climatiques difficiles. » En effet, lorsqu'un végétal subit un stress environnemental, certaines des protéines nécessaires à sa croissance s'oxydent et se désactivent. Les *MSRB* interviennent alors pour les réparer et les réactiver. « Nous cherchons actuellement à identifier les protéines qui sont réparées par les *MSRB*. Nous collaborons aussi avec des laboratoires étrangers pour caractériser des plantes qui présentent ces deux enzymes en abondance et qui pourraient ainsi être plus adaptées aux contraintes cli-

matiques », précise Pascal Rey. Par ailleurs, le pouvoir antioxydant des *MSRB* leur confère un rôle anti-âge qui pourrait permettre de prolonger la durée de vie des semences.

Plants d'*arabidopsis* utilisés dans les travaux de recherche sur la résistance des végétaux aux contraintes climatiques.



© P. DumasCEA

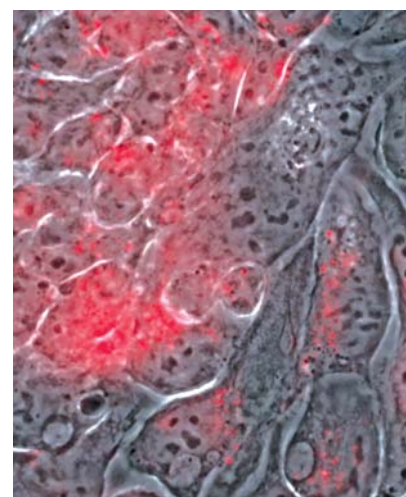
TEXTE : Vahé Ter Minassian

TECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ

UNE MOLÉCULE POUR DÉTOXIFIER LE FOIE

Si le cuivre est indispensable à la vie, son accumulation excessive dans l'organisme peut s'avérer toxique. Chez les patients atteints de la **maladie de Wilson** (maladie génétique rare, qui touche 1 personne sur 40 000), la présence de ce métal en grandes quantités dans les cellules du foie induit de graves dérèglements pouvant nécessiter une transplantation. Le foie pourrait-il être débarrassé de l'excès de cuivre ? Des chercheurs du CEA ont peut-être trouvé le moyen. L'équipe de Pascale Delangle, du CEA-Inac¹ à Grenoble, a en effet mis au point une molécule capable de piéger le cuivre sous une forme où il est prédominant dans les cellules.

La plupart des métaux que l'on trouve dans les organismes vivants sont des ions. Dans le sang, l'eau ou l'alimentation, le cuivre est à l'état « oxydé ». Dans les cellules, il est sous une forme dite « réduite » qui, expliquent les chimistes, lui confère naturellement une grande affinité pour les composés soufrés. Les protéines chargées de transporter et de stocker le cuivre dans les cellules de notre organisme sont ainsi constituées d'un grand nombre d'acides aminés soufrés, les cystéines. D'où l'idée de Pascale Delangle et de ses collègues de synthétiser une molécule qui, contenant trois groupements cystéines, permettrait de capter le cuivre à l'intérieur des cellules. Dérivée d'un composé habituellement utilisé dans les



Présence de cuivre dans des cellules du foie.



© P. Stroppa/CEA

lessives, cette molécule s'est ainsi avérée capable de piéger efficacement le cuivre sous sa forme réduite. Et cela sans interférer avec les ions d'autres métaux, comme le zinc également présent dans les cellules.

Après ces premiers résultats *in vitro* encourageants, ce « chasseur de cuivre » a été modifié de façon à pouvoir pénétrer dans les **hépatocytes**. Les tests en cours au Laboratoire de chimie et de biologie des métaux (LCBM) du CEA à Grenoble donnent des résultats concluants sur ce point. Reste maintenant aux scientifiques à montrer qu'une fois à l'intérieur des cellules, la molécule est efficace pour piéger le cuivre, et ensuite faciliter son excrétion.

note : 1. Voir rubrique « Et aussi », page 3.

Hépatocytes // cellules du foie.

◀ Caméra haute résolution de tomographie à émission de positons (TEP) destinée à la recherche en neurologie.

LES NOUVEAUX RADIOTRACEURS SONT AU FLUOR

TEXTE : V. T. M.

IMAGERIE MÉDICALE

Très utilisée pour la recherche sur les pathologies du cerveau, l'imagerie médicale moléculaire par tomographie par émission de positons (TEP) est une technique de diagnostic non invasive. Elle est basée sur l'injection chez le patient d'un radiotracer, molécule marquée par un émetteur de positons, qui atteint les **cibles biologiques** que le médecin souhaite explorer.

L'équipe de Bertrand Tavitian et de Frédéric Dollé du Service hospitalier Frédéric-Joliot (SHFJ) du CEA-I²BM¹ vient de développer de nouveaux radiotraceurs pour une cible particulière : un récepteur surexprimé dans les **cellules microgliales** de patients atteints de maladies neurologiques comme la maladie d'Alzheimer et la sclérose en plaques. Ces radiotraceurs permettraient d'améliorer les recherches en imagerie de l'inflammation cérébrale, mais ils pourraient également être, à terme, proposés dans des centres de médecine nucléaire d'Ile-de-France. Jusqu'à présent, les spécialistes utilisaient une molécule marquée au carbone 11. Comme la durée de vie de cet élément n'est que de vingt minutes, une TEP ne pouvait être réalisée que sur le lieu même de production du radiotracer. En France, seuls deux ou trois centres de recherche étaient en mesure de le produire et de réaliser cet examen sur place.

Développés depuis plusieurs années par le Laboratoire d'imagerie moléculaire expérimentale (CEA-Inserm-Université) et par le Laboratoire de radiochimie et de radiopharmacie (CEA), ces nouveaux radiotraceurs contiennent du fluor 18, un élément d'une durée de vie de 109 minutes. Conséquences : ils sont utilisables sur une plus longue période (quelques heures contre une heure seulement avec le carbone 11), et peuvent être transportés pour une utilisation dans les hôpitaux situés à moins de deux heures de son lieu de production. Sous réserve que les essais cliniques en cours soient concluants, leur usage pourrait être un jour généralisé, permettant ainsi une détection directe et précoce de l'inflammation cérébrale, et donc des maladies qui lui sont associées.

note : 1. Voir rubrique « Et aussi », page 3.

Positon // Électron positif.

Cibles biologiques // Récepteurs cellulaires, enzymes...

Cellules microgliales // Cellules du cerveau chargées de la réponse immunitaire

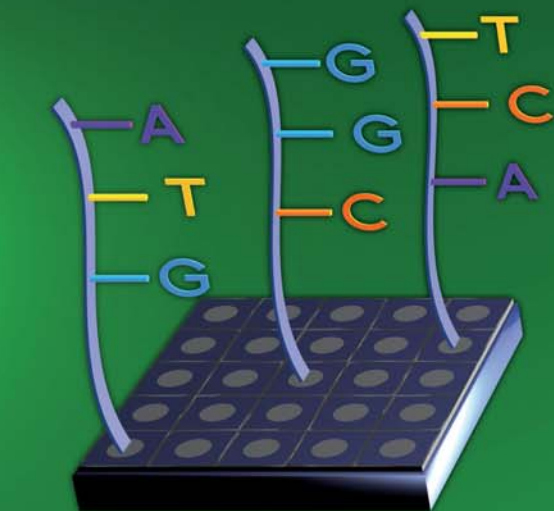
Utilisées notamment en médecine, les puces à ADN permettent de diagnostiquer certaines maladies ou d'en dépister les prédispositions chez un patient.

Les puces à ADN

ADN et ARN

>> L'ADN est une molécule formée de deux brins constitués de milliard de bases A, T, G et C. Ces brins sont appariés selon la complémentarité de ces bases : A s'unit exclusivement avec T, et C avec G. Le principe de la puce à ADN repose sur cette propriété, qui lie deux brins d'ADN complémentaires.

>> L'ADN est localisé dans le noyau des cellules. Les gènes codés par l'ADN sont transcrits en ARN messagers (ARNm) pour sortir du noyau et pouvoir exprimer des informations génétiques. Les ARNm vont ainsi rejoindre la machinerie cellulaire capable de lire ces messages et de les traduire pour fabriquer des protéines.

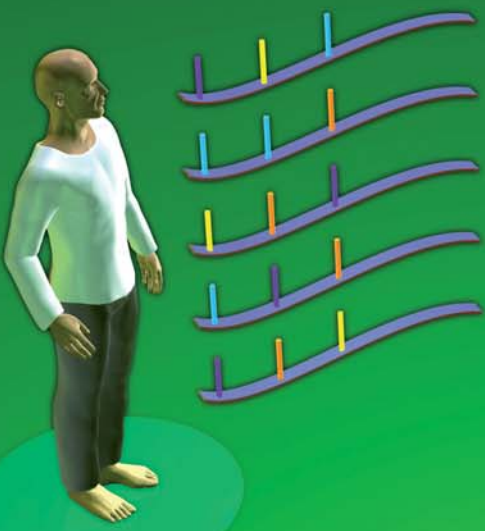


1 PRÉPARATION D'UNE PUCE À ADN

Sur quelques cm² d'un support solide (verre, silicium, polymère...) sont greffées plusieurs centaines (jusqu'à plusieurs milliers) de petits fragments d'ADN de séquences connues et spécifiques d'une ou plusieurs maladies. Ce sont les ADN sondes.

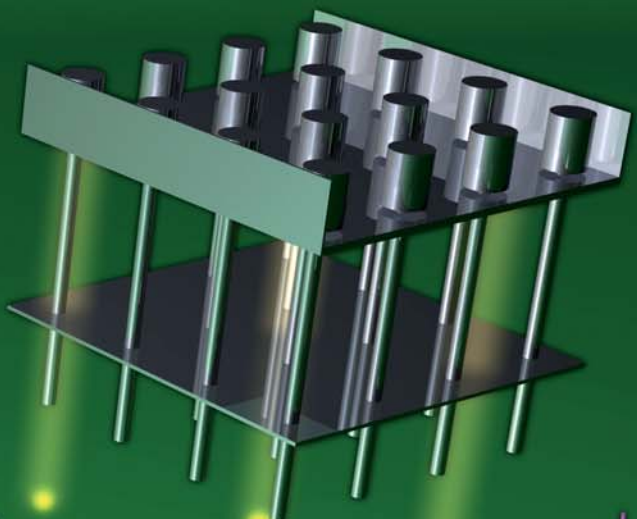
2 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

Sur un patient atteint d'une maladie génétique, des cellules que l'on souhaite identifier sont prélevées. Les ARN messagers (ARNm) en sont extraits, purifiés et recopiés en brins d'ADN. C'est l'ADN cible. L'extraction de ces ARNm permet d'identifier les gènes qui s'expriment effectivement chez le patient.



3 MULTIPLICATION ET MARQUAGE

L'ADN cible est reproduit en milliers de copies. Chaque copie est marquée avec une molécule fluorescente.



4 APPARIEMENT

Les brins d'ADN cible sont déposés sur une puce où ont été préalablement fixés les brins d'ADN sondes représentatifs de diverses maladies. Ils se lient aux brins d'ADN sonde lorsqu'ils sont complémentaires, ce qui permet d'établir un diagnostic du patient. Les brins d'ADN cibles qui ne se sont pas appariés sont éliminés par rinçage.

5 DÉTECTION ET ANALYSE

Les puces sont placées dans un lecteur qui met en évidence les appariements grâce à la fluorescence des brins d'ADN cible qui se sont liés aux brins d'ADN sonde. Les données sont analysées par un logiciel couplé au lecteur, et les résultats sont visualisés.



AU CEA

Le laboratoire Biopuces du CEA, au sein de l'Institut de recherche en technologies et sciences pour le vivant (IRTSV), développe différents types de biopuce, des puces à ADN et notamment des puces à cellules, en s'appuyant sur des compétences dans les domaines de la biologie, des nano- et microtechnologies, de la chimie de surface, de la détection optique et électronique, de la modélisation et de la bio-informatique.

PROPOS RECUEILLIS PAR : Aude Ganier

LE SOUFFLE DU FROID ET DU CHAUD

3 QUESTIONS À GILLES RAMSTEIN

L'explosion de l'Eyjafjöll n'a pas seulement perturbé le trafic aérien. Ses nuages de cendres volcaniques pourraient aussi affecter les conditions climatiques en engendrant un léger refroidissement. Le point avec le climatologue Gilles Ramstein.

Gilles Ramstein,
climatologue au LSCE¹.

LES DÉFIS DU CEA L'éruption du volcan Eyjafjöll aura-t-elle un impact sur le climat ?

G. R. | L'influence d'une éruption volcanique sur le climat s'évalue au regard de son impact **radiatif**, impact qui perturbe la pénétration des rayons solaires dans l'atmosphère. Celui de l'Eyjafjöll devrait être *a priori* minime, avec un refroidissement global de quelques dixièmes de degré. Et cela, en comparaison avec l'explosion du Pinatubo, aux Philippines en 1991, notre référence

LES DÉFIS DU CEA Comment s'explique ce phénomène de refroidissement ?

G. R. | Le refroidissement dépend de plusieurs paramètres, dont celui de la nature des particules des nuages de cendres ou de fumées. Leurs propriétés optiques ne sont en effet pas les mêmes : par exemple, les sulfates réfléchissent plus la lumière que les carbones qui l'absorbent, contribuant ainsi au refroidissement car empêchant les rayons solaires d'arriver jusqu'aux sols. De même, la hauteur des nuages de particules conditionne la durée de leur présence dans l'atmosphère. Lorsqu'ils parviennent jusqu'à la stratosphère (à partir de 10 km) qui est un milieu sec, ils resteront plus longtemps car ils ne pourront être lessivés. Soumis aux **jets**, ils seront transportés jusque vers les pôles – comme ce fut le cas pour le Pinatubo. Lorsque les particules restent dans les basses couches de l'atmosphère, comme celles émises par l'Eyjafjöll, soit elles seront exposées aux grandes précipitations et retomberont rapidement, soit, elles finiront par tomber lentement par gravité, même s'il ne pleut pas.

REPÈRES

0,1 °C

Refroidissement global qui serait induit par l'éruption de l'Eyjafjöll, en avril 2010.

0,4 °C

Refroidissement global provoqué par l'explosion du Pinatubo, en décembre 1991.

0,7 °C

Réchauffement global de nature, en partie anthropique, depuis 1850.

puisque'elle est la mieux documentée et simulée dans nos modèles climatiques. Les températures avaient chuté de 0,4 °C juste après son éruption. Un refroidissement global avait alors été mesuré pendant deux ans, et, au niveau local, les saisons suivantes avaient été fortement perturbées. L'impact global reste ponctuel car le climat a fini par se rétablir, deux à trois ans après. Pour que le refroidissement soit durable, cela supposerait une série d'éruptions dans un court laps de temps, ce qui est rarissime. C'est sans doute ce qui s'est produit au XIII^e siècle, avec un refroidissement de 1,5 °C, ce qui correspond par ailleurs à la transition de l'Optimum médiéval et du Petit Âge glaciaire telle que nous avons pu l'observer dans l'analyse chimique des glaces polaires.

LES DÉFIS DU CEA Le réchauffement climatique, notamment à travers la fonte des glaciers, a-t-il un impact sur les éruptions volcaniques ?

G. R. | Il n'y a pas de lien clairement établi entre la fonte des glaciers et les éruptions volcaniques. Il est vrai que lorsque ces derniers fondent, la **lithosphère** est moins comprimée, elle est en quelque sorte délestée. Mais nous n'avons actuellement aucune preuve tangible que la fonte des glaciers induit une augmentation des éruptions.

note 1. Voir p. 3, rubrique « Et aussi... ».

Radiatif // Dans ce contexte : perturbation de la pénétration des rayons et de l'énergie solaire dans l'atmosphère.

Jets // Grands courants aériens parcourant la stratosphère.

Lithosphère // Première couche superficielle de la croûte terrestre, formée par les plaques des continents.

La mer nourricière

Les océans constituent un puits de CO₂ majeur grâce à leurs écosystèmes qui absorbent chaque année près du tiers des émissions anthropiques de carbone. Mais plusieurs menaces pèsent sur eux : changement climatique, acidification, pollutions... Quelles sont alors les conséquences alimentaires, sachant que plus de 105 millions de tonnes de poissons sont retirées annuellement des océans par la pêche artisanale et industrielle ? Réponses dans ce nouvel opus des Petites Pommes du savoir. —

Les poissons vont-ils mourir de faim (et nous avec) ? | Laurent Bopp | Le Pommier | 4,60 €

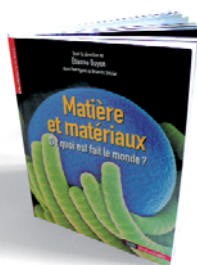
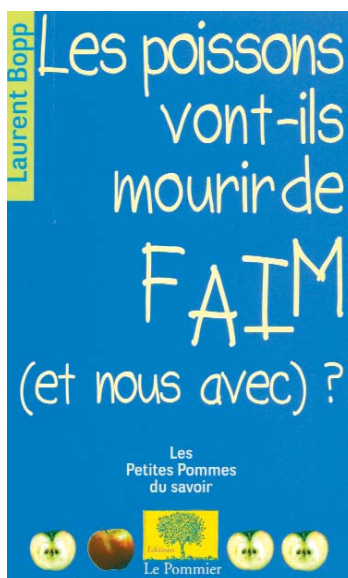


Table des matières

Quel est le point commun entre une tige de rhu-barbe, une poutre en béton et les vitres de la pyramide du Louvre ? La fibre de l'agave *americana* pourrait-elle remplacer le coton ? Quel est le secret du glaci des Primitifs flamands ? Mêlant biologie, physique et chimie, ce livre propose un passionnant voyage dans toutes les échelles de la matière : la matière à construire, à se nourrir, à se déplacer, à se vêtir ou encore celle de l'art et de la beauté... —

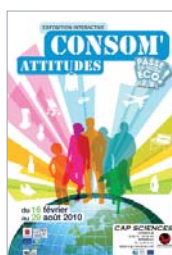
Matière et matériaux. De quoi est fait le monde ? | Sous la direction d'Étienne Guyon | Éditions Belin | 27,50 €



Énigmes pour fines mouches

Plonger dans l'univers des énigmes quotidiennes que les scientifiques décortiquent pour en apprendre toujours plus sur notre monde. Pourquoi y a-t-il toujours la queue aux toilettes des filles ? Pourquoi le flamant rose se tient-il sur une patte ? De l'utilité de l'appendice vermiculaire aux pieds qui sentent le fromage, en passant par les objets géocroiseurs, il y en a pour tous les goûts ! —

Pourquoi les mouches aiment-elles les crottes ? | Caroline Lepage | Éditions EDP Sciences | 15 €



Expo à consommer

Voici une exposition qui propose un voyage inédit autour de la consommation au cœur de nos modes de vie. Quels rôles jouent les besoins, le plaisir, la société, les sciences et les techniques ? Quelles sont les incidences de la consommation sur la santé, les inégalités sociales ou encore le réchauffement climatique ? Plusieurs modules scéniques et espaces multimédias proposent de réfléchir à ces questions et d'entrevoir des éléments de réponse. —

Consum'attitudes | Cap Sciences, Bordeaux | Jusqu'au 29 août



Une faim monstrueuse

Les dinosaures font leur retour au Palais de la découverte. Il s'agit, cette fois, de comprendre leurs habitudes alimentaires. Les dinosaures végétariens mangeaient des plantes mais, en l'absence d'herbe à cette époque, de quels végétaux se nourrissaient-ils ? L'observation de modèles animés très réalistes, des reconstitutions grandeur nature de squelettes, la reproduction d'un chantier de fouilles permettent de mener l'enquête sur les brachiosaures, edmontosaures et autres tyrannosaures. —

La Faim des dinosaures | Palais de la découverte Paris | Jusqu'au 1^{er} septembre

ABONNEMENT
GRATUIT



Abonnement en ligne sur <http://defis.cea.fr> ou par courrier, en nous faisant parvenir sur papier libre vos nom, prénom, adresse et profession à :
Les Défis du CEA, Abonnement, CEA-Bâtiment siège, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France.



QUE VOUS SUGGÈRE CETTE IMAGE ?

1. Surface conductrice d'un aimant
du Cern
2. Réservoir d'hydrogène
3. Revêtement interne pour tokamak

> Il s'agit d'un réservoir d'hydrogène réalisé par enroulement filamentaire. Cette technologie permet la dépose de couches successives de fibres de carbone imprégnées de résine avec des angles variables définis pour un comportement thermomécanique optimal de la structure. Ces recherches sont menées au centre CEA du Ripault.