les défis du cea

Le magazine de la recherche et de ses applications

170

Mai 2012

GRAND ANGLE

LES MOTEURS PASSENT AU VERT

COUP DE PROJECTEUR

TARA OCÉANS : LE PLANCTON, NOUVELLE *TERRA INCOGNITA*

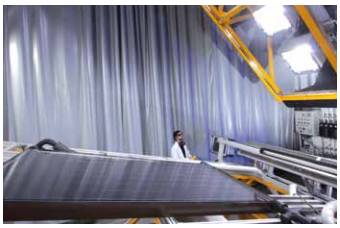
TOUT S'EXPLIQUE

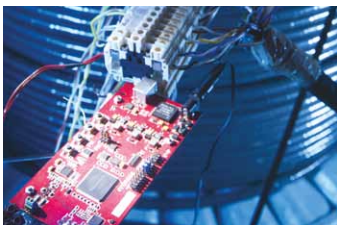
LES BIOCARBURANTS DE 2e GÉNÉRATION

cea

energie atomique • energies alternatives

SOMMAIRE
défis du cea 170





14 GRAND ANGLE
Les moteurs passent au vert
La hausse du prix du pétrole implique de trouver de nouvelles solutions énergétiques pour les transports. Le CEA explore notamment la piste des 2e et 3e générations de biocarburants à partir d'une biomasse non mobilisable à des fins alimentaires ou industrielles (résidus forestiers) et de micro-algues…

03 ACTUALITÉ

06 COUP DE PROJECTEUR
Tara Océans : le plancton, nouvelle *terra incognita*
Après deux ans et demi de périple sur les océans, la goélette Tara est rentrée à bon port en ce début de printemps 2012.

08 À LA POINTE
Le cerveau sous anesthésie 08
Avis de tempêtes solaires 09
Exposition réduite pour caractérisation ultra-précise 09
Hépatocytes et BMP9, un duo gagnant 10
Un fin limier dans les câbles 11

12 TOUT S'EXPLIQUE
Les biocarburants de 2e génération : générer, par traitement thermique de résidus forestiers, un mélange gazeux à partir duquel les hydrocarbures seront synthétisés.

22 À VOIR, À LIRE, À ÉCOUTER
Le CEA dans les médias 22
Kiosque 23
Sur le Web 23

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.

Éditeur Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, R. C. S. Paris B77568019 | **Directeur de la publication** Xavier Clément | **Rédactrice en chef** Aude Ganier | **Ont contribué à ce numéro** Stéphanie Delage, Claire El Medioni, Patrick Philippon et Vahé Ter Minassian | **Comité éditorial** Susana Bahri, Alexandra Bender, Thierry Bosc, Claire Abou, Elizabeth Lefevre-Remy, Sophie Martin, Brigitte Raffray, Emmanuelle Volant | **Iconographie** Micheline Bayard | **Infographie** Fabrice Mathé | **Photo de couverture** © Thinkstock / Vasiliki Varvaki | **Diffusion** Lucia Le Clech | **Conception et réalisation** www.rougevif.fr | N°ISSN 1163-619X |

Tous droits de reproduction réservés.

Ce magazine est imprimé sur du papier PEFC Magno Satin, issu de forêts gérées durablement. Imprimerie Sira.

VALORISATION DE LA RECHERCHE

3e POSITION POUR LE CEA

En 2011, le nombre de brevets publiés par le CEA le place juste derrière PSA Peugeot Citroën et le groupe Safran. Et, l'INPI[1] le classe à nouveau en tête des organismes de recherche, devant le CNRS (6e position) ou l'IFPEN (11e).

Avec 545 brevets publiés[2] (résultant de brevets déposés en 2009 et 2010), le CEA devance des groupes comme l'Oréal, EADS, Thales, Valeo ou Renault. *« Ces brevets sont un des éléments clés de notre politique de valorisation puisqu'ils garantissent aux industriels une protection de leurs travaux réalisés en partenariat avec nos laboratoires. Nous en avons d'ailleurs déposé 655 en 2011 »* explique Jean-Charles Guibert, directeur de la valorisation au CEA. En 2011, les équipes du CEA ont en effet travaillé sur plus de 2000 accords de collaboration qui ont généré 800 millions d'euros de recette. À noter : le CEA est le 1er déposant français de brevets par la procédure dite PCT qui facilite l'obtention d'une protection dans plusieurs pays à la fois.

Répartition des brevets déposés en 2011 par domaine d'activité du CEA

- **76 %** Recherche technologique (microélectronique, nouvelles technologies de l'énergie, instrumentation)
- **9 %** Énergie nucléaire
- **7 %** Sciences de la matière
- **5 %** Technologies pour la défense et la sécurité
- **3 %** Sciences du vivant

Notes :

1. *Institut national de la propriété industrielle.*

2. *Nombre qui représente une augmentation de 10 % par rapport à 2010.*

FUSION NUCLÉAIRE

LE SUPERCALCULATEUR HELIOS RAYONNE AU JAPON

Le supercalculateur Helios, l'un des plus puissants au monde, a été inauguré par Bull, le CEA, F4E[1] et JAEA[2] à Rokkasho au Japon. Avec une puissance de 1,5 pétaflop, il fournira les capacités de modélisation et de simulation prévues dans le cadre du programme dit de l'Approche Élargie associée à ITER (grand programme international ayant pour objectif de maîtriser la fusion nucléaire comme future source d'énergie). En avril 2011, le CEA avait été mandaté par la F4E pour organiser un « dialogue compétitif » afin de sélectionner l'industriel, en l'état Bull, qui serait en charge de l'équipement, de la maintenance et de l'exploitation du centre de calcul de Rokkasho, l'une des composantes de l'Approche Élargie.

Bernard Bigot et son homologue japonais du JAEA devant le supercalculateur Helios.

Notes :

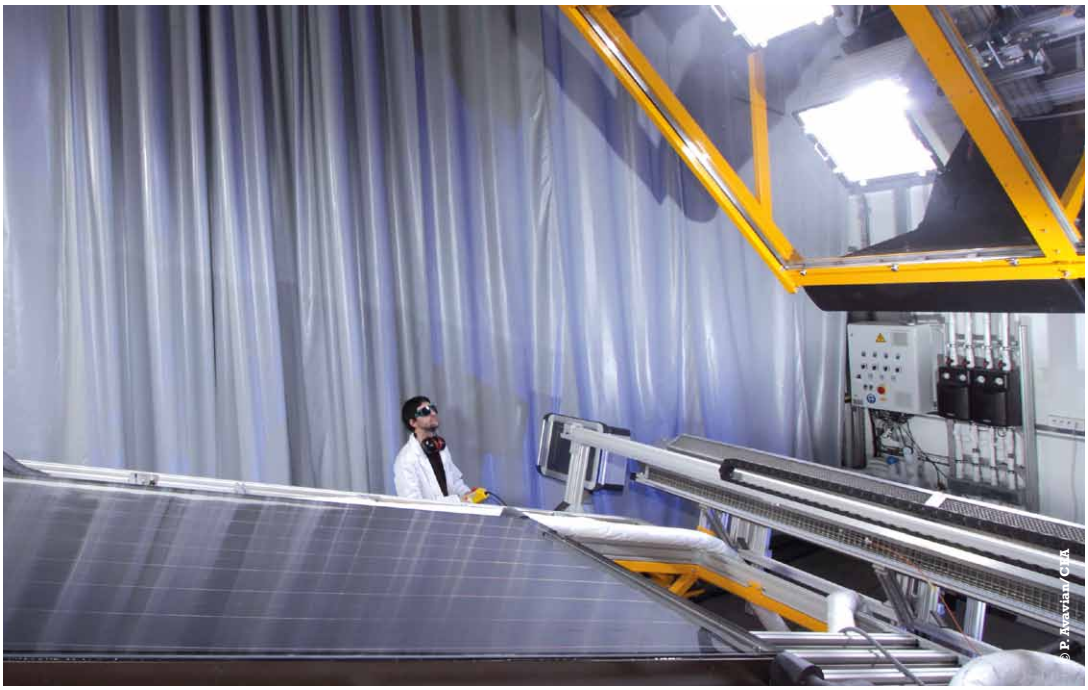
1. *Organisation européenne Fusion for energy qui coordonne la contribution de l'Union Européenne à l'Approche Élargie.*

2. *Japan Atomic Energy Agency qui coordonne la contribution du Japon à l'Approche Élargie.*

ÉNERGIE SOLAIRE

UN PARTENARIAT AU ZÉNITH

Le développement de la 2e génération de centrales solaires photovoltaïques à basse concentration est au cœur du partenariat signé entre le CEA-Liten et la société Axiosun, filiale du groupe Sunpartner. **D'une durée de 3 ans, cette collaboration vise l'augmentation du rendement des centrales** développées par Axiosun à destination des pays à fort ensoleillement, tout en œuvrant à la baisse du coût du kWh, de l'ordre de 20 % inférieur à la solution actuelle. Grâce aux technologies innovantes du CEA, il s'agira notamment d'améliorer la variation thermique des modules, les systèmes de miroirs et la qualification des chaînes optiques et électriques…

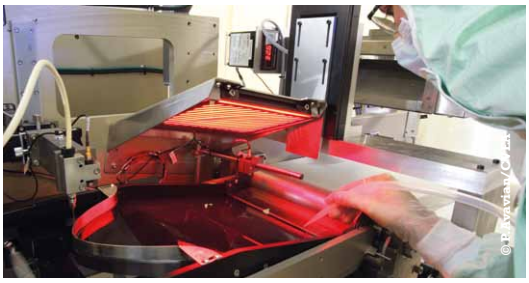


Banc d'ensoleillement artificiel pour tester les performances des capteurs solaires thermiques.

PRÉVENTION DES RISQUES

EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX NANOPARTICULES

Dans le cadre du plan Nano-INNOV[1], un groupe de travail composé de l'INERIS[2], du CEA et de l'INRS[3] a élaboré **un guide méthodologique pour définir les méthodes de caractérisation des émissions de nanoparticules aux postes de travail.** Ces recommandations décrivent le mode opératoire d'une meilleure évaluation des expositions professionnelles aux nanoparticules pour renforcer la sécurité et préserver la santé des opérateurs. Le guide cible toutes les opérations mettant en œuvre des nanomatériaux (ensemble de matériaux dont la surface ou le volume sont structurés à l'échelle nanométrique comme les poudres, les aérosols ou les gels…).



Machine de dépôt ordonné de micro ou nanoparticules.

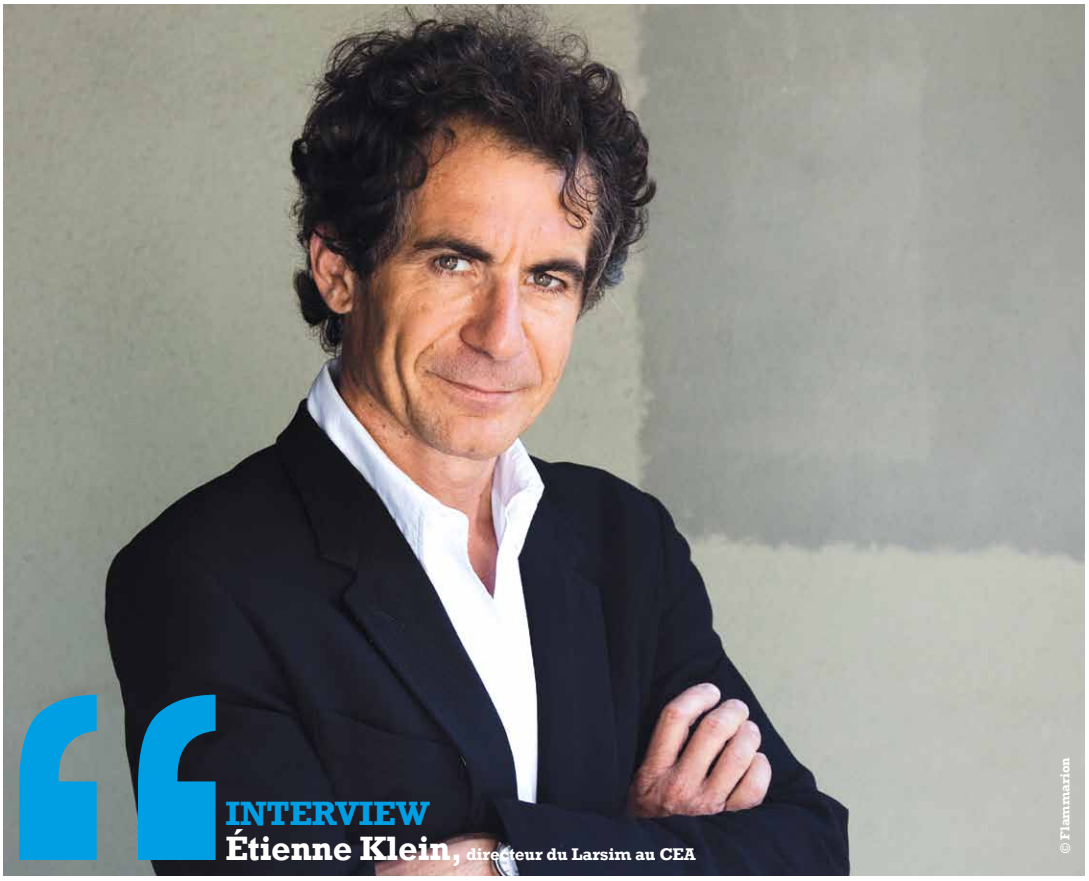
Notes :

1. *Stratégie d'innovation pour les nanotechnologies.*
2. *Institut national de l'environnement industriel et des risques.*
3. *Institut national de recherche et de sécurité.*

TEXTO

Ça avance pour Epure

La Direction des applications militaires du CEA a réuni, sur le site de Valduc, une cinquantaine d'industriels impliqués dans le projet Epure (expérience de physique utilisant la radiographie éclair). Au programme : suivi de l'avancement de ce programme majeur pour la dissuasion nucléaire et visite du chantier de la future installation. Installation construite dans le cadre du traité de Défense franco-britannique Teutatès, signé en novembre 2010, qui sera exploitée conjointement par les deux pays.



VOUS AVEZ DIT « ÉNERGIE » ?

Dans le cadre de la semaine durable[1], Étienne Klein, directeur du Larsim[2] au CEA, est allé à la rencontre des élèves du Lycée Louis-le-Grand à Paris pour leur parler d'énergie. Et ce n'est pas tant le « produit » énergie qui fut au cœur de sa conférence mais plutôt son « concept ». L'occasion pour le physicien de rendre justice, par les mots, à ce que l'on sait de l'énergie…

Pourquoi avoir choisi de parler de l'énergie sous l'angle du concept physique plutôt que comme ressource vitale ?

Le mot « énergie » est victime d'une polysémie fulgurante : dans le langage courant, il désigne tout aussi bien la force que la puissance, ou la vigueur, l'élan, le dynamisme, la volonté… Et comme ce mot fleure bon le Grec ancien, on s'imagine qu'il a toujours fait partie du vocabulaire scientifique.

Or l'énergie n'est devenue un concept central de la physique que dans la seconde moitié du XIXe siècle, lorsqu'il a été établi qu'elle obéit à une règle implacable, une loi de conservation : lorsque deux systèmes interagissent, ils échangent de l'énergie ; au cours de l'interaction, la somme des variations d'énergie dans le premier système se trouve toujours être l'opposée de la somme des variations d'énergie dans le second, de sorte que l'énergie globale est conservée. Cette découverte a exigé un long travail de clarification conceptuelle, preuve que le concept d'énergie, qui est en définitive très abstrait, n'est pas aussi intuitif qu'on pourrait le croire. D'ailleurs, le langage ne lui rend pas toujours justice : il est par exemple impropre de parler de « production » d'énergie, comme si l'énergie pouvait émerger du néant. Il ne s'agit jamais que de changement de la forme que prend l'énergie, ou de transfert d'énergie d'un système à un autre.

Quelle est la question qui vous a le plus surpris ?

Au cours de mon exposé, j'avais passé un long moment à décrire les diverses implications de la formule d'Einstein, $E = mc^2$ (voir colonne de droite). J'avais notamment expliqué que tout gramme d'aliment, qu'il s'agisse de beurre ou d'épinard, contient une énergie de masse égale à neuf mille milliards de joules, soit en principe de quoi nourrir un être humain pendant des milliers d'années… Une lycéenne, surprise par ces chiffres, m'a demandé pourquoi nous devions chaque jour avaler plus d'un kilo de nourriture pour alimenter en énergie notre métabolisme. Question ma foi fort judicieuse, dont je vous laisse trouver la réponse…

Les lycéens vous ont aussi interpellé sur l'énergie noire…

Oui, car ils ont entendu parler de cette entité qui accélère l'expansion de l'univers et se demandent si elle pourrait constituer dans le futur une source d'énergie exploitable par l'homme. Je leur ai répondu que cet espoir était largement prématuré, car nous ne savons toujours pas ce qu'est l'énergie noire, seulement qu'elle existe.

Propos recueillis par Aude Ganier

LE RAPPORT DE FORCES « QUANTITÉ DE MATIÈRE/QUANTITÉ D'ÉNERGIE »

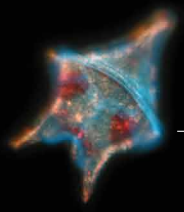
Pour produire 1 kWh, soit l'énergie cinétique d'un camion de 10 tonnes roulant à 100 km/h, il faut disposer d'une quantité de matière correspondant à :

- la chute de 10 tonnes d'eau d'une hauteur de 40 m (énergie hydraulique issue de l'interaction gravitationnelle) ;
- l'ingestion d'1 kg d'aliments (énergie calorifique issue de l'interaction électromagnétique) ;
- la fission de 10 mg d'uranium naturel ou la fusion de 1 mg de deutérium-tritium (énergie nucléaire provenant de l'interaction forte).

Notes :

1. *Manifestation nationale du 1er au 7 avril 2012.*
2. *Laboratoire des recherches sur les sciences de la matière.*

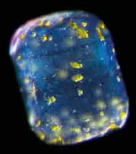
COUP DE PROJECTEUR



Dinoflagell
© C.Sardet/Tara Océans

Siphonophore
© C.Sardet/Tara Océans

Copépode Sapphirina
© C.Sardet/Tara Océans



Diatomée centrique
© C.Sardet/Tara Océans

Protistes et larves planctoniques
© C.Sardet/Tara Océans

Ptéropode à la silhouette d'éléphant, copépodes (en blanc) et un ostracode (orange)
© C.Sardet/Tara Océans

Physalia dans un bocal
© A.Deniaud/Tara Océans

© Digital Vision

3 000

C'est le nombre d'échantillons qui seront séquencés par les équipes du CEA-Genoscope, parmi les 40 000 prélevés lors de l'expédition.

TARA OCÉANS : LE PLANCTON, NOUVELLE *TERRA INCOGNITA*

Après deux ans et demi de périple sur les océans, la goélette Tara est rentrée à bon port en ce début de printemps 2012. Dans ses cales, 40 000 échantillons marins prélevés sur les 154 stations internationales de cette expédition scientifique sans précédent[1]. Objectif : effectuer le premier grand inventaire du plancton, écosystème marin le plus répandu mais aussi le moins connu. Une mission en partie confiée au CEA-Genoscope.

Il est présent dans tous les océans, et comprend des espèces allant du virus jusqu'à la méduse, en passant par des micro-organismes et des micro-algues. Sans lui, pas de poissons ! « *Le plancton est le premier maillon de la chaîne alimentaire. Et pourtant, nous ne connaissons pratiquement rien de lui* » indique Sophie Nicaud, l'une des quelque 100 scientifiques internationaux à s'être succédé à bord de Tara pour effectuer des prélèvements marins. Ces derniers ont permis de recueillir jusqu'à 40 000 échantillons dont une partie (3 000) a été remise aux équipes du CEA-Genoscope pour qu'elles réalisent le **séquençage**• de l'ADN des planctons. Il s'agit de déterminer quelles sont les espèces de cet écosystème, quels gènes sont exprimés et comment les organismes s'adaptent à leur environnement.

Comprendre les liens du plancton avec les océans et le climat

Ces réponses sont indispensables pour nourrir les ambitions du projet scientifique Tara Océans : mieux connaître la biodiversité planctonique et comprendre ses liens avec les océans et le climat. En effet, le phytoplancton constitue une vraie prairie océanique qui, par **photosynthèse**•, absorbe près de la moitié du gaz carbonique atmosphérique, émettant en retour 50 % de l'oxygène atmosphérique. Quel serait alors l'impact du changement climatique sur le plancton et sur son rôle dans les interactions océan/climat ? Les questions demeurent nombreuses, tout comme la biodiversité du plancton reste mystérieuse : « *Nous avons déjà séquencé l'ADN de 100 échantillons, ce qui a généré plus de 2 téraoctets de données, et nous avons constaté que la majorité des espèces présentes étaient jusqu'alors inconnues* », explique Patrick Wincker du CEA-Genoscope, animant ainsi l'espoir de découvrir de nouveaux gènes et de nouvelles molécules qui trouveraient des applications en pharmaceutique, en cosmétologie, en chimie verte… Un objectif que poursuit également Tara Océans, sur la terre ferme !

Aude Ganier

• **Séquençage :** technologie permettant de déterminer l'ordre des nucléotides (les 4 bases) de l'ADN.

• **Photosynthèse :** réaction chimique utilisant de l'eau et du CO_2 pour transformer l'énergie solaire en énergie chimique sous la forme de sucre et d'oxygène.

Note :

1. *Expédition initiée et financée par Agnès b, l'European Molecular Biology Laboratory et la Fondation Veolia avec le soutien de nombreux partenaires institutionnels, médiatiques, industriels, éducatifs ainsi que d'un consortium scientifique incluant des équipes du CEA.*

© Tara Océans

Tara, goélette de 36 m de long sur 10 m de large avec une coque en aluminium permettant de résister aux températures polaires.

© RAMARE/BSIP

IMAGERIE MÉDICALE

LE CERVEAU SOUS ANESTHÉSIE

L'imageur IRM à 17,2 Teslas• (T) de Neurospin, unique au monde par son champ magnétique, permet pour la première fois de suivre l'effet des agents anesthésiques sur le débit sanguin cérébral. Une avancée significative.

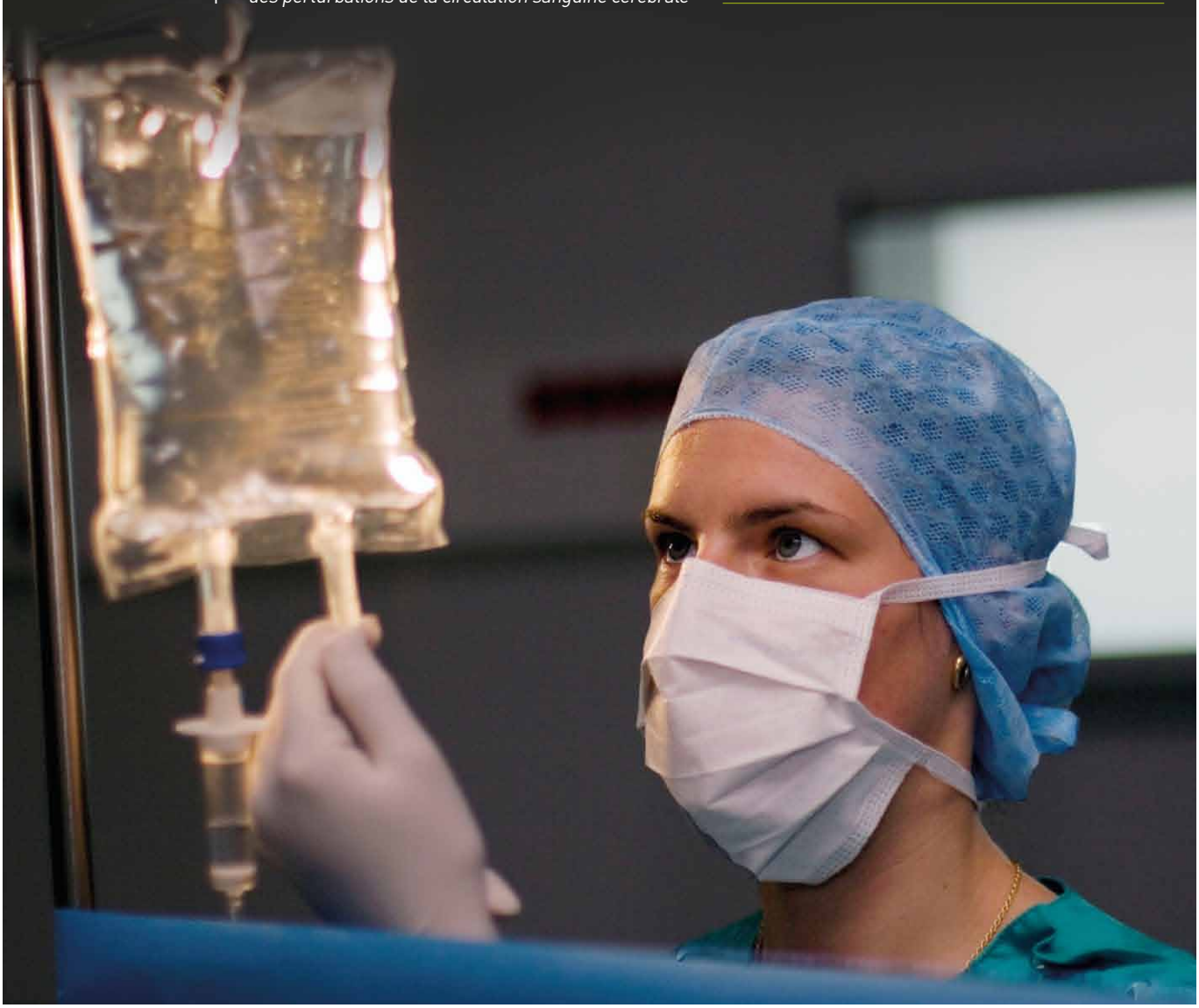
• **Teslas :** unité de mesure du champ magnétique. Celui de la terre est de 5.10^{-5} T. L'imageur Iseult générera un champ magnétique équivalent à 200 000 fois celui de la Terre et permettra d'observer les neurones au dixième de millimètre près.

Des équipes du CEA-i²BM, de l'Inserm, de l'hôpital Henri-Mondor (AP-HP) et de l'université Paris-Est Créteil ont ainsi pu observer chez un modèle animal des différences de contrastes entre les veines et les tissus cérébraux selon les anesthésiants. Ces différences étant directement liées aux niveaux d'oxygénation du sang dans le cerveau, elles reflètent l'impact des agents anesthésiques sur le débit sanguin cérébral ou sur le métabolisme. Lors d'une anesthésie, ces derniers doivent être minimaux pour ne pas interférer avec les fonctions vitales d'un organisme. *« Cette étude montre que l'IRM à très haut champ fournit des informations sur l'oxygénation du sang dans le cerveau, informations jusqu'alors inaccessibles,* précise Luisa Ciobanu, chercheuse du CEA-i²BM qui a conduit cette étude. *Outre l'évaluation de nouveaux agents anesthésiques et la compréhension des effets mal connus de l'anesthésie sur le cerveau, ce résultat ouvre la voie à l'étude des perturbations de la circulation sanguine cérébrale associées aux maladies neuro-dégénératives. »* Actuellement, les hôpitaux sont équipés le plus souvent d'IRM à 1,5 T, rarement à 3 T. Le CEA, en collaboration avec Siemens, Alstom et Guerbet, relève aujourd'hui un véritable défi technologique en développant un IRM à très haut champ de 11,7 T corps entier pour l'homme, qui devrait livrer ses premières images en 2014 à Neurospin, sur son centre de Saclay.

Claire el Medioni

CEA-i²BM

Structure unique, à vocation européenne, l'Institut d'imagerie biomédicale consacre l'essentiel de ses activités à la compréhension du fonctionnement du cerveau humain et au développement d'approches thérapeutiques innovantes.



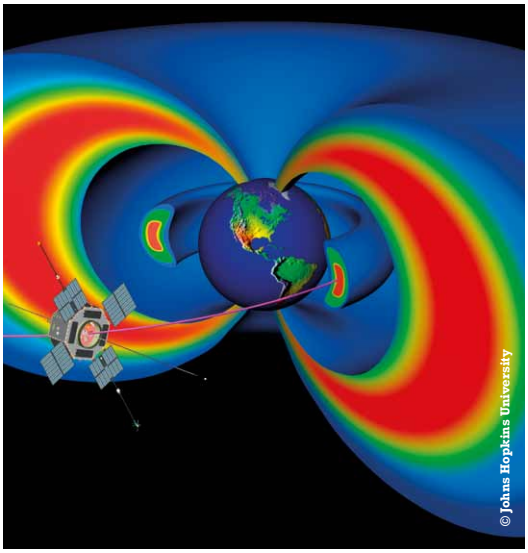
SIMULATION

AVIS DE TEMPÊTES SOLAIRES

Peut-on prédire les tempêtes solaires ? Des chercheurs du CEA-DAM franchissent une étape déterminante grâce au développement d'un modèle analytique•**, essentiel à la mise en équation de ces phénomènes. Un pas de plus vers l'élaboration d'une météo de l'espace.**

La Terre subit en permanence un bombardement de particules provenant du soleil dont elle est protégée par son champ magnétique. Ce dernier piège les électrons et les protons de ce vent solaire dans des régions de l'espace connues sous le nom de « ceintures de Van Allen ». Toutefois, qu'un orage magnétique se produise, et ces zones se retrouvent dangereusement comprimées, ce qui augmente les flux de particules et peut occasionner de graves endommagements dans l'électronique des satellites. Simuler par l'informatique les colères du soleil suppose, entre autres, de savoir combien de temps les électrons restent dans les ceintures, avant qu'ils ne diffusent dans notre atmosphère en remontant les lignes de champs magnétique terrestre. Une donnée qui n'était jusqu'alors accessible qu'après plusieurs heures de calculs sur des ordinateurs. Grâce au modèle analytique[1], validé sur les supercalculateurs du CEA-DAM, cette donnée est disponible quasiment en temps réel !

Vahé Ter Minassian



Vue d'artiste des ceintures de Van Halen, zones du champ magnétique terrestre dans lesquelles sont piégés des flux de particules provenant du soleil.

• **Modèle analytique :** ensemble d'équations mathématiques qui permettent de décrire les caractéristiques physiques (mécanique, thermique, électromécanique…) d'un phénomène.

Note :

1. *Modèle analytique basé sur l'interaction des électrons avec les ondes électromagnétiques naturelles de type sifflement.*

CEA-DAM

La Direction des applications militaires met en œuvre tous ses moyens de recherche pour garantir la sûreté et la fiabilité de la dissuasion nucléaire française. Elle contribue également à la surveillance du respect du Traité d'interdiction des essais nucléaires (Tice).

COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES

EXPOSITION RÉDUITE POUR CARACTÉRISATION ULTRA-PRÉCISE

Dans le cadre d'une thèse, et en partenariat avec l'Université de Lyon, une équipe de physiciens-chimistes du CEA-DEN met au point un nouveau dispositif pour mesurer la concentration des éléments chimiques dans les combustibles usés, en minimisant l'exposition des chercheurs aux radiations.

Le comportement du combustible dans un réacteur nucléaire, et notamment la formation de **produits de fission**•, résulte de phénomènes physiques que les ingénieurs du CEA-DEN sont capables de modéliser. Mais pour valider ou optimiser leurs modèles numériques, ils ont besoin de les confronter à des données expérimentales obtenues par **spectrométrie de masse**•. Il s'agit de mesurer la concentration des éléments chimiques présents dans les combustibles usés. Cette méthode d'analyse nécessite au préalable de séparer ces éléments (lanthanides, actinides…). Or, cette manipulation expose les chercheurs à de la matière radioactive et génère des effluents qu'il faut ensuite gérer. Une équipe de physiciens-chimistes du CEA-DEN est parvenue à contourner ces inconvénients, dans le cadre d'une thèse et en partenariat avec l'Université de Lyon1. Ils ont réalisé le premier dispositif miniature basé sur la technique d'**isotachophorèse**• permettant de séparer des lanthanides. *« À ce jour, nous utilisions des quantités d'éléments à analyser de l'ordre du microgramme. Avec notre dispositif récemment breveté, la séparation chimique est réalisée sur une puce de quelques cm² et nous gagnons un facteur 1 000 sur les quantités de matière injectée (quelques nanogrammes) et sur les volumes d'effluents, tout en conservant les mêmes performances analytiques »* précisent Laurent Vio et Thomas Vercouter. De plus, ce système se connecte directement au spectromètre de masse, limitant encore plus les étapes de manipulation et donc l'exposition des chercheurs aux irradiations.

Aude Ganier

CEA-DEN

La Direction de l'Énergie Nucléaire est en charge de la R&D consacrée à l'industrie nucléaire. Ses programmes sont faits à la demande de l'État ou des industriels et sont liés aux grands enjeux du développement de l'Énergie Nucléaire, *via* notamment les recherches sur la 4e génération de réacteurs.

• **Produits de fission :** éléments chimiques, produits lors des réactions en chaîne, qui ne peuvent actuellement être recyclés mais sont vitrifiés et conditionnés dans des conteneurs en inox.

• **Spectrométrie de masse :** technique d'analyse pour détecter et caractériser les isotopes d'un élément (atomes d'une même famille dont le noyau compte le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons).

• **Isotachophorèse :** mode spécifique de l'électrophorèse, méthode de séparation chimique des éléments par migration des ions sous l'influence d'un champ électrique.

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

HÉPATOCYTES ET BMP9, UN DUO GAGNANT

Si la protéine BMP9 est connue pour son rôle dans l'angiogenèse•**, une équipe du CEA-iRTSV met en lumière de nouvelles caractéristiques. Une découverte qui ouvre des perspectives dans la lutte contre le cancer.**

• **Angiogenèse :** développement de nouveaux vaisseaux sanguins à partir d'un réseau existant.

• **Hépatocytes :** cellules du foie assurant des fonctions métaboliques, en partie directement exposées aux vaisseaux sanguins.

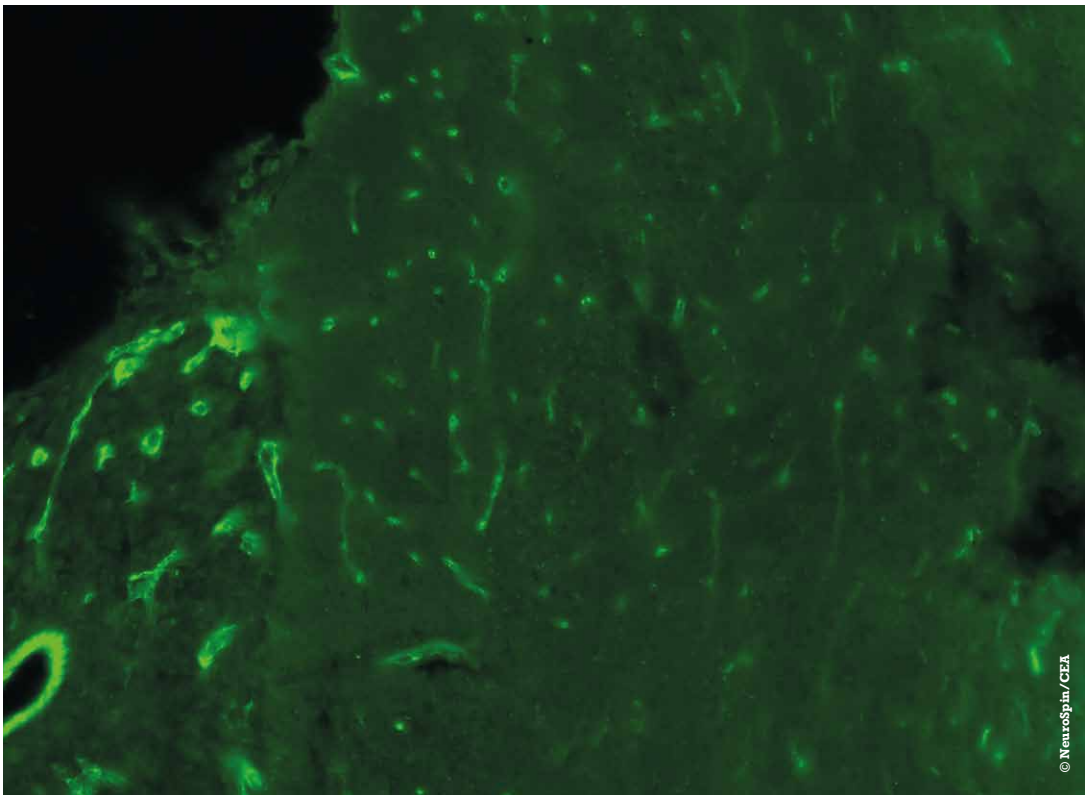
• **Cellules endothéliales :** cellules constituant l'endothélium, couche la plus interne des vaisseaux sanguins en contact avec le sang.

Comprendre les mécanismes mis en œuvre dans l'angiogenèse permettrait d'identifier de nouvelles cibles thérapeutiques, notamment pour le traitement de cancers. En effet, si ce phénomène est naturel lors de la cicatrisation ou au cours du cycle menstruel de la femme, il est réactivé dans certaines maladies, notamment dans la quasi-totalité des cancers, et joue un rôle important dans l'évolution de ces pathologies. *« Nous travaillons sur une protéine, BMP9, connue pour son rôle dans la régulation de l'angiogenèse. Nous savions jusque-là qu'elle était circulante et produite par le foie »* résume Sabine Bailly, du CEA-iRTSV. Poursuivant sa caractérisation, son équipe vient de découvrir que ce sont les **hépatocytes**• qui sont responsables de la synthèse de la BMP9, et que cette protéine circule dans le sang sous forme biologiquement active. Des résultats de première importance, puisque lorsqu'elle se fixe sur son récepteur, elle arrête la multiplication et la migration des **cellules endothéliales**•, et donc l'angiogenèse.

Patrick Philippon

CEA-iRTSV

L'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant s'appuie sur un ensemble de plateaux technologiques modernes pour analyser la diversité et la complexité du vivant. À ces fins, il coordonne les programmes d'unités mixtes CEA/ Université Joseph Fourier/ CNRS/ INSERM et INRA.



© NeuroSpin/CEA

Marquage en vert des néovaisseaux et d'une tumeur.

TEXTO

Sécuriser le radiodiagnostic

Le CEA-List et la société Esprimed signent un partenariat de recherche dans le domaine de l'imagerie médicale par rayonnements ionisants. Objectif : mettre en place des solutions innovantes (outils, logiciels de calcul, réalité virtuelle) pour optimiser les doses de rayonnement reçues par les patients et limiter celles du personnel lors des séances de radiothérapie ou de radiodiagnostic.

Éclairage efficace

Dans le cadre du projet PacteLED, une équipe du CEA-Léti livre une première série de 30 lampes MR16 à LEDs avec un refroidissement passif (voir Défis n° 166). Ces développements visent à réduire les dépenses d'énergies et pourraient permettre d'économiser 1,4 TWh d'électricité chaque année. Ce projet est porté par un important consortium d'industriels et d'opérateurs publics.

RÉFLECTOMÉTRIE

UN FIN LIMIER DANS LES CÂBLES

Spécialisée dans le diagnostic et la surveillance des réseaux câblés, WiN MS propose un système innovant pour en détecter les anomalies. À la clé, de nombreuses applications et de grosses commandes pour cette start-up du CEA-List tout juste créée en février dernier…

La compagnie aérienne Lufthansa vient de demander à WiN MS de lui fournir ses fameux kits de diagnostic de câbles. Objectif : gagner du temps sur la maintenance au sol des avions en identifiant plus rapidement la source d'un dysfonctionnement, grâce à cette technologie issue du CEA-List.

Procédé connu depuis de nombreuses années, la **réflectométrie**• peut être utilisée pour repérer des problèmes de connexion. *« En envoyant dans un réseau de câbles une onde électromagnétique puis en analysant le signal réfléchi, nous pouvons identifier l'emplacement d'un défaut,* explique Laurent Sommervogel chercheur au CEA-List. *Longtemps, la méthode a été jugée complexe et coûteuse. Mais grâce à nos travaux en électronique numérique et en miniaturisation, elle est aujourd'hui concurrentielle. »*

Des débouchés prometteurs dans de nombreux domaines

Développée depuis 2055 au CEA pour les besoins de l'industrie, la technologie proposée par la start-up d'Orsay donnera lieu à de nombreuses applications. Dans le secteur de l'automobile, elle a été testée pour diagnostiquer sur un véhicule, en fonctionnement ou à l'arrêt, des problèmes de câblage difficilement repérables avec les moyens dont disposent les garagistes. Cette solution pourra également servir, dans l'aéronautique, à détecter et localiser précisément des défauts sur les 300 km de câbles d'un avion de transport civil. Enfin, il existe des débouchés prometteurs sur lesquels le CEA-List accompagne actuellement la start-up pour développer de nouvelles méthodes.

Vahé Ter Minassian

CEA-List

Le laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies oriente ses recherches sur tous les systèmes à logiciel prépondérant. Il concentre ses efforts sur trois thématiques : les systèmes embarqués, les systèmes interactifs, les capteurs et le traitement du signal.

• **Réflectométrie :** méthode de diagnostic basée sur le principe du radar : une onde est envoyée et se propage dans un milieu, lorsqu'elle rencontre une singularité, une partie de son énergie est renvoyée vers le point d'injection, permettant la localisation du défaut.

Prototype CEA pour la surveillance en temps réel d'un cablage automobile.

© P. Stroppa/CEA

LES BIOCARBURANTS DE 2e GÉNÉRATION

Produire du carburant à partir de matière organique comme les résidus forestiers, c'est l'enjeu des biocarburants de 2e génération, actuellement au stade de développement pré-industriel. L'une des technologies envisagées consiste à générer, par traitement thermique de la biomasse, un mélange gazeux à partir duquel les hydrocarbures seront synthétisés. À la clé, une ressource énergétique directement utilisable qui ne contribuera pas à l'effet de serre.

❶ Entreposage et séchage
Les résidus forestiers qui composent la biomasse (ensemble de matière organique d'origine végétale ou animale) sont conditionnés sous la forme de plaquettes ou de copeaux et sont entreposés pendant six mois afin d'être séchés.

❷ Gazéification de la biomasse
La biomasse (chaîne carbonée) subit un prétraitement thermique à 500 – 700 °C par pyrolyse ou torréfaction afin d'éliminer l'eau et de casser ses fibres. Après réduction, elle est introduite dans un réacteur à 1 200 – 1 400 °C, où, en présence de vapeur d'eau, elle se gazéifie en moins de cinq secondes. Résultat : un mélange gazeux de monoxyde de carbone, d'hydrogène et d'autres composés.

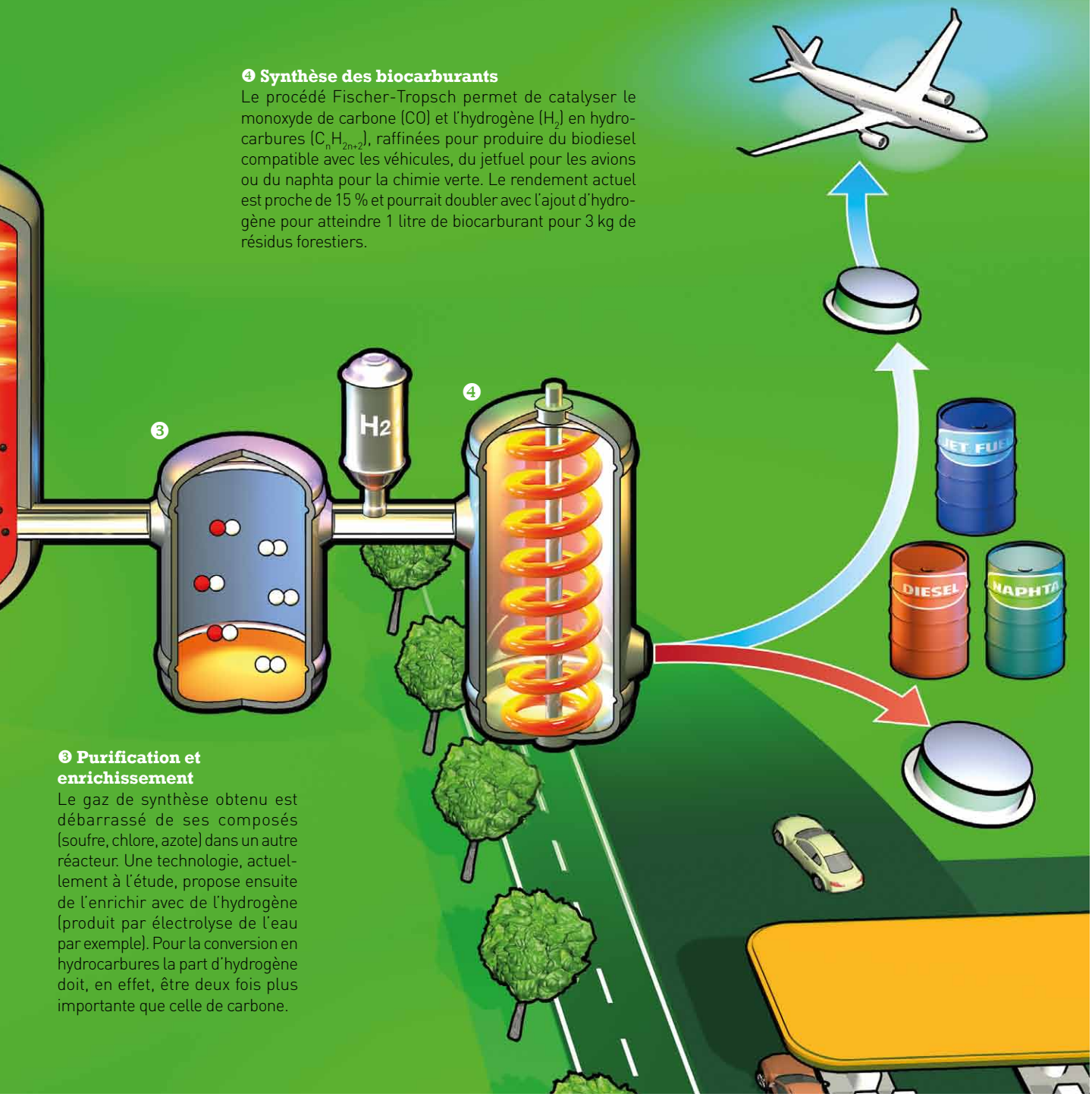
Plus d'informations sur www.cea.fr

AU CEA

Des équipes du CEA mènent des recherches sur le développement de la 2e génération de biocarburants, notamment grâce à la conception d'un démonstrateur pré-industriel à Bure-Saudron (projet Syndièse) qui doit valider la faisabilité technique et économique d'une filière industrielle. D'autres équipes anticipent la 3e génération de biocarburants grâce à la culture de micro-algues...

❹ Synthèse des biocarburants

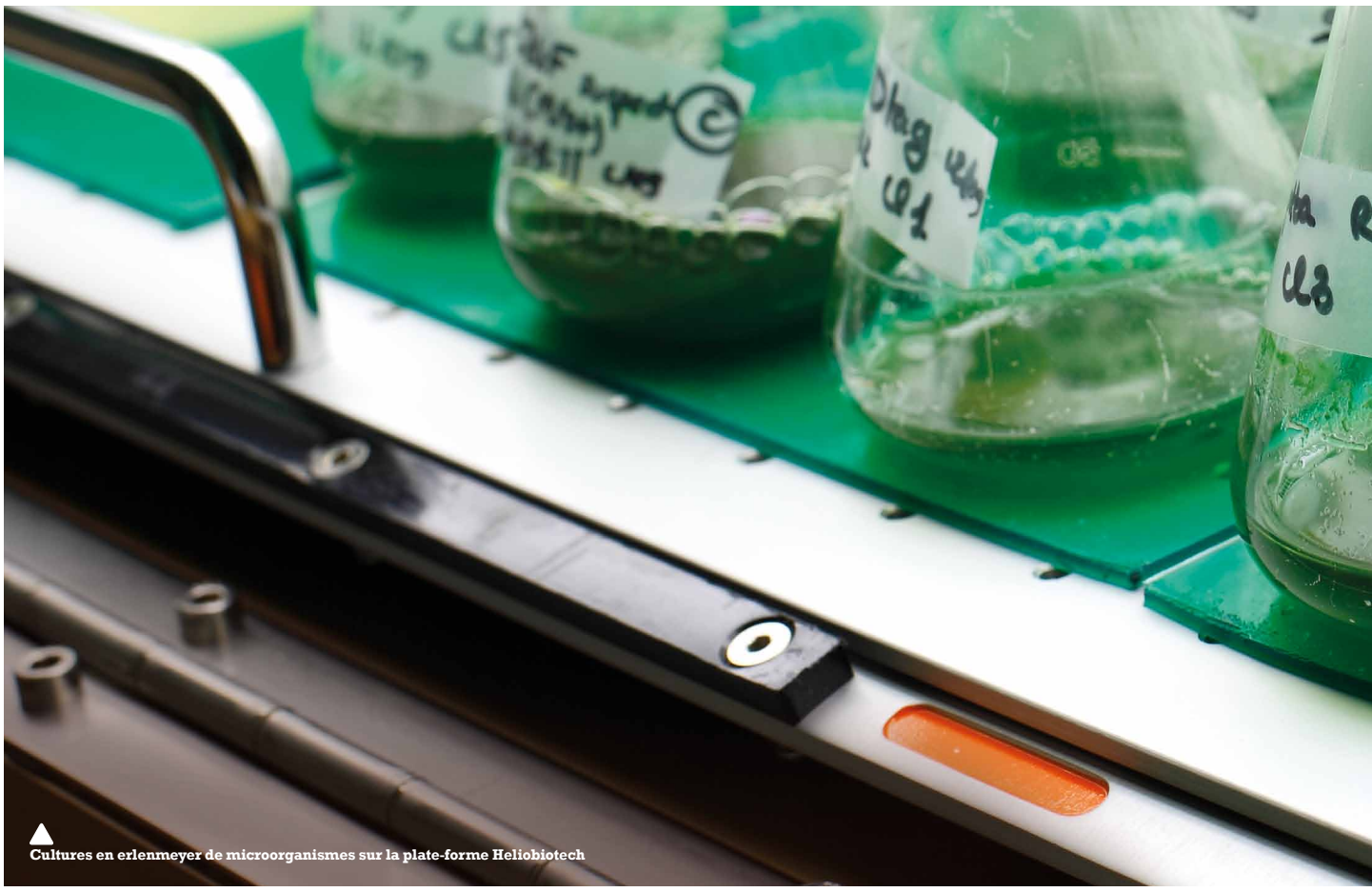
Le procédé Fischer-Tropsch permet de catalyser le monoxyde de carbone (CO) et l'hydrogène (H_2) en hydrocarbures (C_nH_{2n+2}), raffinées pour produire du biodiesel compatible avec les véhicules, du jetfuel pour les avions ou du naphta pour la chimie verte. Le rendement actuel est proche de 15 % et pourrait doubler avec l'ajout d'hydrogène pour atteindre 1 litre de biocarburant pour 3 kg de résidus forestiers.



❸ Purification et enrichissement

Le gaz de synthèse obtenu est débarrassé de ses composés (soufre, chlore, azote) dans un autre réacteur. Une technologie, actuellement à l'étude, propose ensuite de l'enrichir avec de l'hydrogène (produit par électrolyse de l'eau par exemple). Pour la conversion en hydrocarbures la part d'hydrogène doit, en effet, être deux fois plus importante que celle de carbone.

LES MOTEURS PASSENT AU VERT



Cultures en erlenmeyer de microorganismes sur la plate-forme Heliobiotech

© G.Lesénéchal/CEA

À eux seuls, les transports représentent un quart de la consommation d'énergie et un quart des émissions de gaz à effet de serre en France. Pour réduire cet impact, le CEA explore deux pistes : l'électrification des véhicules et le développement des biocarburants. Si la 1re génération est en place, son bilan mitigé invite les chercheurs à mettre au point la 2e, avec les résidus forestiers comme principale ressource. Des projets de démonstrateurs pré-industriels voient le jour quand, déjà, d'autres recherches anticipent la 3e génération de biocarburants *via* le potentiel des micro-algues à synthétiser des composés qui trouveront leur place dans les moteurs. *Dossier réalisé par Stéphanie Delage*

DE LA BIOMASSE ET DES ALGUES DANS LE MOTEUR

CAP SUR LA 2e GÉNÉRATION

ALGOCARBURANTS : LA MER POUR MODÈLE

DE LA BIOMASSE ET DES ALGUES DANS LE MOTEUR

Les carburants de demain feront appel à la lignocellulose des végétaux et aux micro-algues. Ils permettront de s'affranchir en partie des hydrocarbures, de réduire les émissions carbonées et pourront fortement contribuer à alléger notre dépendance énergétique.

Analyse des traces d'impuretés organiques et inorganiques dans des échantillons de biomasse lignocellulosique.

En France, près d'un quart de la consommation en énergie concerne les transports. Cette dépendance aux hydrocarbures coûte de plus en plus cher avec une facture qui a triplé depuis 2005, dépassant les 60 milliards d'euros en 2011. Car, si les réserves en hydrocarbures de la planète sont encore loin d'être taries, il faut aller les chercher plus loin, forer plus profond, avec des technologies de plus en plus coûteuses. À cela s'ajoutent la vulnérabilité des marchés aux troubles géopolitiques et l'impact des fluctuations de la parité euro/dollar qui ne jouent pas toujours en faveur des Européens, le pétrole s'achetant en dollars. Le coût est aussi d'ordre environnemental avec, en France, près d'un quart des émissions de gaz à effet de serre (GES) imputables au secteur des transports. Or, l'État s'est engagé à réduire de 20 % ces émissions d'ici 2020[1]. Repenser les transports dans l'Hexagone constitue donc une priorité stratégique à laquelle le CEA contribue, notamment avec une R&D sur les 2e et 3e générations de biocarburants.

Une 1re génération de biocarburants controversée

« Les transports de demain feront appel aux véhicules électriques et aux biocarburants de façon complémentaire », explique Patrick Georgette, conseiller technique auprès de l'administrateur général du CEA. Comme 87 % des Français effectuent des trajets de moins de 60 km/j, l'autonomie, même limitée, des véhicules électriques peut répondre à ces besoins. Mais pour des trajets de longue distance ainsi que pour les transports routiers, maritimes et aériens, les biocarburants se révèlent être une véritable alternative. À tel point que l'Union européenne ambitionne de produire 2 millions de tonnes de biocarburants par an, à partir de 2020[2], pour le secteur aéronautique. La légitimité des biocarburants de 1re génération fait cependant débat. Très coûteux, en compétition avec l'agriculture vivrière, pas si « verts » qu'on le croyait au départ, ils n'apparaissent

LES BIOCARBURANTS EN CHIFFRES

86

milliards de litres d'éthanol ont été produits en 2010 dans le monde (principalement par les États-Unis et le Brésil), ce qui le place en tête des biocarburants, devant le biodiesel (19 milliards de litres), dont la production est essentiellement européenne.

4e

La France se situe au 4e rang mondial des producteurs de biodiesel, avec 2 milliards de litres en 2010.

7 %

C'est l'objectif français de taux d'incorporation à la pompe du biodiesel. Ce taux n'a atteint que 6,3 % en 2010, ce qui reste toutefois supérieur à l'objectif européen de 5,75 %.

Plus d'informations sur www.cea.fr

plus comme la panacée pour remplacer les carburants fossiles. Selon l'Organisation des Nations Unies, ils participent même à la flambée des prix des denrées alimentaires sur le marché mondial.
La France utilise un peu moins de 6 % de sa surface agricole pour les biocarburants, soit 1,7 million d'hectares. La production est principalement axée sur le biodiesel, obtenu par **transestérification**• à partir de l'huile extraite du colza et du tournesol. Quant au bioéthanol, produit par la fermentation de sucres, il résulte de ceux de la betterave ou de l'hydrolyse **enzymatique**• de l'amidon du blé et du maïs. Selon un rapport de l'Ademe[3], le biodiesel permet de réduire de 59 à 90 % les émissions de GES, (éthanol de 49 à 72 %) par rapport aux carburants fossiles. Toutefois, dans un avis publié en avril, l'agence convient que la prise en compte du changement d'affectation des sols pour des cultures dédiées aux biocarburants de 1re génération limite ces gains.

De nouvelles alternatives avec les résidus forestiers et les algues

L'urgence est donc de déployer les nouvelles générations en prenant en compte les retours d'expérience de la première. *« On aurait tort de penser que la 2e génération des biocarburants est dans la lignée de la 1re,* souligne Patrick Georgette. *Elle constitue en effet une véritable rupture technologique. »* Parce qu'elle utilise la lignocellulose de la plante, elle n'entre pas en concurrence directe avec les cultures vivrières. Tous les déchets verts (branchages ou résidus forestiers) peuvent être utilisés, en évitant les conflits d'usage avec les professionnels du bois. *« Les propriétés physiques de ce type de biocarburant peuvent lui permettre de se substituer au carburant fossile alors que la 1re génération ne peut être utilisée qu'en additif, avec une proportion ne dépassant pas 10 % »*, explique l'expert. Le CEA-Liten prend part à l'amélioration des différentes étapes du procédé de production tandis qu'un démonstrateur pré-industriel verra bientôt le jour à Bure-Saudron (voir en page 19).
La 2e génération pourrait entrer sur le marché vers 2015-2016 et la 3e est déjà en marche. *« Là encore, il ne s'agit pas d'un simple progrès mais d'une nouvelle façon de penser les biocarburants,* affirme Patrick Georgette. *L'idée est de cultiver des micro-algues et de transformer leurs huiles en carburants synthétiques. »* Les instituts iBEB, iRTSV et iBITEC-S planchent pour explorer les micro-organismes les plus avantageux et les améliorer par génie génétique (voir en page 20). *« Une piste prometteuse mais dont il faudra apporter la preuve de la rentabilité économique quand elle arrivera à maturité, vers 2020-2025. Quel sera alors le prix du pétrole ? »*

• **Transestérification :** réaction chimique de l'huile sur un alcool pour obtenir du biodiesel.

• **Hydrolyse enzymatique :** transformation de l'amidon en sucres par des enzymes.

© G.Lesnéchal/CEA

Cultures de micro-organismes sous air enrichi en CO_2.

Notes :
1. *Par rapport aux niveaux de 1990.*
2. *Initiative Biofuel Flight Pass.*
3. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.*

AU CEA

CEA-iRTSV L'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant s'appuie sur un ensemble de plateaux technologiques modernes pour analyser la diversité et la complexité du vivant. À ces fins, il coordonne les programmes d'unités mixtes CEA/ Université Joseph Fourier/ CNRS/ INSERM et INRA.

CEA-Liten Le laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles se positionne sur quatre axes : énergie solaire, développement d'une filière hydrogène pour les transports, production d'hydrogène et innovations technologiques sur les matériaux et les procédés.

CEA-iBEB Comprendre les mécanismes d'adaptation aux stress environnementaux, polluants métalliques et rayonnements ionisants est l'un des objectifs de l'Institut de biologie environnementale et biotechnologie. Ses recherches portent aussi sur la production de molécules à forte valeur ajoutée.

CEA-iBiTec-S La palette de recherche (fondamentale ou appliquée) de l'Institut de biologie et de technologies de Saclay est large : génétique, biologie moléculaire et cellulaire, biologie structurale, ingénierie des protéines, chimie organique et inorganique… Sa mission : fédérer l'ensemble de ces compétences.

CAP SUR LA 2e GÉNÉRATION

Fabriquer du carburant à partir des déchets verts ou des résidus forestiers : une alternative intéressante aux « agrocarburants ». Tour d'horizon des principaux projets auxquels participe le CEA pour façonner ces biocarburants de 2e génération.

Le pétrole, qui provient de la décomposition de la matière organique coincée entre deux couches sédimentaires, a eu besoin de millions d'années pour se former. Aujourd'hui, les scientifiques sont capables d'accélérer le temps en produisant du carburant à partir de matière organique, la biomasse. Une succession de réactions chimiques permet en effet de reconfigurer l'assemblage de ses atomes de carbone et d'hydrogène. L'idée n'est pas nouvelle, du moins elle se calque sur une méthode mise au point au milieu du XXe siècle par les Allemands, pauvres en pétrole mais riches en charbon. Avec un procédé de **gazéification**• du charbon et une réaction catalytique dénommée **Fischer-Tropsch**•, ils obtinrent un carburant synthétique. « *Nous repartons en partie de cette idée pour produire des biocarburants de 2e génération à partir de la biomasse,* raconte Nicolas Bardi, responsable du DTBH[1] au CEA-Liten. *Toutefois, le bois ou la paille n'ont pas grand-chose à voir avec le charbon. Moins denses, ils se caractérisent par des taux d'humidité et des taux d'impuretés importants.* »

• **Gazéification :** transformation d'un combustible finement pulvérisé (charbon, biomasse) en monoxyde de carbone (CO) et hydrogène (H_2).

• **Fischer-Tropsch :** procédé qui catalyse le monoxyde de carbone (CO) et l'hydrogène (H_2) en hydrocarbures (C_nH_{2n+2}).

Genepi, plate-forme R&D d'excellence

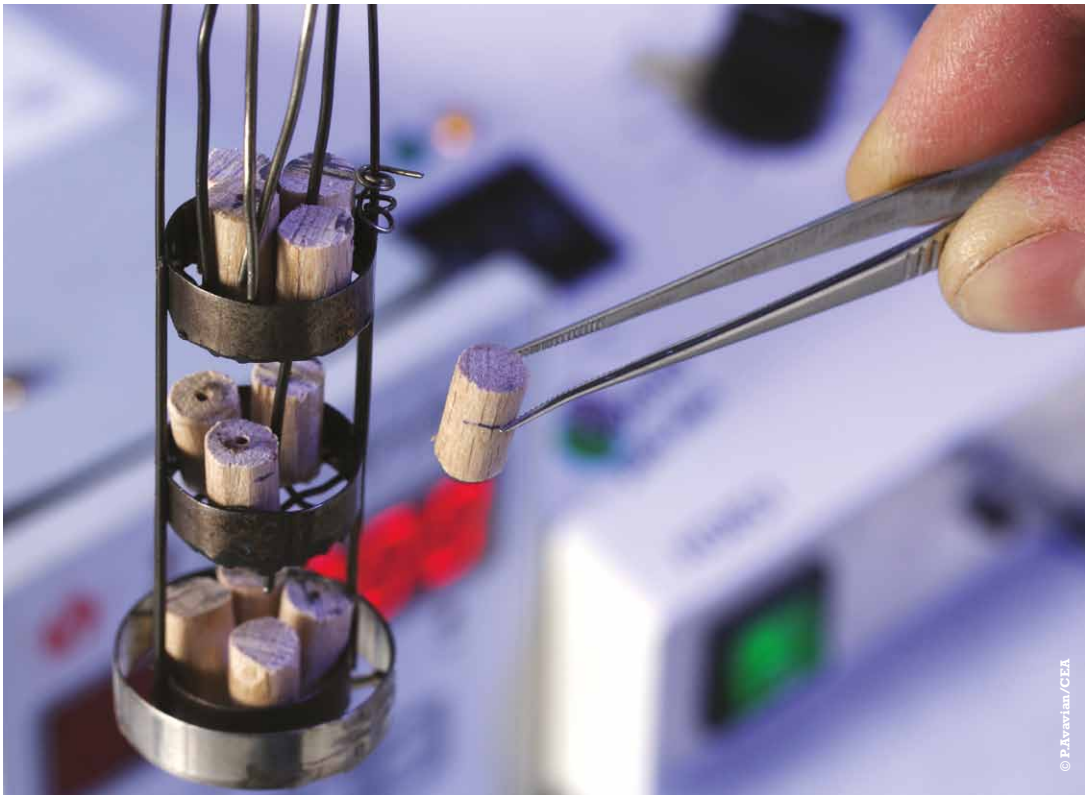
« *La connaissance des phénomènes physiques et chimiques liés à la décomposition de la biomasse est une étape clé pour lever les verrous de la 2e génération,* souligne le scientifique. *Il est également essentiel d'ajuster les procédés afin de réduire les coûts et de travailler sur des pilotes de taille modeste avant de se lancer à l'aveugle dans des projets de grande envergure.* » Le CEA a obtenu fin 2011 la labellisation Equipex du ministère de la Recherche pour le projet Genepi, une plate-forme expérimentale visant à optimiser différentes étapes de la fabrication de biocarburant. Les chercheurs testeront à partir de 2013 la pertinence de leurs brevets sur des équipements de torréfaction (la 1re étape qui vise à éliminer l'eau et à casser les fibres de la biomasse), de broyage (pour réduire la biomasse en poudre) et de gazéification. Ils pourront par exemple ajuster les paramètres de température lors de la torréfaction, repérer quel type de biomasse répond le mieux à l'étape de broyage ou bien ajuster le flux des poudres lors de la gazéification. « *Le réacteur à lit entraîné a été choisi pour la*

© P.Avavian/CEA

Échantillons de biomasse lignocellulosique.

© CEA

Maquette du projet de démonstrateur pré-industriel Syndièse.



Étude de la torréfaction de particules de bois.

gazéification, explique Nicolas Bardi. *La poudre est injectée sous pression dans un jet d'oxygène. Cette technique a été éprouvée pour le charbon mais nous devons l'optimiser pour la biomasse. »*

Syndièse, vers un démonstrateur pré-industriel

Le CEA s'investit également dans des programmes proches des conditions industrielles. C'est le cas de Syndièse, projet de démonstrateur pré-industriel pour produire des biocarburants à partir de déchets forestiers de la Meuse et de la Haute-Marne, qu'il conduit dans le cadre d'une action d'accompagnement économique de ces territoires. *« La France est le 2e pays forestier d'Europe en terme de superficie. Le choix des résidus forestiers comme matière première pour les biocarburants prend donc tout son sens,* raconte Thierry Puissieux, chef du programme Valorisation au CEA-Den. *Syndièse sera alimenté par des plaquettes forestières collectées dans un rayon de 50 km autour du démonstrateur, prévu à Bure-Saudron. »* Objectif : valider à l'échelle pré-industrielle une chaîne de production de 10 tonnes/heure sur un site unique pour fabriquer 30 millions de litres par an de biodiesel à partir de 75 000 tonnes de biomasse sèche. L'innovation réside également dans l'ajout d'hydrogène au mélange gazeux issu de la gazéification de la biomasse : une première mondiale pour mobiliser tout le carbone de la biomasse et doubler le rendement de production.

« L'idée consiste à produire de l'hydrogène par **électrolyse de l'eau**•*, en périodes creuses*[2] *afin de réduire les coûts,* explique Patrick Georgette, conseiller technique auprès de l'administrateur général du CEA. *L'hydrogène est alors stocké et utilisable à la demande. Cette innovation a un fort impact sur le modèle économique de l'ensemble des procédés ».* La première étape du projet consistera à réaliser un pilote de gazéification afin de valider les briques technologiques. Le CEA instruit cette possibilité qui sera proposée en fin d'année au Gouvernement.

Les briques technologiques de BioTFuel

Autre projet digne d'intérêt, BioTfuel, né d'une collaboration avec Axens, l'Ifpen, Sofiproteol, ThyssenKrupp Uhde et Total. Il vise le développement de briques technologiques pour obtenir, à terme, une chaîne complète de procédés pour produire du biodiesel et du biokérosène de 2e génération à l'horizon 2020. La capacité de ces installations sera de 3 t/h environ, réparties sur deux sites : Sofiprotéol accueillera le pilote de pré-traitement de la biomasse à Venette dans l'Oise et Total hébergera à Dunkerque le pilote pour les autres étapes. *« L'étape de gazéification se fera dans un réacteur à lit entraîné à très haute température (1 500 °C),* précise Nicolas Bardi. *Ensuite, le gaz sera transformé en biodiesel ou en biokérosène en faisant varier les conditions de catalyse du procédé Fischer-Tropsch ».*

• **Électrolyse de l'eau :** décomposition de l'eau (H_2O) en oxygène (O_2) et hydrogène (H_2).

Notes :

1. *Département des technologies pour la biomasse et l'hydrogène.*

2. *Les industriels peuvent effacer leur consommation électrique en période de pointe et bénéficier en retour d'une tarification préférentielle sur leur facture d'électricité.*

GAYA, LA PISTE DU BIOMÉTHANE

Le pilote Gaya coordonné par GDF Suez, intéresse également le CEA. De taille modeste (moins d'1 t/h), il permettra de tester une nouvelle technologie de production de biométhane, un biocarburant qui pourra être utilisé dans les véhicules à gaz. *« Les procédés de fabrication ressemblent à ceux utilisés pour les biocarburants liquides,* explique le chercheur. *Mais la biomasse n'a pas ici besoin d'être réduite en poudre très fine. Elle sera gazéifiée dans un réacteur à lit fluidisé de 800 °C. »* Retour d'expérience en 2017 à Lyon.

ALGOCARBURANTS : LA MER POUR MODÈLE

Utiliser l'ingéniosité des micro-organismes marins pour faire rouler nos voitures : l'idée est étonnante, mais prometteuse. Les instituts iBEB, iRTSV et iBITEC-S du CEA multiplient les axes de recherche afin d'évaluer le potentiel des micro-algues• à synthétiser huiles, sucres et hydrogène pouvant servir à la 3e génération de biocarburants.

• **Micro-algues :** algues microscopiques et bactéries photosynthétiques (cyanobactéries).

• **Diatomées :** algues unicellulaires avec une coque en silice.

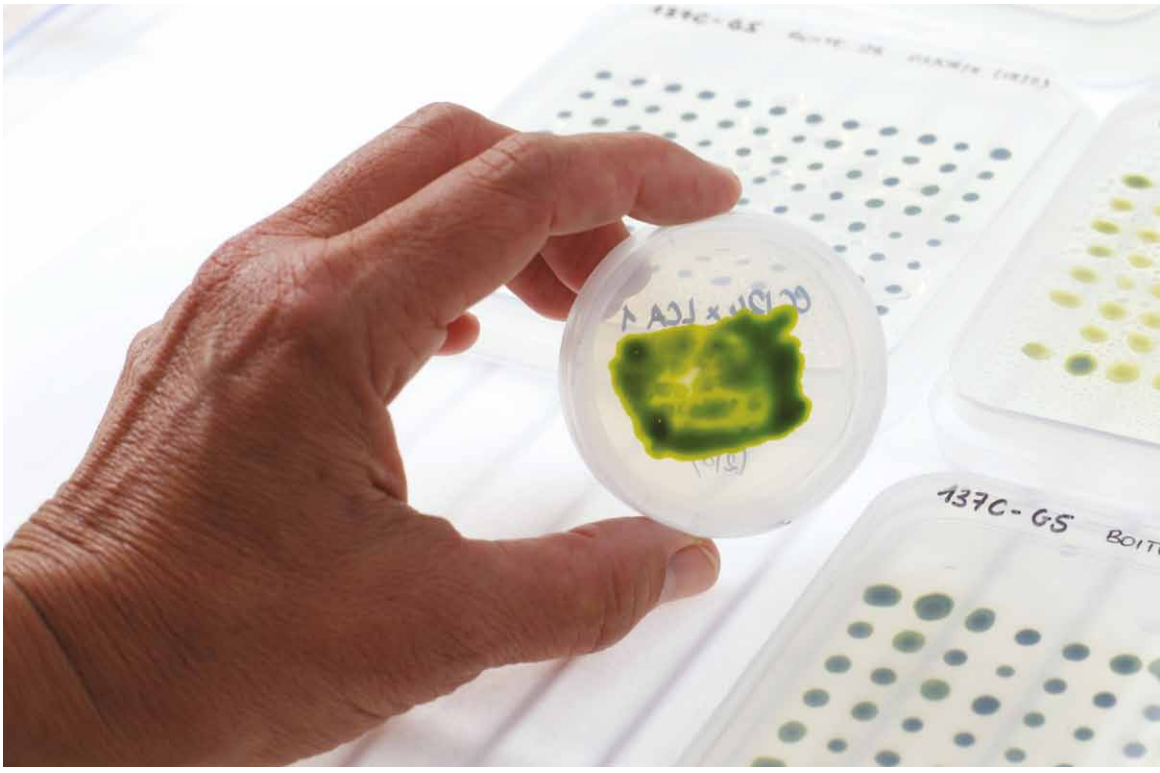
• **Photosynthèse :** fabrication de matière organique grâce à l'énergie lumineuse. Les molécules d'eau et de dioxyde de carbone sont transformées en glucose et en oxygène

Nombreux sont les avantages de cette biomasse marine. Tout d'abord, la culture des micro-algues ne mobilise pas de surfaces agricoles ou forestières comme le font les 1re et 2e générations de biocarburants. Ensuite, elle présente une productivité élevée. Enfin, ces micro-organismes ne requièrent que de la lumière et du CO_2 pour pousser, voire de l'azote ou d'autres additifs peu coûteux. La production d'algocarburants peut ainsi absorber une partie des rejets industriels carbonés et être couplée au recyclage des eaux usées.

Pour choisir les micro-algues dignes d'intérêt, encore faut-il bien les connaître ! Or, la mer est loin d'avoir révélé tous ses secrets. C'est là tout l'intérêt de l'expédition Tara Océans, à laquelle participe le CEA, qui doit dresser le plus grand inventaire du plancton jamais réalisé (voir p. 6 et 7). *« Pour l'heure, nous passons au crible les souches déjà disponibles et recensons celles qui produisent de l'huile de qualité avec un bon rendement pour fabriquer du biodiesel ou du biokérosène,* raconte Yonghua Li-Besson, chercheuse à l'iBEB. *Une autre approche consiste à travailler sur des modèles connus et à repérer des mutations génétiques intéressantes qui favorisent la production d'huile. »*

Les micro-algues privées de régime

De son côté, Éric Maréchal, biologiste à l'iRSTV, cherche à maîtriser et à renforcer les mécanismes d'accumulation de l'huile des **diatomées**• : *« Nous voulons les rendre obèses »* explique-t-il. Comment, alors que les micro-algues n'ont pas vocation à fabriquer de l'huile en grande quantité, leur premier objectif étant celui de se multiplier ? *« En situation de stress, par exemple en carence d'azote, la diatomée cesse de proliférer et emmagasine de l'huile,* souligne Éric Maréchal. *Mais nous souhaitons soutenir à la fois la pousse et la production d'huile, afin d'augmenter le rendement global. »* Les chercheurs utilisent pour cela la chimie, en cherchant à contrôler la production d'huile avec des molécules organiques, comme le ferait un médicament. Giovanni Finazzi, également de l'iRSTV, explore une autre voie pour favoriser la croissance des algues : *« Nous faisons varier les apports nutritifs. Les algues poussent grâce à la* **photosynthèse**• *ou en utilisant du carbone comme le font les animaux. Si nous créons un environnement propice à ces deux voies de métabolisation, la production peut être largement augmentée. »* Sur plusieurs souches d'algues, différents substrats carbonés



Cultures de micro-organismes sur gélose.

et différentes expositions lumineuses sont testées afin de trouver la meilleure combinaison possible. « *Les sources en carbone seront peu coûteuses,* estime Giovanni Finazzi. *En effet, on pourra utiliser les produits issus de la purification des eaux usées ou bien le glycérol, un sous-produit industriel.* »

Le génie génétique à la rescousse

Autre approche développée au CEA pour les biocarburants de 3e génération, celle du génie génétique. Il s'agit non pas d'utiliser l'huile des micro-algues pour fabriquer du biodiesel mais de les forcer habilement à produire de l'éthanol. Franck Chauvat, chercheur à l'iBITEC-S, travaille sur des cyanobactéries, des bactéries que l'on retrouve partout sur la planète, dans les mers et les déserts. Ces micro-organismes, très peu gourmands en énergie, ont la particularité de fixer le carbone par photosynthèse pour fabriquer des sucres. « *Notre objectif est de contraindre les cyanobactéries à transformer ces sucres en éthanol par fermentation, comme le fait la levure,* raconte le scientifique. *Pour cela, nous avons reprogrammé leur génome en introduisant les deux gènes qui leur manquent.* » Si les chercheurs ont réussi leur pari, le rendement reste faible.

La route des biocarburants de 3e génération est encore longue… Et au-delà de l'augmentation de productivité des souches, le défi consistera à améliorer les technologies de production à grande échelle et les procédés de récolte. « *Il faudra faire sauter de nombreux verrous pour aller vers un modèle économique viable,* confie Gilles Peltier, de l'iBEB. *Il est très difficile de se projeter dans le futur et malgré les progrès de la science, il faudra certainement attendre que le prix du pétrole augmente encore, qu'il double peut-être, avant que la 3e génération devienne rentable.* »

© G.Lesénéchal/CEA

HELIOBIOTECH, UNE PLATE-FORME QUI BIOCARBURE !

Constituer un pôle d'excellence sur les recherches biotechnologiques pour le développement des biocarburants de 3e génération, telle est l'ambition de la plate-forme HelioBiotec1 mise en service en 2011 sur le centre CEA de Cadarache.

Actuellement, 25 chercheurs y explorent le potentiel des micro-algues, optimisent les souches et mettent au point des outils pour les domestiquer ; d'ici 2017, ils seront rejoints par 25 autres scientifiques. « *Cette plate-forme est unique en France,* indique Gilles Peltier, de l'iBEB. *Elle sera adossée à un programme encore plus ambitieux qui va débuter à Cadarache dans le cadre de la Cité des Énergies. L'objectif sera d'associer la recherche amont et la recherche sur les procédés afin de proposer une offre globale sur toute la chaîne de valeur.* » Ce projet verra notamment la création d'une autre plate-forme commune associant les compétences des équipes du CEA-iBEB et du CEA-Liten. Soutenue par des partenaires académiques (CNRS, universités) ou industriels (Fermentalg, GDF Suez, etc.), HelioBiotec fait également partie de Green Stars, institut d'excellence en matière d'énergies décarbonées (IEED).

© G.Lesénéchal/CEA

Cultures de micro-organismes en photobioréacteur.

© G.Lesénéchal/CEA

Cultures de Chlamydomonas reinhardtii, vues au microscope optique, sur la plate-forme Heliobiotech.

LE CEA DANS LES MÉDIAS

TITANIC MAGNÉTIQUE

AFP / 10 AVRIL 2012

Centenaire du naufrage oblige, l'agence de presse revient sur les technologies de pointe qui ont permis en 1985 de localiser l'épave du Titanic, comme ce magnétomètre conçu par le CEA qui équipait le sonar de reconnaissance du plancher océanique. En relevant d'infimes variations du champ magnétique terrestre, celui-ci a permis de repérer la présence de l'imposante masse métallique du Titanic par 4 000 m de fond.

Localisation de l'épave du Titanic.

TOUT SAVOIR SUR LA HYÈNE DES CAVERNES

LE PARISIEN / 29 MARS 2012

Première mondiale : des scientifiques du CEA-Genoscope à Évry ont reconstitué le génome de la hyène des cavernes grâce à ses déjections fossilisées. Ils ont également mis à jour son mode d'alimentation, dressant ainsi l'inventaire de la faune qui existait il y a 40 000 ans. Le quotidien explique que ces informations permettent de mieux connaître le milieu de vie des premiers Homo Sapiens d'Europe.

L'ÉLECTRONIQUE EN PISCINE

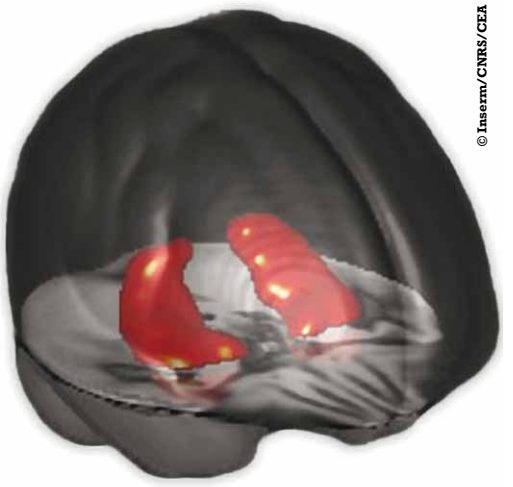
LES ÉCHOS / 10 AVRIL 2012

Selon le quotidien, les capteurs électroniques trouvent de plus en plus d'applications dans le sport. Pour preuve, le lecteur MP3 étanche Nabaiji de chez Décathlon, qui se fixe sur la tête du nageur grâce à l'élastique de ses lunettes. Les algorithmes des capteurs développés par la start-up Movea issue du CEA-Leti lui permettent également de compter les longueurs de bassin et d'indiquer la distance parcourue.

LA MÉMOIRE DU TEMPS QUI PASSE

LA CROIX / 16 AVRIL 2012

Pour la première fois, une équipe Inserm / CEA / CNRS met en évidence des mutations de gènes ayant une influence sur le vieillissement du cerveau. Ces mutations héréditaires sont associées à une diminution de l'hippocampe, structure cérébrale jouant un rôle primordiale pour la mémoire. Le journal précise que l'étude est basée sur l'analyse du génome et l'IRM cérébral de 9 231 participants âgés de 56 à 84 ans.

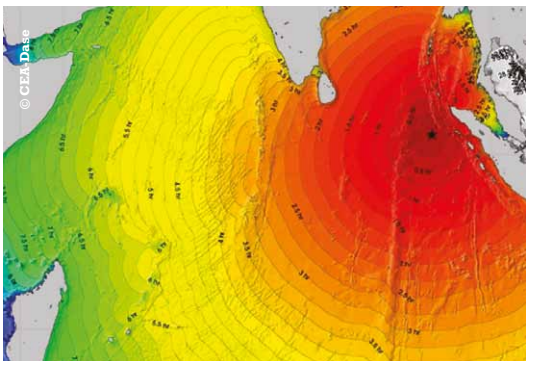


Vue par IRM de la diminution de l'hippocampe.

ALERTE AU TSUNAMI

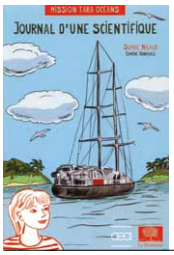
AUJOURD'HUI EN FRANCE / 12 AVRIL 2012

Un séisme sous-marin majeur de magnitude 8,6 est survenu le 11 avril dernier au large de l'île indonésienne de Sumatra. Jocelyn Guylbert, spécialiste des séismes au CEA, explique au quotidien qu'il n'y a pas eu de tsunami car le mouvement sismique s'est produit horizontalement, alors que les vagues géantes sont plutôt liées à des mouvements verticaux qui provoquent un déplacement d'eau au fond de la mer.



Simulation du temps de propagation des vagues depuis le séisme.

KIOSQUE



L'expérience Tara

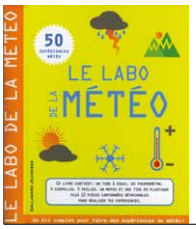
À bord de la goélette Tara, océanographes, biologistes et physiciens se sont relayés pendant deux ans pour inventorier le plancton de tous les océans. Sophie Nicaud, chercheuse au CEA-Genoscope, s'est aventurée dans cette expédition scientifique inédite, en naviguant plus d'un mois dans les mers du sud à la recherche de micro-organismes insolites. Une expérience ici restituée de manière ludique et pédagogique qui insiste sur le rôle primordial joué par le plancton.

Mission Tara Océans, journal d'une scientifique. Sophie Nicaud. Ed. Le Pommier. 13 €

De Newton à Poincaré

« S'il y a un concept dont tout le monde parle c'est le fameux effet papillon… ». Ainsi débute le récit audio de l'auteur qui, durant 61 minutes, déroule le fil du déterminisme. L'histoire nous mène de Newton qui cherchait à prédire les mouvements des objets et des planètes jusqu'à Henri Poincaré qui, face à la complexité du monde, développait une approche plus modeste, plus pratique de laquelle est née la théorie du chaos.

La théorie du chaos. Étienne Ghys. Ed. De vive voix. 9,90 €

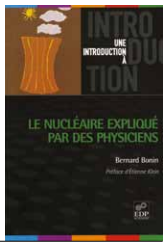


Découvrir la météo

Un tube à essai, un thermomètre, quatre coupelles, cinq pailles, un moyeu, une tige en plastique et quelques objets ou aliments de notre quotidien… Tous les éléments de ce kit proposent aux enfants de comprendre les phénomènes météorologiques à travers une cinquantaine d'expériences à réaliser. La force du vent, l'humidité, le froid, les arcs en ciel ou encore le tonnerre et ses éclairs n'auront plus de mystères pour eux.

Le labo de la météo. Ed. Gallimard Jeunesse. 19,95 €

Comprendre le nucléaire



Informer en toute objectivité sur les enjeux du nucléaire. Un objectif que poursuit l'auteur en six chapitres. L'occasion d'aborder les effets des radiations sur l'homme et l'environnement, le fonctionnement des réacteurs, la gestion des déchets, l'analyse des accidents majeurs… *« Lecture faite, chacun pourra prendre part au débat général sur l'énergie, en meilleure connaissance de cause »* conclut Étienne Klein dans la préface de cet ouvrage.

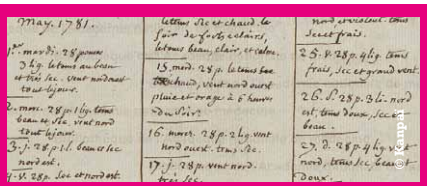
Le nucléaire expliqué par des physiciens. Bernard Bonin. Ed. EDP Sciences. 29 €

SUR LE WEB

RETOUR SUR 938 JOURS EN MER

De la préparation du bateau jusqu'à son retour à Lorient en mars dernier, en passant par des escales dans l'océan indien ou encore en antarctique, revenez notamment en images et en vidéos sur l'expédition scientifique Tara Océans. Soit une aventure de 938 jours en mer qui permettra d'évaluer l'impact du changement climatique sur les systèmes planctoniques.

www.oceans.taraexpeditions.org



ARCHIVES CLIMATIQUES EN LIGNE

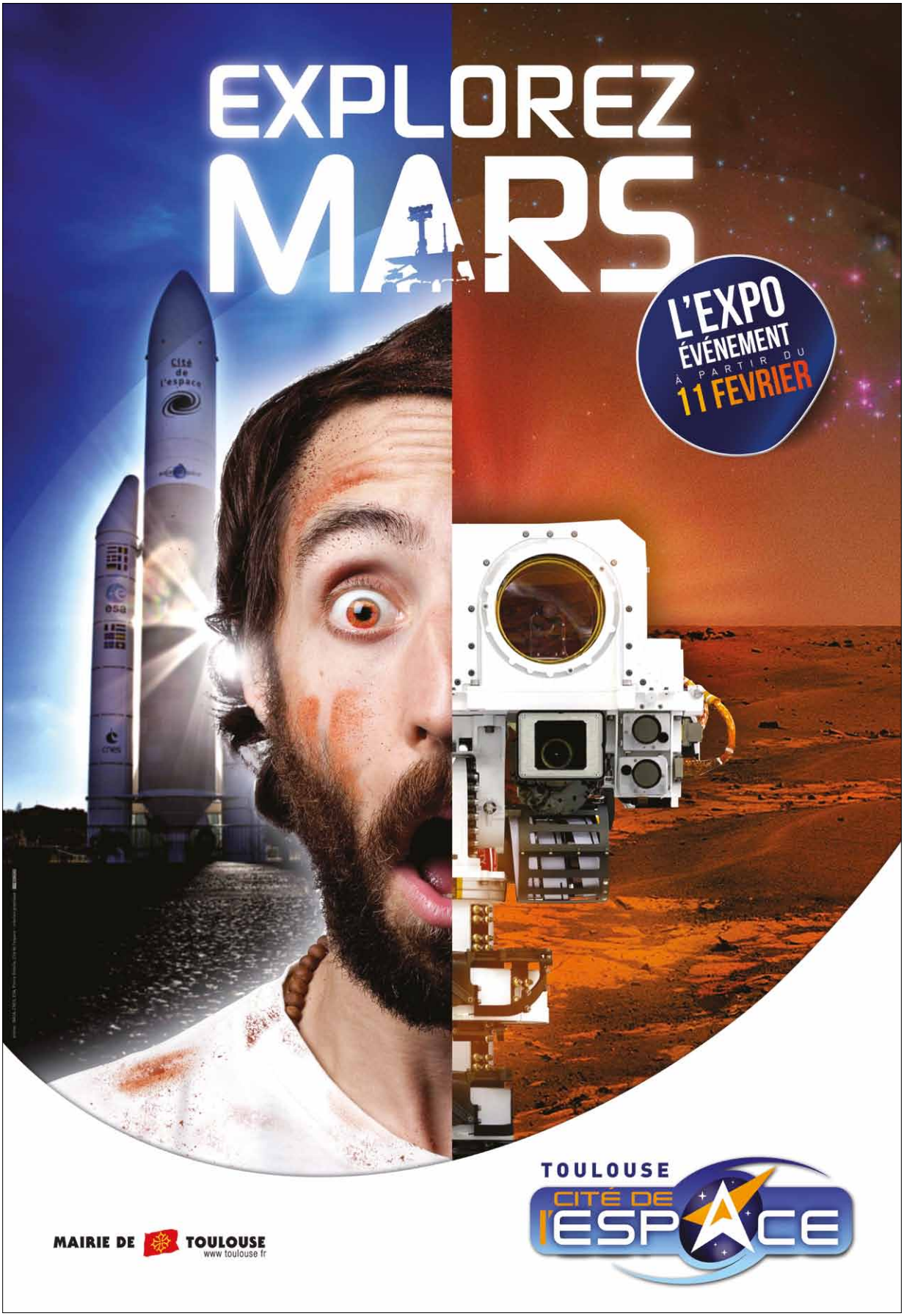
Plongez dans les archives du passé qui ont permis de reconstituer des épisodes météorologiques emblématiques des XVII[e] et XIX[e] siècles ! La numérisation de ces relevés d'époque est la première étape d'un projet financé par l'ANR (Agence nationale de recherche) qui permettra aux climatologues français d'évaluer la capacité de leurs modèles numériques à simuler d'anciens événements climatiques connus.

www.meteo.academie-medecine.fr

RECHERCHES SUR LES MALADIES INFECTIEUSES

Sida, hépatite C, tuberculoses, les maladies infectieuses sont un enjeu de santé publique. Souvent liées au déplacement des populations, elles sont également difficiles à combattre du fait de l'apparition de résistances aux antibiotiques. La meilleure solution : la vaccination, que des chercheurs du CEA-iMETI travaillent à développer. Présentation de ces recherches.

www.cea.fr/videos-rss



CURIOSITY : OBJECTIF MARS

Explorez Mars. Cité de l'Espace. Toulouse. Jusqu'au 3 juillet 2013

Il doit se poser le 6 août 2012 sur la planète Mars. Lui, c'est le robot Curiosity de la Nasa qui embarque à son bord un laser inédit développé par le CEA pour analyser la roche martienne à distance. Cette aventure spatiale est l'occasion pour la Cité de l'Espace de proposer au public d'explorer la planète rouge : quelle est sa température, quelle est la couleur de son ciel, peut-on y respirer, comment marcher… ? Le tout, en suivant en temps réel la progression du robot.

Explorez Mars. Cité de l'Espace. Toulouse. Jusqu'au 3 juillet 2013