



**Pourquoi  
la recherche  
animale** reste  
indispensable

**Le gaz**  
sera-t-il  
l'énergie de  
la transition ?

**Gyptis,**  
le bateau  
antique  
cousu main

**CORÉE DU SUD,**  
le nouvel  
eldorado  
de la science

Votre vocation fait votre fierté,  
la nôtre est de vous assurer.



Exercer son talent au service des autres est une mission que nous partageons. C'est pourquoi, **la GMF, 1<sup>er</sup> assureur des agents des services publics** en fait toujours plus pour vous assurer dans votre vie personnelle (assurance auto, habitation, complémentaire santé, épargne) et vous accompagner dans votre vie professionnelle. À votre tour, rejoignez nos 3 millions de sociétaires pour profiter **des offres privilégiées** que nous vous réservons.

POUR LES MOINS DE 30 ANS

**50€ OFFERTS\***

SUR VOTRE ASSURANCE AUTO

Renseignez-vous au **0 970 809 809** (numéro non surtaxé) ou sur [www.gmf.fr](http://www.gmf.fr)

\*Offre réservée aux agents des services publics de moins de 30 ans, la 1<sup>re</sup> année, à la souscription d'un contrat d'assurance auto, valable jusqu'au 31/12/2014.

**LA GARANTIE MUTUELLE DES FONCTIONNAIRES et employés de l'État et des services publics et assimilés** - Société d'assurance mutuelle - Entreprise régie par le Code des assurances - R.C.S. Paris 775 691 140 - Siège social : 76, rue de Prony - 75857 Paris Cedex 17 et ses filiales GMF Assurances. La Sauvegarde et GMF Vie. Adresse postale : 45930 Orléans Cedex 9.

**ASSURANCES MUTUELLES DE FRANCE** - Société d'assurance mutuelle - Entreprise régie par le Code des assurances - R.C.S. Paris 323 562 678 - Siège social : 11, place des Cinq Martyrs du Lycée Buffon - 75014 Paris. Adresse postale : 45930 Orléans Cedex 9.

**80** ans **GMF**  
**ASSURÉMENT Humain**

# CNRS LE JOURNAL

## Rédaction :

3, rue Michel-Ange - 75794 Paris Cedex 16

Téléphone : 01 44 96 53 88

E-mail : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr

Le site Internet : <https://lejournal.cnrs.fr>

Anciens numéros :

<https://lejournal.cnrs.fr/numeros-papiers>

## Directeur de la publication :

Alain Fuchs

## Directrice de la rédaction :

Brigitte Perucca

## Directeur adjoint de la rédaction :

Fabrice Impériali

## Rédacteur en chef :

Matthieu Ravaut

## Chef de rubrique :

Charline Zeitoun

## Rédacteurs :

Claire Debôves, Yaroslav Pigenet

## Assistante de la rédaction

et fabrication :

Laurence Winter

## Ont participé à ce numéro :

Stéphanie Arc, Mathieu Bane,  
Bruno Baudoin, Lydia Ben Ytzhak,  
Kheira Bettayeb, Laure Cailloce,  
Sebastián Escalón, Léa Galanopoulo,  
Arby Gharibian, Mathieu Grousson,  
Denis Guthleben, Louise Lis, Carina Louart,  
Louise Mussat, Martin Rhodes,  
Philippe Testard-Vaillant, Isabelle Tratner

## Secrétaire de rédaction :

Isabelle Grandrieux

## Conception graphique :

Céline Hein

## Iconographes :

Anne-Emmanuelle Héry,

Marie Mabrouk

## Impression :

Groupe Morault, Imprimerie de Compiègne

- 2, avenue Berthelot - Zac de Mercières

- BP 60524 - 60205 Compiègne Cedex

ISSN 0994-7647 AIP 0001583

Dépôt légal : à parution

Photos CNRS disponibles à :

phototheque@cnrs-belleuve.fr ;

<http://phototheque.cnrs.fr>

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



En couverture : chevalets de  
pompage exploitant un champ  
d'hydrocarbures aux États-Unis.

PHOTO : D. MCNEW/GETTY IMAGES/AFP

**R**echerche en biologie et expérimentation animale sont unies par un lien aujourd'hui remis en question par nombre de citoyens, convaincus de l'incompatibilité entre expérimentation et respect de l'animal. Or l'expérimentation animale, nécessaire aux avancées scientifiques, peut et doit se faire dans le respect de l'animal. Face à une propagande souvent obscurantiste, il est grand temps de clarifier la situation.

La recherche en biologie aborde les origines de la vie et son évolution, l'organisation des molécules, des cellules, des organismes et des populations, la logique génétique, physiologique et environnementale qui régit cette complexité. Pour cela, il faut observer l'ensemble du vivant, mais aussi intervenir sur celui-ci pour décrypter son fonctionnement. La recherche animale est incontournable pour comprendre les

règles du vivant qui ont pu être au préalable étudiées in vivo ou in silico. Interdire l'expérimentation animale limiterait gravement l'accroissement des savoirs, pourtant un devoir dû à la population de tout pays éclairé, et les avancées biomédicales.

En effet, la recherche en santé humaine s'enrichit de la confrontation de données issues de l'expérimentation sur les animaux à celles issues de l'analyse des pathologies humaines. C'est la découverte de neurones « miroirs » chez le singe qui nous a permis de comprendre comment notre cerveau peut appréhender les émotions des autres, bouleversant notre approche de l'autisme et de la schizophrénie. C'est grâce à l'expérimentation sur le singe que sont développées les prothèses qui, demain, seront mues par la pensée. C'est en étudiant l'aplysie ou le poisson électrique que l'on cerne mieux certains mécanismes de la mémoire visuelle chez l'homme.

Pour autant, nous devons nous interroger sur la remise en cause de l'expérimentation animale de la part de nos concitoyens. Elle est issue de la prise de conscience grandissante que l'animal est un être sensible, et qu'il ne faut pas le faire souffrir. Mais l'opinion ignore que les scientifiques pratiquent une recherche animale où l'éthique est un questionnement quotidien dans un cadre réglementaire qui garantit le respect de la sensibilité animale. La biologie peut-elle se passer de l'expérimentation animale ? C'est aujourd'hui inconcevable. Les chercheurs ont le devoir d'informer leurs concitoyens sur le respect apporté aux animaux dans leurs pratiques de recherche. Il en va des progrès de demain.

Par Catherine Jessus,  
directrice de l'Institut des  
sciences biologiques du CNRS



© DÉLÉGATION PMA



© D. CHARLET/AFP PHOTO

# GRAND FORMAT

13

Le gaz, énergie de la transition ? .....	14
Gyptis, le bateau cousu main .....	24
Pointée du doigt, la recherche animale reste indispensable .....	30

11

Philippe Lamy,  
les yeux vers Rosetta

© S. RUAT

## EN PERSONNE 5

Clément Sanchez, la chimie comme un Lego .....	6
Ma thèse en 180 secondes : et les finalistes sont... ..	8
Philippe Baptiste nommé à la tête de la DGDS .....	9
Pascale Delecluse, nouvelle directrice de l'Insu .....	10
Trois questions à Denis-Didier Rousseau, organisateur du prochain colloque d'automne de l'AGU ..	12

Un jour à bord  
de la goélette  
Tara

38

© F. LAURELLE/TARA EXPÉDITIONS

## EN ACTION 37

Les déconnectés volontaires .....	40
Une vie complexe il y a 2,1 milliards d'années .....	41
Corée du Sud, la révolution fondamentale .....	42
Exploiter les profondeurs de l'océan .....	45
L'agriculture, une histoire de famille .....	46
Facebook « like » un logiciel CNRS .....	47
Subatech, un labo à la pointe du nucléaire .....	48
Les trésors des îles Éparses .....	49
Quand la vie animale s'est diversifiée .....	50
La biodiversité sur écoute .....	51
Les bons achats de la recherche .....	52
L'état des UMI d'Amérique .....	54

62

Des robots qui parlent  
comme des humains ?

© J. PAULIN 2013

## LES IDÉES 55

Regard sur l'emploi scientifique .....	56
Tous les pères sont dans la nature .....	57
Les vertus de l'ignorance .....	58
Démasquer les faux avis du Web .....	60
Ivan le Tyran ou le bon tsar Ivan ? .....	61

### CARNET DE BORD

Il y a 60 ans, le Cern voyait le jour ..... 64

### LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

CNRS, 75 ans et toujours d'attaque ..... 66



# Clément Sanchez, la chimie comme un Lego

PAR LOUISE MUSSAT

Clément Sanchez est un optimiste. Pas du genre à penser que le monde court à sa perte ni que notre crise énergétique est sans issue. Normal : de ses recherches en chimie des matériaux hybrides, une discipline qui consiste à créer sur mesure des matériaux combinant les fonctionnalités du monde minéral aux propriétés du monde du vivant, découlent de multiples applications porteuses d'espoir.

« La chimie des matériaux hybrides consiste, par exemple, à doter un simple morceau de verre transparent de la souplesse et de l'éclatante couleur d'un pétale de fleur afin de créer un matériau possédant des propriétés mécaniques et optiques très performantes. Et le champ des possibles n'a de limites que celles de notre imagination. Dans le domaine de l'environnement, nous pouvons ainsi élaborer des cellules photovoltaïques sur substrats durs ou flexibles, des capteurs capables de détecter des matériaux toxiques, des photocatalyseurs permettant de dépolluer un liquide, des catalyseurs qui transforment les hydrocarbures lourds en essence tout en dépensant un minimum d'énergie, etc. », énumère avec enthousiasme

le chimiste de 65 ans, ancien directeur de recherche au CNRS<sup>1</sup> et professeur chargé de cours à l'École polytechnique, aujourd'hui professeur au Collège de France.

## Pionnier des matériaux hybrides

On comprend pourquoi il a reçu le 17 juin le Grand Prix ENI 2014 « Protection de l'environnement », remis à Rome par le président de la République italienne et considéré comme le plus prestigieux du domaine. Cette distinction a déjà honoré deux Français experts en chimie des matériaux, dont l'un est issu de l'école de pensée des matériaux hybrides (Gérard Férey, médaille d'or du CNRS 2010). Une école dont Clément Sanchez est l'un des pionniers. « J'ai joué à la fois un rôle de moteur et de fédérateur dans les années 1980 en réalisant des recherches en rupture avec les concepts

développés en chimie du solide et en organisant des colloques nationaux et internationaux afin que des chercheurs issus de différentes disciplines se rencontrent et travaillent ensemble pour innover. Le développement d'une chimie des matériaux hybrides originale nécessitait un véritable métissage culturel et disciplinaire », explique-t-il.

Pour rassembler ainsi le monde minéral et le monde organique, Clément Sanchez était sans doute le mieux placé de tous les chimistes de sa génération, eu égard à son parcours singulier. Après avoir débuté dans un laboratoire privé pour lequel il fait des synthèses de matières organiques, il intègre un IUT de chimie, d'où il ressort major de promo. Identifié comme un futur chimiste talentueux, il se voit proposer d'intégrer l'École nationale supérieure de chimie, d'où il ressort... major de promo. À ce stade, en 1978, il est approché par plusieurs industriels, mais il préfère l'Université et entame une thèse sous la direction de Jacques Livage.

## Architecte de l'infiniment petit

Encouragé par celui qu'il considère comme l'un de ses mentors, Clément Sanchez développe, à partir des années 1980, des recherches théoriques et expérimentales de niveau très élevé. L'époque est mûre pour la chimie des matériaux hybrides. Il en sera l'un des premiers artisans, lui qui, de la chimie, connaît aussi bien les organiques, étudiés très précocement, que la version minérale, apprise au cours de sa thèse.

Quand on lui demande « Mais pourquoi la chimie ? », il répond sans hésitation : « Parce que tout est chimie ! Notre corps, les planètes, les galaxies, nos relations amoureuses en partie. Tout n'est qu'un assemblage de molécules, un gigantesque jeu de Lego. Et jouer au Lego de la matière, c'est extrêmement amusant ! »

## Son parcours en 5 dates

- 1949 Naissance le 16 mars à Paris
- 1978 Entrée au CNRS
- 1995 Lauréat de la médaille d'argent du CNRS
- 2011 Devient professeur au Collège de France et membre de l'Académie des sciences
- 2014 Lauréat du Grand Prix ENI 2014 « Protection de l'environnement »

### MATIÈRE

**Chimie.** Clément Sanchez a reçu le 17 juin le Grand Prix ENI 2014 « Protection de l'environnement », le plus prestigieux dans ce domaine. Portrait d'un chimiste qui joue dans la cour des grands.

1. Au laboratoire Chimie de la matière condensée (CNRS/UPMC/Collège de France).



© P. IMBERT/COLLEGE DE FRANCE



Lire l'intégralité de l'article  
sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

*“Notre corps, les planètes,  
les galaxies, nos relations  
amoureuses en partie...  
Tout n'est qu'un  
assemblage de molécules.”*

par les cellules cancéreuses, ce qui permet de cibler la tumeur. Nous rendons également ces vecteurs magnétiquement ou optiquement actifs, en les parant par exemple de toutes petites particules d'oxyde de fer ou d'or. Ainsi, lorsqu'ils arrivent à proximité de la tumeur, nous les excitons par un champ magnétique ou optique, ce qui permet d'échauffer localement la tumeur afin de la détruire. Cet échauffement peut aussi avoir pour effet de libérer plus aisément le médicament logé dans les très nombreux interstices de notre vecteur que nous avons volontairement rendu poreux. La

chimie des matériaux hybrides permet des architectures complexes et multifonctionnelles. »

#### **Cosignataire de plus de 50 brevets**

Si complexes et originales qu'elles ont valu à Clément Sanchez de cosigner plus de 50 brevets, de recevoir une quinzaine de prix, d'être élu académicien dans cinq Académies des sciences (en France et en Europe). Et d'être très sollicité dans le monde entier. « J'ai eu de nombreuses propositions émanant de l'étranger, dont certaines allaient de pair avec un salaire bien supérieur au mien, commente-t-il. Si j'ai choisi de rester en France, c'est parce que le système de recherche français permet encore aux chercheurs de jouir d'une très grande liberté pour mener des recherches à la fois fondamentales et appliquées et de recruter de jeunes chercheurs créatifs et excellents. » De futurs grands chimistes des matériaux hybrides... Forcément optimistes. II

Les règles du jeu sont les suivantes : les molécules font office de briques élémentaires. Pour fabriquer des matériaux hybrides, Clément Sanchez et son équipe ont recours à « la chimie douce », c'est-à-dire à des réactions de polymérisation dans des conditions tempérées afin de préserver le matériel organique, beaucoup plus fragile que le minéral. Avant de construire les architectures hybrides, les chimistes sélectionnent les fonctions dont ils ont besoin, en s'inspirant très souvent des matériaux du vivant.

Mais comment inclure ladite fonction dans l'assemblage moléculaire ? Explication avec une application en cours de développement et pour laquelle Clément Sanchez est très enthousiaste : « Nous sommes en train de créer des vecteurs thérapeutiques capables de cibler des cellules cancéreuses, de les visualiser et de les détruire efficacement et localement. Nous équipons nos vecteurs de molécules qui reconnaissent les groupements organiques surexprimés

#### **POLYMÉRISATION**

Enchaînement des briques élémentaires comme des perles dans un collier.

# Ma thèse en 180 secondes : et les finalistes sont...

PAR LÉA GALANOPOULO

Résumer trois années de recherche en trois minutes, tel est le défi lancé aux participants de « Ma thèse en 180 secondes », un concours organisé par le CNRS et la Conférence des présidents d'université. Parmi les 400 candidats, seules trois thésardes ont été sélectionnées lors de la finale française, le 10 juin, à Lyon. Marie-Charlotte Morin, Noémie Mermet et Chrystelle Armata ont remporté l'adhésion du jury présidé par Geneviève Fioraso, secrétaire d'État à la Recherche et à l'Enseignement supérieur. Elles partiront, le 25 septembre, disputer la finale francophone à Montréal. Un exercice de vulgarisation qui leur permet aussi de valoriser les avancées et le dynamisme de la recherche. Créée en Australie en 2008, la compétition a été adaptée au Québec en 2012, avec l'appui de l'Association francophone pour le savoir (Acfas), qui l'a étendue aux pays francophones pour la première fois cette année. Les lauréates françaises affronteront donc les trois vainqueurs respectifs du Maroc, du Québec et de la Belgique. ||

## 1<sup>er</sup> prix et prix du public



**MARIE-CHARLOTTE MORIN 26 ANS**

Marie-Charlotte Morin<sup>1</sup> a conquis le jury grâce à sa spirituelle présentation sur le ver *C. elegans*. La doctorante, étudie avec ses collègues une cellule rectale spécifique de ce ver capable de migrer pour se transformer en un neurone parfaitement fonctionnel ! Un changement d'identité cellulaire spontané, qui donne de l'espoir dans le traitement de certaines maladies neurodégénératives comme Parkinson ou Alzheimer. « Presque tous les gènes du ver impliqués dans cette transformation cellulaire sont présents chez l'homme. À long terme, on pourrait donc imaginer utiliser ce mécanisme pour convertir une cellule en neurone humain », explique la lauréate.

## 2<sup>e</sup>

**NOÉMIE MERMET 24 ANS**

Passionnée de vulgarisation scientifique, ce défi a permis à Noémie Mermet<sup>2</sup> « de faire découvrir l'allodynie au grand public : une maladie peu connue dont la sensation s'apparente au coup de soleil. C'est le fait d'éprouver une douleur à la suite d'une stimulation habituellement indolore, comme une caresse sur la peau. Ce symptôme touche 40 % des Français souffrant de douleur chronique comme la migraine ou l'arthrose », explique Noémie Mermet. En étudiant comment s'activent les neurones mis en cause dans ce dysfonctionnement, Noémie Mermet et ses collègues, dirigés par Radhouane Dallel, espèrent ouvrir une voie thérapeutique efficace contre cette maladie.



**CHRYSTELLE ARMATA 26 ANS**

« Cette expérience merveilleuse m'a permis de diffuser mes recherches, mais surtout de transmettre ma passion : le droit ! », s'enthousiasme Chrystelle Armata<sup>3</sup>, qui étudie l'impact des nouvelles technologies sur nos libertés. Vidéosurveillance, écoutes téléphoniques, géolocalisation... Ces moyens sont-ils loyaux pour obtenir des preuves policières ? Dans quelle mesure nuisent-ils à nos libertés fondamentales ? La doctorante, qui se rêve commissaire de police, cherche à travers sa thèse à « repenser le principe de loyauté, pour, dans le futur, adapter la loi face au développement de telles technologies ».

1. Institut de génétique et de biologie cellulaire et moléculaire (CNRS/Inserm/Univ. de Strasbourg). 2. Laboratoire Neuro-Dol, unité Douleur trigéminal et migraine. 3. Unité de recherche en droit pénal, université Jean-Moulin Lyon-III.



© ARCHÉOVISION

▼ Séance de travail de l'équipe Archéovision autour d'une table numérique collaborative à l'université Bordeaux-Montaigne.

SOCIÉTÉS

## Quand la France se prend en photo

Le 14 juillet, des dizaines de milliers de personnes ont posté des clichés sur le site de l'opération « Ma France en photo », lancée par le magazine *Paris Match* en partenariat avec le CNRS. L'objectif : créer le plus grand album de photos d'une journée en France. La communauté scientifique était aussi conviée à déposer ses photos, telle cette photo ci-contre, pour montrer comment la recherche se déploie en France ou à l'étranger, dans les bureaux, en laboratoire comme en extérieur. Les photos récoltées durant cette opération inédite pourraient également constituer un corpus intéressant pour les sociologues, politistes, historiens et spécialistes des médias.



Lire l'intégralité de l'article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

» [www.mafrance.photo](http://www.mafrance.photo)

# Philippe Baptiste nommé à la tête de la DGDS

Nommé le 2 juin, Philippe Baptiste est le nouveau directeur général délégué à la science du CNRS. Succédant à Joël Bertrand, Philippe Baptiste devient ainsi l'un des trois membres du directoire du CNRS, avec le directeur général délégué aux ressources, Xavier Inglebert, et le président du CNRS Alain Fuchs. Aux côtés de ce dernier, il sera notamment chargé de la coordination des dix instituts du CNRS, de l'interdisciplinarité, de l'innovation, des coopérations internationales et des partenariats. Directeur de recherche, ingénieur civil des Mines de Nancy, docteur en informatique et titulaire d'un Master of Science de l'université de Strathclyde (Royaume-Uni), Philippe Baptiste a fait ses débuts aux États-Unis chez IBM Research. Entré au CNRS en 1999, il rejoint en 2002

le Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (LIX)<sup>1</sup>, dont il prend la direction en 2008. Élu au Comité national de la recherche scientifique de 2004 à 2008, il devient en 2010 directeur de l'Institut des sciences de l'information et leurs interactions (INS2I) du CNRS. Il rejoint ensuite en 2013 le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en tant que chef du service de la stratégie de la recherche et de l'innovation. Ses travaux en théorie de l'ordonnancement, en optimisation combinatoire et en recherche opérationnelle ont été publiés dans une quarantaine de revues internationales et ont été récompensés par le prix Cor Baayen, la Goldstine Fellowship d'IBM et le prix Robert Faure de la Société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision.



© C. FRÉSILLON/CNRS PHOTOTHÈQUE

1. Unité CNRS/École polytechnique.



© DÉLÉGATION PMA

## Pascale Delecluse, nouvelle directrice de l'Insu

Éminente océanographe et climatologue, Pascale Delecluse a été nommée à la tête de l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS (Insu) par Alain Fuchs, président de l'organisme. Elle succède à Michel Diament, qui avait assuré la direction par intérim depuis le décès de Jean-François Stéphan en décembre dernier. Diplômée de l'École normale supérieure de Sèvres, agrégée en physique et docteur en océanographie physique, elle a permis des avancées scientifiques majeures sur le phénomène El Niño et sur les interactions océan-atmosphère. Son modèle de simulation de la circulation générale océanique fait partie des plus utilisés au monde. Entrée en fonction à la direction de l'Insu le 1<sup>er</sup> juillet, elle occupait précédemment le poste de directrice adjointe du département recherche à Météo-France. Elle préside toujours les conseils scientifiques de l'Ifremer et d'Irstea. Cette scientifique hors pair, au CNRS depuis vingt-six ans, a notamment reçu la médaille de bronze du CNRS en 1983, puis celle d'argent en 1999.

TÉLEX \_ TÉLEX \_ TÉLEX \_ TÉLEX \_ TÉLEX \_ TÉLEX \_

**Ania Szczepanska,**  
historienne du cinéma, a remporté le Grand Prix du Festival de film de chercheur, organisé par le CNRS et l'université de Lorraine. Son film s'intitule : *Nous filmons le peuple!*

**Élisabeth Décultot**  
est lauréate 2015 de la prestigieuse chaire Humboldt. Membre du Centre Georg-Simmel, cette germaniste est spécialiste de l'esthétique allemande du XVIII<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle.

L'anthropologue **Francesco d'Errico** a reçu le prix international Fabio Frassetto, attribué tous les ans par l'Accademia Nazionale dei Lincei de Rome.

Médaille d'or 2010 du CNRS, **Gérard Férey** est l'un des deux lauréats 2014 de l'EuCheMS Lecture, décerné par l'Association européenne pour la chimie et les sciences moléculaires.

205

publications  
scientifiquesqui ont  
suscité

6260

citations dans  
d'autres  
publications

dont

2

parmi les plus citées  
des revues *Icarus*  
et *Solar Physics*

38 ans

de carrière  
au CNRS

dont

21

comme  
directeur de  
recherche

5

instruments  
spatiauxdéveloppés  
grâce à lui

dont

le  
coronographe  
Lasco-C2Il a donné  
son nom à1  
astéroïde

## Philippe Lamy, les yeux vers Rosetta

qui  
a détecté  
2016  
nouvelles  
comètes

et

30000

éjections de  
masse coronale  
du SoleilSon équipe  
a caractérisé

35

noyaux  
cométairesdont celui où  
doit se poser Philae,  
l'atterrisseur de  
la sonde Rosetta,  
le

11-11-2014

Brillant concepteur d'instruments spatiaux, cet astrophysicien de renommée mondiale garde actuellement les yeux rivés vers la sonde Rosetta. Normal : c'est grâce à son équipe que l'atterrisseur qu'elle transporte a été amélioré in extremis pour se poser en douceur en novembre prochain sur la comète Churyumov-Gerasimenko. Directeur de recherche émérite au CNRS, pilier du Laboratoire d'astrophysique de Marseille<sup>1</sup>, les instruments qu'il a contribué à mettre au point sont à l'origine de nombreux résultats scientifiques.

PAR CHARLINE ZEITOUN



Découvrez un long portrait de  
Philippe Lamy sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

1. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ.

## 3 questions à Denis-Didier Rousseau, organisateur du prochain colloque de l'AGU

PROPOS RECUEILLIS PAR LÉA GALANOPOULO



© J.-F. DARS/CNRS PHOTO THÈQUE

### **Vous venez d'être nommé à la tête de l'organisation du colloque d'automne de l'American Geophysical Union (AGU), dont la prochaine édition se tient du 15 au 19 décembre. Comment réagissez-vous à cette nomination ?**

Je suis très honoré par cette nomination. C'est une reconnaissance, car c'est le plus important congrès de géosciences – il rassemble chaque année plus de 22 000 participants – et j'en serai le responsable de la programmation scientifique. J'ai reçu cette nomination avec autant de fierté qu'on reçoit un prix scientifique. D'autant plus que je suis le premier non-Américain à ce poste. À travers ma nomination, l'AGU a fait preuve de volonté d'ouverture à l'international.

### **Quel est le rôle de l'AGU, créée en 1919 ?**

L'AGU est la plus puissante association internationale de sciences de la Terre et de l'espace. Ses travaux portent sur de nombreuses thématiques comme les océans, le climat ou encore l'hydrologie. Elle promeut et défend les géosciences au niveau politique en organisant des

conférences devant les membres du Congrès américain, à Washington. Son poids politique et scientifique est très important. Ainsi, l'organisation du colloque favorise grandement la dissémination des études scientifiques et la coopération entre chercheurs.

### **Vous avez été nommé pour la période 2014-2016. En tant qu'organisateur, quelles seront vos missions ?**

En tant que président du comité de programme, j'ai pour objectif de mettre en musique les activités scientifiques de l'opération, le tout sur cinq jours. Cette année, j'ai fait un grand nombre de propositions et de changements qui ont été très bien perçus. J'aimerais, par exemple, que les jeunes – étudiants, jeunes chercheurs... – soient plus impliqués dans le congrès. Ils représentent l'avenir des géosciences et le renouveau du meeting. Il est aussi important pour moi de mettre en place de la transdisciplinarité dans cet événement, en l'ouvrant notamment aux sciences sociales ou en invitant les communautés d'ingénieurs. Le tout en veillant à ce que l'opération reste un succès ! ||

#### **Son profil**

- ▷ Directeur de recherche au Laboratoire de météorologie dynamique (CNRS/UPMC/ENS/École polytechnique)
- ▷ Délégué scientifique aux affaires polaires du CNRS

- ▷ Directeur du Centre d'enseignement et de recherches sur l'environnement et la société de l'ENS
- ▷ Président de la division climat de l'European Geosciences Union de 2009 à 2013

### **UNE PRÉSIDENTE POUR LE HAUT CONSEIL DES BIOTECHNOLOGIES**

Fin juillet, députés et sénateurs ont confirmé la nomination de Christine Noiville, directrice de recherche au CNRS, à la présidence du Haut Conseil des biotechnologies (HCB). Après l'avoir auditionnée le 22 juillet, les membres des commissions du développement durable des deux chambres ont en effet voté à l'unanimité en faveur de cette juriste de formation qui a travaillé notamment sur le principe de précaution et a présidé pendant cinq ans le comité économique, éthique et social du HCB. Elle succède à Jean-François Dhainaut.

### **NOMINATION À L'INSTITUT DE PHYSIQUE**

Le 10 juin, Fabrice Vallée, directeur de recherche au CNRS, a été nommé directeur par intérim de l'Institut de physique (INP). Il en était jusqu'ici directeur adjoint scientifique chargé de la politique de sites à l'INP. Fabrice Vallée succède à Jean-François Pinton, nommé président de l'École normale supérieure de Lyon.

### **UN CHERCHEUR AU SOMMET DES NANOS**

Professeur à l'université de Strasbourg, Thomas Ebbesen est le premier chercheur français lauréat du prix Kavli, la plus haute récompense pour les nanosciences. Directeur de l'Institut d'études avancées de Strasbourg (Usias) et ancien directeur de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (CNRS/Univ. de Strasbourg), ce scientifique franco-norvégien est honoré pour ses importants travaux sur la transmission optique extraordinaire. Il recevra le prix aux côtés des deux autres lauréats, le 9 septembre, à Oslo, en présence du roi de Norvège.

### **UN NOUVEAU PRIX POUR MAXIM KONTSEVITCH**

Déjà lauréat de nombreux prix importants ces dernières années, le mathématicien Maxim Kontsevitch, membre de l'Institut des hautes études scientifiques (dans lequel le CNRS est impliqué), s'est vu attribuer à la fin du mois de juin le Breakthrough Prize in Mathematics. Cette distinction a été lancée par Mark Zuckerberg, le fondateur du site Facebook, et l'entrepreneur russe Yuri Milner pour « faire partager au grand public l'excitation que procurent les maths ».

# GRAND FORMAT



*On s'attarde sur une incontournable source d'énergie, on admire la réplique d'une barque antique et l'on défend une nécessaire recherche animale.*

ILLUSTRATION : E. POLANCO/COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL



Chevalets de pompage exploitant un champ d'hydrocarbures en Californie, aux États-Unis.

# Le gaz, énergie de la transition ?

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR YAROSLAV PIGENET,  
LAURE CAILLOCE ET LYDIA BEN YTZHAK

SOCIÉTÉS

TERRE

Environnement. À l'heure de la transition énergétique, il est plus que jamais nécessaire de disposer d'une source d'énergie stockable assurant le relais des énergies renouvelables intermittentes. Dans ce contexte, la découverte de nouvelles ressources non conventionnelles explique que certains présentent le XXI<sup>e</sup> siècle comme l'âge d'or du gaz, considérant ce dernier comme la moins nocive des énergies fossiles.



Que peuvent avoir en commun le P-DG de l'équipementier Vallourec<sup>1</sup>, Greenpeace Allemagne<sup>2</sup> et l'Agence internationale de l'énergie (AIE)<sup>3</sup> ? Tous voient dans le méthane, plus connu sous le nom de gaz naturel, si ce n'est la panacée, du moins la source d'énergie incontournable de la transition énergétique. Pourtant, ce gaz partage avec le pétrole ou le charbon le double défaut des énergies fossiles, être épuisable et générateur de gaz à effet de serre. « Il est important de resituer le problème du développement de nouvelles énergies dans le contexte de la double contrainte du développement énergétique durable à long terme, lié à la lutte contre le changement climatique, et de la raréfaction des sources d'énergie conventionnelles, affirme l'économiste Patrick Criqui, du laboratoire Pacte-Edden<sup>4</sup>. Or, malgré la montée en puissance des sources renouvelables telles que l'éolien, le solaire ou la biomasse, il n'existe à court et à moyen terme aucune solution de substitution totale aux énergies fossiles. » Dès lors, de nombreux spécialistes s'accordent à considérer le gaz, qu'il soit d'origine conventionnelle ou non (*lire l'encadré p. 16*), comme l'énergie de la transition. Reste à savoir quelle place il occupera dans la loi de transition énergétique qui a été présentée par Ségolène Royal au Conseil des ministres le 30 juillet et qui sera débattue au Parlement à l'automne.

## L'énergie fossile la moins polluante

Parce qu'il est relativement facile à stocker et à distribuer, le gaz est une source d'énergie polyvalente et mobilisable à tout moment, ce qui en fait aussi le relais idéal des énergies éoliennes et solaires, par nature intermittentes, et qu'il peut pallier, notamment lors des pics de consommation électrique. « Actuellement, dans les grands pays industriels, le solaire photovoltaïque et l'éolien ne peuvent à eux seuls assurer une production électrique répondant de manière satisfaisante à la stabilité ou, au contraire, aux fluctuations de la demande, précise Alain Dollet, directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes, chargé de la cellule Énergie du CNRS. Tant que des procédés efficaces de stockage de l'électricité ne seront pas déployés au sein de réseaux plus "intelligents", on aura ...

1. La Tribune : <http://bit.ly/1x3wmtc> 2. Greenpeace : <http://bit.ly/1qcxoH>  
3. AIE : <http://bit.ly/1qyaali> 4. Unité CNRS/UPMF/Sciences Po Grenoble/UJF.



Affleurement de schiste bitumeux renfermant des hydrocarbures dans la région du Pembrokeshire, en Grande-Bretagne.

© BIOSPHOTOJ, WILSON/SPL

... recours aux centrales thermiques classiques, et, si l'on n'y brûle pas du gaz, ce sera du pétrole, ou pire, du charbon. » Or le gaz naturel est comparativement le moins polluante des énergies fossiles : tandis que 1 kWh produit avec du méthane n'émet que 400 grammes de CO<sub>2</sub>, le pétrole et le charbon en émettent respectivement 600 et 800 grammes, en plus des suies et des particules fines.

### De nouveaux gisements découverts

Par ailleurs, même si les réserves de gaz naturel fossile sont par essence limitées, la découverte et l'exploitation aux États-Unis de gisements non conventionnels – ce que l'on appelle improprement le gaz « de schiste » – a repoussé l'échéance de l'épuisement des réserves. « Du point de vue de l'utilisateur final, rien ne distingue un gaz conventionnel d'un gaz non conventionnel : il s'agit du même gaz naturel, insiste Alain Dollet. C'est l'endroit où réside le gaz et les techniques spécifiques employées pour l'en extraire qui déterminent sa nature conventionnelle ou pas. »

Pour comprendre cette distinction, il faut revenir au processus géologique qui aboutit à la formation du gaz naturel. Tout commence par le dépôt et l'accumulation de déchets organiques (végétaux terrestres, plancton marin, etc.) qui vont former une boue sur laquelle vont s'empiler de nouvelles couches géologiques. « Durant l'enfouissement, cette matière organique est piégée dans ce qu'on appelle la roche-mère, explique Bruno Goffé, du Cerege<sup>5</sup>. Sous l'effet de la pression et de la température, elle va progressivement se transformer en charbon, s'il s'agit de sédiments terrestres ou, s'ils sont d'origine marine, en un résidu organique, le kérogène, puis en huile et enfin en gaz. » À ce stade, une partie du gaz va s'en échapper et remonter par poussée d'Archimède jusqu'à être retenue dans un piège géologique, appelé roche-réservoir, où le méthane va alors s'accumuler. C'est de ces gisements situés dans des roches-réservoirs qu'on extrait le gaz naturel conventionnel à l'aide de forages verticaux. Ce qu'on appelle le gaz non conventionnel correspond donc au gaz resté dans la roche-mère ou qui s'est accumulé dans des roches particulièrement difficiles d'accès.

Les géologues ont calculé que de 10 à 40 % des hydrocarbures générés dans la roche-mère en demeurent prisonniers. En outre, seule une petite fraction des hydrocarbures expulsés finit piégée dans des roches-réservoirs. On sait donc que les roches-mères recèlent un gisement potentiel du même ordre de grandeur que celui de tous les gisements conventionnels exploités depuis les débuts de l'industrie gazière et restant à découvrir ! Au point que, dans un de ses documents publié en 2011, intitulé « Entrons-nous dans l'âge d'or du gaz ? »<sup>6</sup>, l'AIE estimait probable un scénario où la consommation de gaz augmenterait de 50 % d'ici à 2035, représentant alors plus d'un quart de notre consommation d'énergie totale.

### Une évaluation discutable des réserves

L'optimisme de l'AIE est toutefois loin de faire l'unanimité, notamment en ce qui concerne l'estimation des réserves de gaz exploitables à un coût économiquement, socialement et environnementalement tolérable. Selon Bruno Goffé, « l'évaluation actuelle des réserves fait débat, car, en fait, on ne connaît pas grand-chose de celles-ci : en Pologne, par exemple, où elles étaient estimées entre 30 et 440 ans de consommation nationale, certains ...

## Un seul gaz, plusieurs techniques

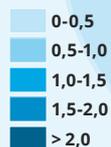
À partir du moment où il sort du puits, plus rien ne distingue le gaz naturel conventionnel du gaz dit « de schiste » : il s'agit, dans tous les cas, de méthane naturellement issu de la transformation progressive de la matière organique emprisonnée dans une roche-mère. La particularité des gaz non conventionnels est qu'ils nécessitent le recours à des procédés plus agressifs, plus élaborés, et donc plus coûteux, pour aller récupérer le gaz présent dans des zones jusque-là inexploitées car non rentables. Les spécialistes identifient ainsi trois types de gaz non conventionnels en fonction de la couche géologique dont ils sont extraits. D'une part, **le gaz de roche-mère**, habituellement, et abusivement, appelé gaz « de schiste », qui, comme son nom l'indique, est resté prisonnier de sa roche-mère minérale et que l'on va libérer en fracturant cette dernière. Ensuite, **le gaz de réservoir compact**, un gaz qui a certes migré depuis sa roche-mère mais qui est ensuite retenu prisonnier dans une roche-réservoir qu'il faut fracturer ou forer horizontalement pour l'en extraire. Enfin, **le gaz de charbon, ou gaz de couche, improprement appelé gaz « de houille »**, qui est un gaz de roche-mère naturellement présent dans tous les filons de houille, la roche-mère étant cette fois du charbon. C'est ce même gaz qui, lorsqu'il s'échappe spontanément du charbon et s'accumule dans les galeries de mines, provoque les coups de grisou.

5. Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CNRS/Aix-Marseille Univ./IRD/Collège de France). 6. AIE : <http://bit.ly/1rnQjch>

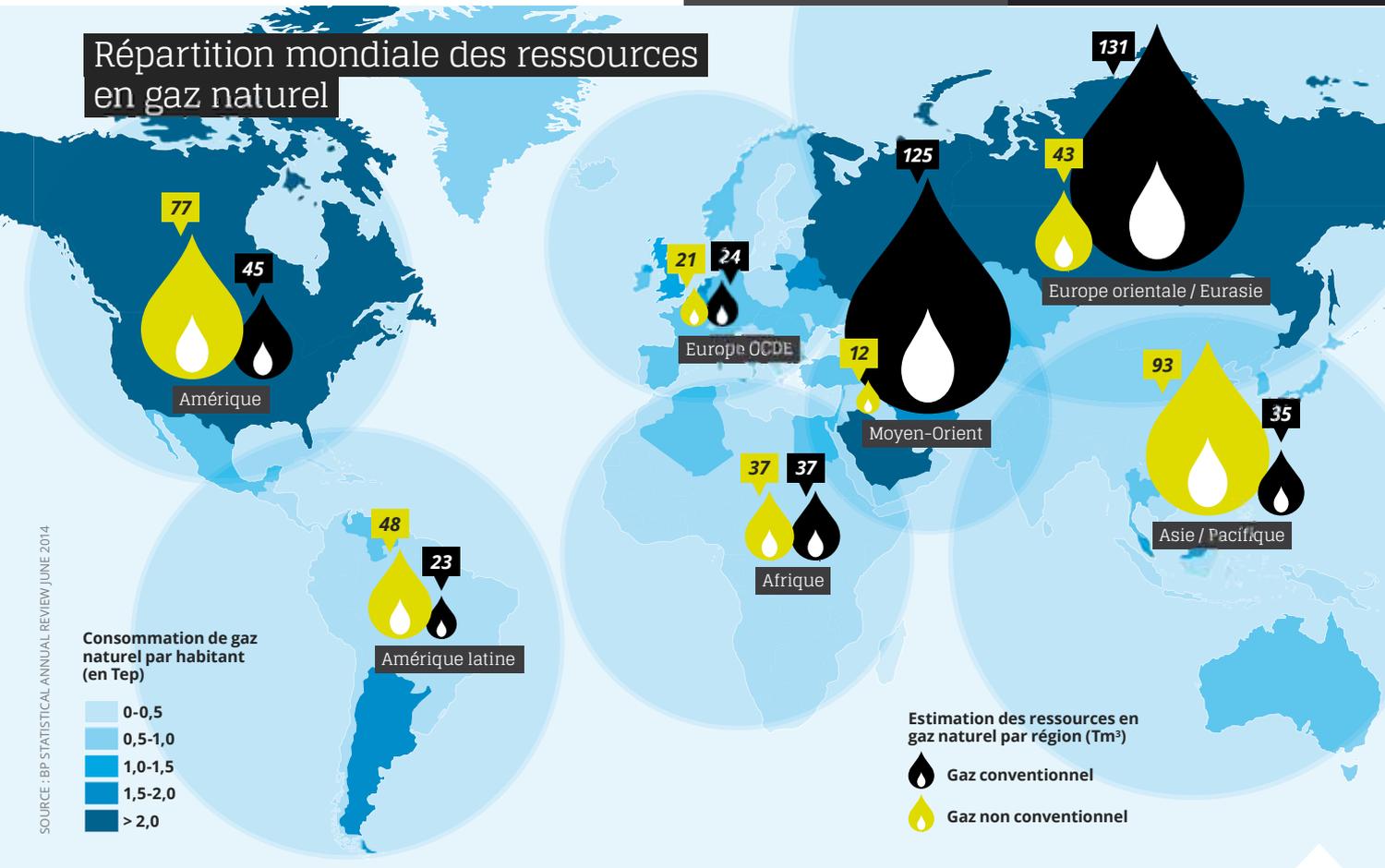
## Répartition mondiale des ressources en gaz naturel

SOURCE : BP STATISTICAL ANNUAL REVIEW JUIN 2014

Consommation de gaz naturel par habitant (en Tep)



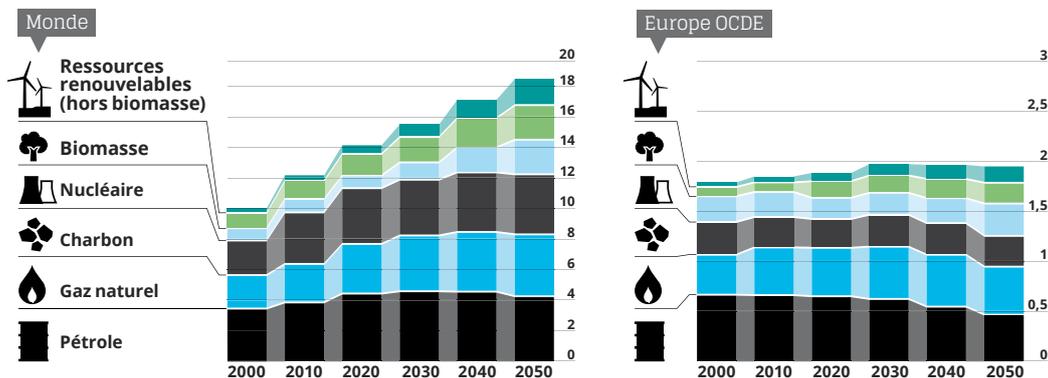
Estimation des ressources en gaz naturel par région (Tm³)



## Projection de la consommation primaire d'énergie

En million de Tep (tonnes équivalent pétrole)

SOURCE : WWW.SECURE-ECEU

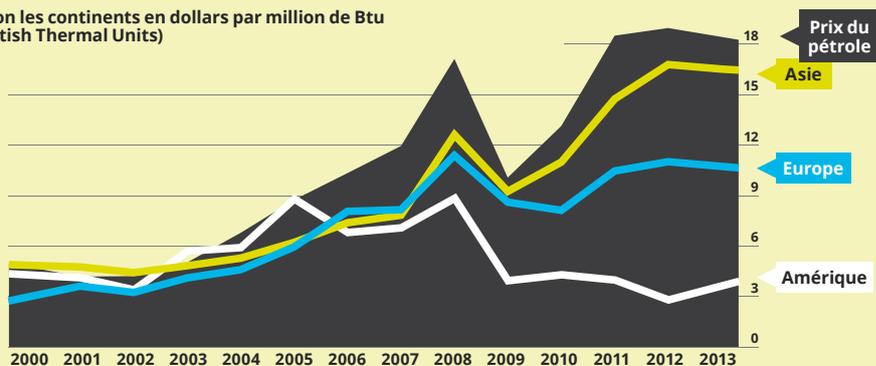


Sur la base d'un scénario envisageant une politique énergie-climat réelle mais peu volontariste tant au niveau mondial qu'europpéen à l'horizon 2050, ce qui semble actuellement le cas le plus probable, les chercheurs européens du consortium Secure ont projeté l'évolution des mix énergétiques mondiaux et européens. On voit que la part du gaz s'accroît jusqu'en 2025, permettant de limiter le recours au charbon.

## Évolution des prix du gaz

Selon les continents en dollars par million de Btu (British Thermal Units)

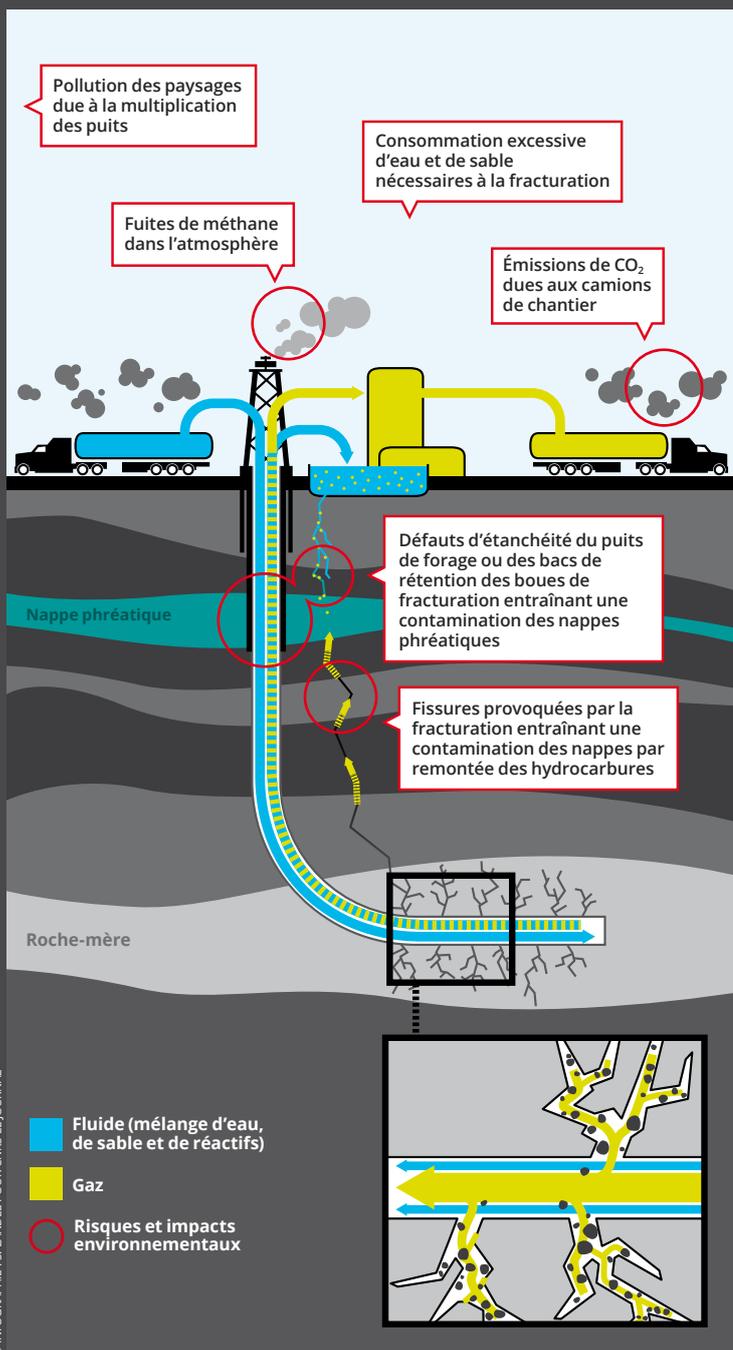
Jusqu'en 2005, les prix du gaz suivent ceux du pétrole et sont quasi identiques sur tous les continents. On constate un premier découplage entre les prix du gaz et du pétrole en 2006, alors que l'exploitation des gaz de roche-mère a commencé à se généraliser aux États-Unis. Après 2009, les prix du gaz américain continuent de baisser, tandis qu'en Asie, et dans une moindre mesure en Europe, les tarifs négociés du gaz repartent à la hausse, se réalignant sur ceux du pétrole.



SOURCE : BP STATISTICAL ANNUAL REVIEW JUIN 2014

© INFOGRAPHIES : S. LANDEL POUR CNRS LE JOURNAL

## La fracturation hydraulique : risques et impacts



La fracturation hydraulique, appelée parfois fracking, consiste à forer verticalement jusqu'à la roche-mère. À partir de là, on effectue un ou plusieurs forages horizontaux dans la roche, puis on injecte dans ces galeries un mélange de sable et de liquide sous pression afin de les fracturer. Les microfissures créées sous la pression et maintenues par les grains de sable vont laisser s'échapper une partie du gaz emprisonné dans la roche-mère. Ce gaz, ainsi que la boue de fracturation sont alors pompés et remontés en surface pour être exploités, ou retraités.

... opérateurs, comme Exxon, se sont retirés, signifiant sans doute que la ressource est moins abondante que prévu ou plus difficile à extraire ».

Il n'en demeure pas moins que, dès les années 1970, face à l'épuisement rapide des réserves conventionnelles et motivée par l'envol des prix, l'industrie gazière a adapté et développé des techniques lui permettant de libérer et de puiser ne serait-ce qu'une infime fraction de cette ressource non conventionnelle de gaz. C'est ainsi que, dans les années 2000, la combinaison de la maîtrise des forages horizontaux et de l'amélioration de la technique de la fracturation hydraulique a permis la première exploitation économique du gaz de roche-mère (voir l'infographie ci-contre).

### Les sales débuts du fracking

« La fracturation hydraulique a été inventée en 1949. Plus d'un million de puits ont déjà été fracturés pour toutes sortes d'usages, pas seulement pour les gaz non conventionnels, mais aussi pour la géothermie, pour le pétrole conventionnel, pour l'eau », rappelle Bruno Goffé. La mise en œuvre de cette méthode supposée éprouvée s'est toutefois faite dans la douleur. « Il est vrai que la première vague de forages, qui a conduit au boom des gaz "de schiste" aux États-Unis, s'est effectuée la plupart du temps sans réelle évaluation des risques, sans concertation avec la population et hors de toute régulation », regrette Patrick Criqui.

Résultat : elle s'est soldée par des dégâts environnementaux et humains importants, qui expliquent aujourd'hui l'intense méfiance ressentie, notamment en Europe, à l'encontre de l'exploitation des gaz de roche-mère. Et ce d'autant plus que, contrairement aux États-Unis où les propriétaires de terrains possèdent également les ressources de leur sous-sol et retirent donc un profit des forages, dans la plupart des pays, l'État est propriétaire du sous-sol, et donc seul bénéficiaire de son exploitation, via les concessions. « On se retrouve à exploiter des gisements qui sont au pied des citoyens, ces derniers constatant bien qu'ils sont exposés aux désagréments de l'exploitation sans en retirer aucun bénéfice financier immédiat », relève Normand Mousseau, professeur au département de physique de l'université de Montréal et auteur de plusieurs livres et articles sur les gaz non conventionnels.

### Les principaux risques identifiés

« Il faut reconnaître que, grâce aux déboires des exploitants américains, on sait maintenant ce qu'il ne faut pas faire », remarque Bruno Goffé. Car, quelle que soit la position de chacun sur l'opportunité d'exploiter les gaz non conventionnels, un relatif consensus existe désormais quant aux principaux risques et impacts socio-environnementaux liés à cette activité : contamination des nappes d'eau souterraines par les hydrocarbures et les additifs chimiques des boues de fracturation en raison de fuites dans les puits ; pollution des sols à la suite de mauvais retraitements, voire de



Vue aérienne d'un groupe de puits de forages non conventionnels au Texas, aux États-Unis.



© 2012 SAN ANTONIO EXPRESS-NEWS/ALAMY

l'épandage illégal des liquides de fracturation usés ; emprise sur les paysages due au ballet des camions de chantier et à la multiplication des puits dont les rendements chutent rapidement ; consommation excessive d'eau durant la phase de fracturation, au détriment des usages résidentiels et agricoles ; émission de gaz à effet de serre, notamment de méthane, lors de l'exploitation. « On sait comment prévenir ces risques ou y remédier par la mise en place de bonnes pratiques comme le retraitement et le recyclage des liquides de fracturation, note Alain Dollet. Bien sûr, ces bonnes pratiques ont un coût parfois élevé, qui pourrait s'avérer dissuasif pour d'éventuels exploitants, en particulier en Europe. »

### La nécessaire diversification des sources d'énergie

De fait, la plupart des experts estiment que, même si les Européens se lançaient dans l'exploitation de gaz de roche-mère, le coût de production de ce gaz serait équivalent, voire supérieur, aux cours internationaux. « En ce qui concerne l'exploitation des gaz non conventionnels, pour des raisons liées autant aux conditions géologiques qu'aux spécificités de l'industrie pétrolière américaine, la transposition du modèle états-unien au reste du monde est peu probable, précise Patrick Criqui. Il n'empêche que, avec des ressources conventionnelles en voie d'épuisement et un gaz payé aujourd'hui deux à trois fois plus cher qu'aux États-Unis, la question se pose d'un approvisionnement gazier de l'Europe permettant de concilier sécurité de l'approvisionnement et compétitivité de l'industrie. » Car, selon cet économiste, l'Europe aura de toute façon besoin du gaz pour satisfaire la demande électrique sans faire la part trop belle à la plus

## Remplacer la fracturation hydraulique ?

Selon le géologue Bruno Goffé, « la fracturation hydraulique est la seule technique efficace et maîtrisée pour récupérer les gaz de roche-mère, et ce pour encore longtemps ». Toutefois, plusieurs pistes de recherche ont été recensées dans une étude publiée par l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (Ancre) afin d'exploiter les gisements non conventionnels de manière plus efficace et moins dangereuse pour l'environnement, voire de s'affranchir de la fracturation hydraulique. L'Ancre préconise notamment de remédier à la faiblesse de notre connaissance du sous-sol français – faite de données parcellaires et remontant aux années 1950-1960 – et de mieux maîtriser les propriétés physico-chimiques des roches-mères dans lesquelles est piégé le gaz : cela afin de disposer d'une évaluation plus fiable de nos réserves et d'optimiser les rendements d'éventuels forages. Elle envisage aussi les fluides qui pourraient se substituer à l'eau comme liquide de fracturation, tels le CO<sub>2</sub> ou le butane, voire des alternatives à la fracturation hydraulique telles que la fracturation par la chaleur ou l'électricité. Petit problème : pour mener ces recherches, l'Ancre estime nécessaire la mise en place de sites dédiés à l'expérimentation, ce qui est interdit depuis juillet 2012...

sale mais la moins chère des énergies fossiles : le charbon (voir l'infographie p. 17). La récente décision du gouvernement allemand d'autoriser la prospection des gaz de roche-mère en vue d'une exploitation s'inscrit dans ce compromis. « Le gaz n'est ni la panacée ni le cauchemar de la transition énergétique, mais il est appelé à jouer un rôle important dans la diversification des sources d'énergie qui permettront d'assurer cette transition », résume Alain Dollet. **II Y. P.**



# Du gaz en France

Il n'y a pas que du gaz « de schiste », aujourd'hui interdit d'exploitation, dans le sous-sol français. Le gaz de charbon, présent dans les anciens bassins miniers de Lorraine et du Nord-Pas-de-Calais, est une piste prometteuse.

L'équivalent d'une dizaine d'années de consommation nationale de gaz, soit 370 milliards de mètres cubes : c'est la quantité de gaz de charbon que recèleraient les sous-sols de Lorraine et du Nord-Pas-de-Calais, selon des estimations confirmées par l'Institut français du pétrole. Plus que ce qu'a fourni le gisement de gaz naturel de Lacq, définitivement fermé en novembre 2013, en cinquante ans d'exploitation. Ce gaz made in France, composé à plus de 90 % de méthane, fait aujourd'hui l'objet de toutes les attentions. Il représente la dernière chance de produire du gaz en France depuis que la fracturation hydraulique



ya été définitivement interdite et alors qu'aucune alternative sérieuse ne semble disponible dans un proche avenir (*lire l'encadré p. 19*). De quoi contribuer – à la marge – à l'indépendance énergétique de la France, qui a dû importer la quasi-totalité de son gaz en 2013, et assurer la transition énergétique vers un modèle intégrant davantage d'énergies renouvelables. Un permis d'exploitation a été accordé par l'État à l'entreprise australienne EGL (European Gas Limited) afin de déterminer la faisabilité et les conditions d'une possible exploitation.

## Stimuler plutôt que fracturer

Le gaz de charbon n'a pourtant rien d'une nouveauté. « Les anciens mineurs de fond le connaissent bien, témoigne Raymond Michels, géochimiste au laboratoire Géoressources<sup>7</sup>. Et pour cause : c'est le grisou tant redouté du temps où l'on exploitait le charbon. Le gaz, emprisonné dans la structure même du charbon, se libérait de façon inopinée lors du creusement des galeries... » Alors que les mines sont aujourd'hui fermées, l'idée est d'aller chercher de façon systématique cette ressource naturelle dans les couches de charbon les plus profondes, qui n'ont jamais été exploitées par les sociétés minières du fait de leur difficulté d'accès : elles sont généralement situées à plus d'un kilomètre sous terre.

## Le charbon et ses nuances de gaz

Il existe en fait trois méthodes de récupération du gaz naturel contenu dans les gisements de charbon. Elles donnent chacune lieu à une dénomination différente. Quand le captage est effectué durant l'exploitation du charbon dans la mine – ce qui permet notamment de prévenir les explosions, ou coups de grisou, dues à l'accumulation de méthane dans les galeries – on parle de gaz de mine (*coal mine methane* ou CMM en anglais). Quand ce pompage s'effectue dans les galeries de mines qui ne sont plus exploitées, on parle de gaz de mine abandonnée (*abandoned mine methane* ou AMM en anglais). Ce type de gaz a été exploité par la société Gazonor (racheté par EGL en 2008) dans le bassin minier du Nord-Pas-de-Calais. Enfin, quand le gaz est extrait par forage de filons de houille qui n'ont pas encore été exploités, il s'agit de gaz de couche (*coal bed methane* ou CBM en anglais). C'est ce gaz que voudrait exploiter la société EGL en Lorraine. Le gaz de couche est parfois abusivement appelé gaz de houille. En effet, le véritable gaz de houille, un mélange de méthane et de monoxyde de carbone, n'est pas un gaz naturel, mais un sous-produit de la transformation de la houille en coke destiné à la sidérurgie.

7. Unité CNRS/Univ. de Lorraine/Cregu.

Exploitation du gaz provenant d'une ancienne mine de charbon à Avion, dans le Nord-Pas-de-Calais.

Forage d'exploration de gaz par European Gas Limited, à Folschviller, en Lorraine.



© D. CHARLET/APP PHOTO

© T. SANCHIS/PHOTOPORALE REPERUBLICAIN LORRAINE

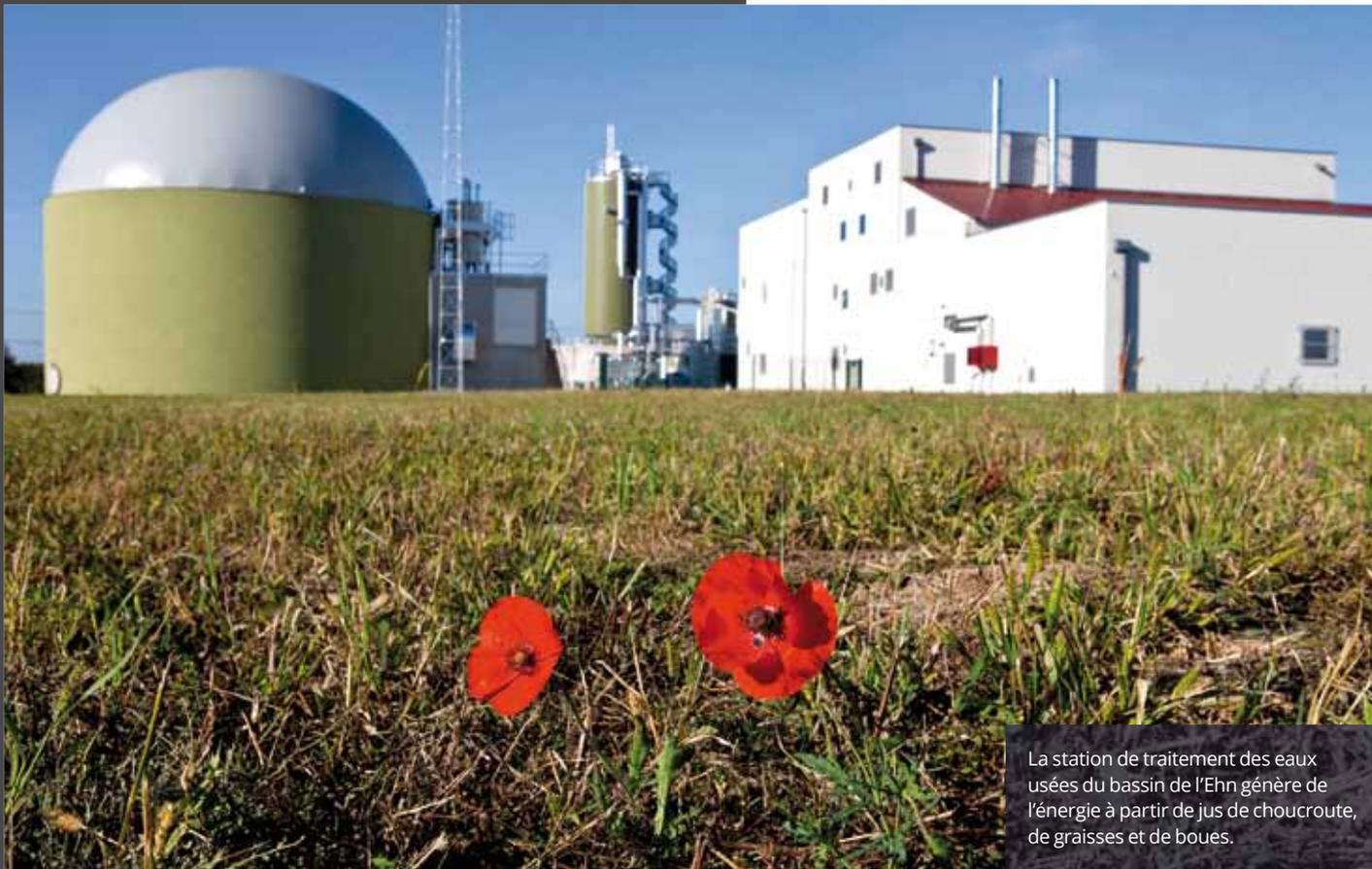
Pour ce faire, une technique – inédite en Europe – a été mise au point en Amérique du Nord et en Australie, où le gaz de charbon fait déjà l'objet d'une exploitation : la stimulation. Rien à voir avec la fracturation hydraulique utilisée pour l'extraction du gaz « de schiste », assurent les chercheurs. Dans le cas de la fracturation, on envoie de grandes quantités d'eau (et les additifs appropriés) afin de créer une surpression et de fracturer la roche dans laquelle le gaz est emprisonné. Dans le cas du gaz de charbon, il s'agit au contraire de créer une dépressurisation. « On pompe l'eau naturellement présente dans la roche, et le déficit de pression ainsi créé force le gaz hors des microfissures du charbon », explique Raymond Michels.

Ce n'est pas la seule innovation. Une technique de forage directement issue de l'industrie pétrolière – le forage horizontal – devrait également être utilisée. « À partir d'un puits vertical, on creuse en étoile des forages horizontaux qui suivent les couches de charbon », précise Raymond Michels. Avantage de la technique : exploiter au mieux la ressource et limiter le nombre de puits en surface, donc les nuisances liées à l'activité. Au total, la société EGL, qui a déjà creusé cinq puits de reconnaissance en Lorraine, estime à trente le nombre de sites de production qui fonctionneront à terme dans la région, pour un début d'exploitation envisagé d'ici à trois ans.

Aucun forage n'a été à ce jour réalisé par EGL dans le Nord-Pas-de-Calais, où l'on estime le gisement à deux années de consommation nationale de gaz.

#### Pas d'exploitation avant dix ans

« On est encore dans la phase exploratoire, nuance Yann Gunzburger, chercheur au laboratoire Géoressources et coordinateur du projet GazHouille, un groupement pluridisciplinaire de chercheurs (géologues, économistes, juristes, psychosociologues...) chargé d'évaluer les risques et les enjeux d'une exploitation du gaz de charbon en Lorraine. Il ne faut pas préjuger de la décision qui sera prise in fine par les pouvoirs publics. En tout état de cause, l'exploitation, si elle est autorisée et réalisable, ne devrait pas commencer avant cinq à dix ans. » Les premières enquêtes menées auprès de la population montrent de la curiosité pour le gaz de charbon et peu de réticence a priori, d'autant que le scénario aujourd'hui privilégié pour sa commercialisation serait en faveur de l'économie lorraine. « Au lieu d'injecter le gaz dans le réseau national, où il serait vendu au prix du marché, il s'agirait de le commercialiser à un coût moindre aux industriels installés localement », explique Yann Gunzburger. De quoi attirer de nouvelles entreprises dans une région fortement touchée par le chômage, espèrent les plus optimistes. ■ L. C.



La station de traitement des eaux usées du bassin de l'Ehn génère de l'énergie à partir de jus de choucroute, de graisses et de boues.

© J. BOCCON GIBOD/DEGRÉMENT

# *Le gaz vert, une alternative au gaz naturel*

Bien utilisées, la méthanisation et la production d'hydrogène constituent une alternative aux gaz fossiles, qui permet à la fois de valoriser les gisements de déchets organiques et d'optimiser l'exploitation des énergies renouvelables.



Lire l'intégralité de l'article  
sur [lejournal.cnrs.fr](https://lejournal.cnrs.fr)

Produire du gaz à partir de la biomasse ou des énergies renouvelables présente l'intérêt majeur de limiter les émissions de gaz à effet de serre. En effet, ce biogaz recycle un carbone déjà présent et disponible dans notre environnement immédiat, alors que l'extraction et la combustion du méthane fossile – le gaz naturel – injectent dans l'atmosphère du carbone piégé sous terre depuis des millions d'années, ce qui va à l'encontre d'une maîtrise des émissions. Sans compter l'indépendance énergétique que permet un gaz renouvelable.

## **Favoriser une économie circulaire**

Le biogaz est le gaz issu de la fermentation spontanée des matières organiques animales ou végétales dans un milieu privé d'oxygène : un processus appelé méthanisation. La production de biogaz à grande échelle a l'avantage de s'inscrire dans une économie circulaire. D'abord parce qu'elle permet de recycler toutes sortes de déchets organiques : résidus agricoles (lisier, sous-produits des fermes), déchets ménagers et certains déchets industriels comme des boues de stations d'épuration.

Le biogaz peut aussi être directement capté dans les centres d'enfouissement des déchets. Il existe également

8. Défi Transition énergétique : ressources, société, environnement. 9. Laboratoire procédés, matériaux et énergie solaire. 10. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ.



des machines capables d'extraire la matière organique des emballages en écrasant tout, ce qui permet d'utiliser les poubelles provenant de supermarchés ou de restaurations collectives. Les huiles de friture, notamment, sont très prisées, car les lipides peuvent optimiser la méthanisation. Un des exemples les plus frappants est sans doute celui de la région d'Obernai, dans le Bas-Rhin, qui a associé aux boues d'épuration l'utilisation... de jus de choucroute ! Ce jus finissait auparavant... dans l'usine d'épuration, représentant 30 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées. Un bel exemple de valorisation ! D'autant plus que la loi française oblige depuis 2012 les « gros producteurs de biodéchets » à valoriser ceux-ci au lieu de les abandonner. En 2016, le seuil sera abaissé de 120 à 10 tonnes par an. À l'issue du processus de méthanisation, on obtient également un résidu riche en azote, appelé le digestat, qui peut être employé comme engrais agricole. On note toutefois que la Suisse a interdit ce type d'épandage par crainte de disséminations non contrôlées de micropolluants et de déchets pharmaceutiques.

Actuellement, en France, le procédé est surtout voué à l'autoalimentation : la méthanisation à la ferme où l'éleveur transforme le biogaz de ses lisiers ou fumiers en chaleur pour ses bâtiments. Le surplus de gaz est ensuite transformé en électricité injectée dans le réseau électrique. On parle de cogénération. En fait, la transformation en électricité fait perdre 65 % d'efficacité énergétique ! Ce gaz pourrait être réinjecté dans les canalisations de gaz naturel, mais la France est en retard dans ce domaine. Des négociations avec les industriels sont en cours pour fixer un prix de rachat de ce gaz, sur le même principe que le rachat des kilowatt-heures d'électricité pour certaines énergies renouvelables. Au Chili, cette connexion avec le réseau de gaz naturel fonctionne depuis cinq ans sans problème.

### Le problème de l'apport organique

La méthanisation est une solution écologique à condition d'être pratiquée en respectant certaines règles. La France peut tirer des enseignements des déboires de ses voisins : notamment l'Allemagne et la Belgique, où les unités de production de gaz rencontrent des problèmes liés à leur approvisionnement. Le digesteur ayant besoin d'un apport organique homogène, cela contraint les uns aux cultures dédiées, les autres à acheter à prix d'or les matières organiques adéquates jusque de l'autre côté de la frontière... La Belgique acquiert ainsi à grands frais des stocks de matières organiques, poubelles et huiles de friture provenant du Nord de la France.

Le principe d'utiliser des cultures dédiées, c'est-à-dire de cultiver spécifiquement une plante pour alimenter le digesteur, pose des problèmes de conflit d'usage des sols, car ces champs prennent la place d'éventuelles productions alimentaires. L'Allemagne est ainsi en train de faire marche arrière après avoir subventionné des cultures de maïs dédiées ayant déséquilibré le marché des terres agricoles, avec des effets

pervers sur le prix de l'électricité pour les consommateurs. D'une manière générale, il faudrait toujours tenir compte de la proximité et de la disponibilité des ressources, par exemple du coût de la collecte des biodéchets.

« Les procédés thermochimiques de conversion de la biomasse en méthane et/ou en électricité utilisent également des ressources forestières (lignocellulose) qui peuvent être gérées de manière optimale en minimisant les émissions de CO<sub>2</sub> », précise Alain Dollet, directeur adjoint scientifique de l'Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes, chargé de la cellule Énergie du CNRS. C'est l'objectif du projet Forever, réalisé dans le cadre du défi ENRS<sup>8</sup> de la Mission interdisciplinaire du CNRS, qui s'intéresse aux filières durables de valorisation énergétique de ces ressources.

### Mieux exploiter les énergies renouvelables

« Outre ces unités de cogénération, où un méthaniseur produit du biogaz et de l'électricité, il existe aussi des systèmes hybrides qui utilisent le gaz pour stabiliser la production d'électricité issue d'énergies renouvelables variables, poursuit Alain Dollet. Le projet Pegase, conduit par le laboratoire CNRS Promes<sup>9</sup> sur le site de Thémis, développe un concept de centrale solaire dans laquelle l'air qui est détendu dans une turbine (pour produire l'électricité) est chauffé par l'énergie solaire concentrée, mais aussi par la combustion d'un gaz d'appoint (issu de biomasse) qui permet d'ajuster la production de la turbine à un niveau constant. » || L. B. Y.

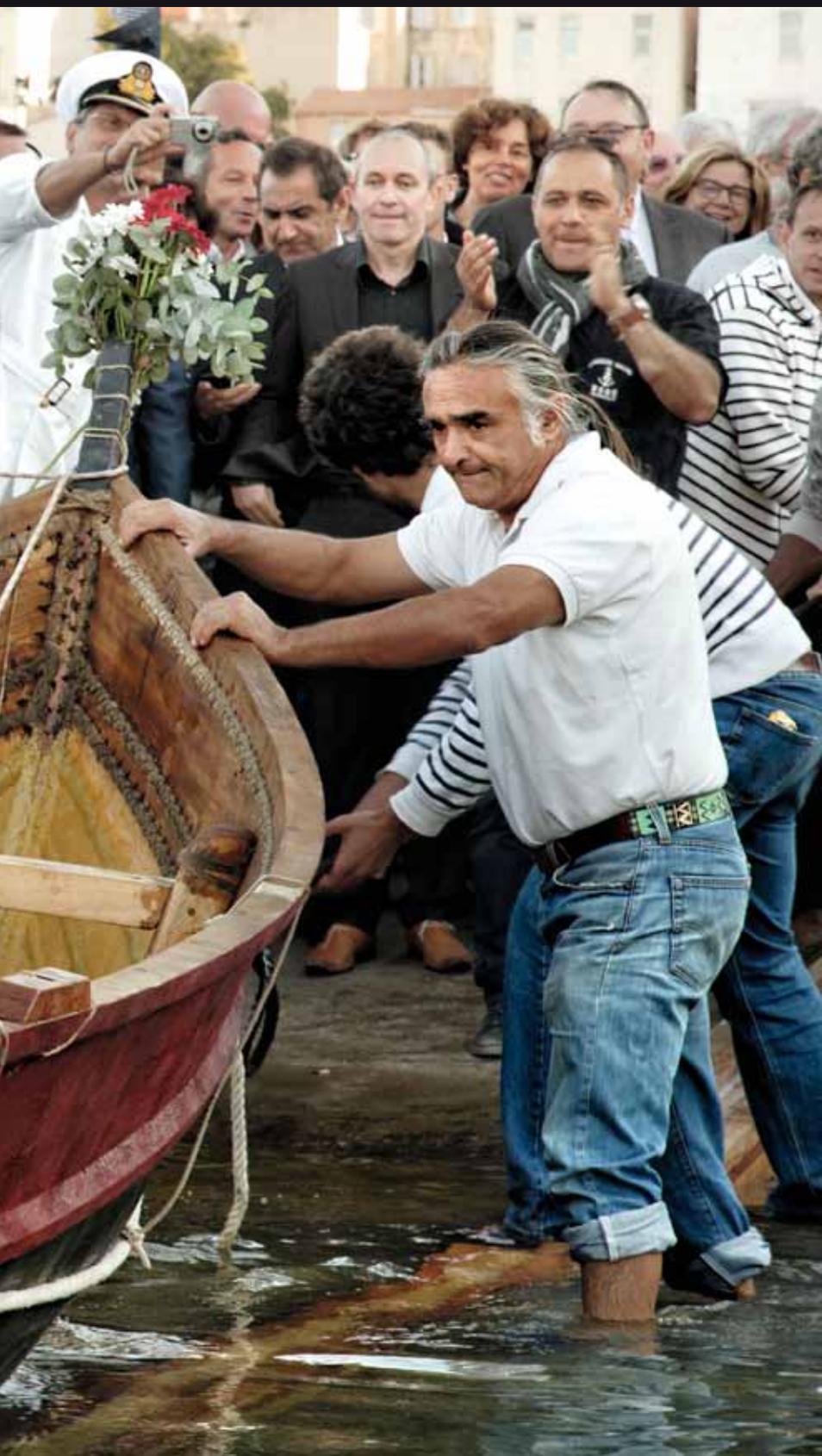
## L'hythane, biogaz optimal

Pour obtenir du biogaz, la recette est simple : vous prenez de la biomasse, quelle que soit son origine, et vous la laissez se dégrader. Ce sont les matières organiques qui libèrent le biogaz (CH<sub>4</sub> (méthane) + CO<sub>2</sub>) lors de leur décomposition selon un processus de fermentation (méthanisation). Cette dégradation de la matière organique est assurée par différentes souches de bactéries. Ces fermentations sont dites humides à moins de 15 % de matières sèches et sèches à plus de 25 %.

Durant ce processus est aussi produit de l'hydrogène, dont l'efficacité énergétique est trois fois supérieure à celle du méthane et qui ne dégage que de la chaleur et de l'eau. Le mélange idéal, appeléhythane, est composé de 80 % de méthane et de 20 % d'hydrogène, et il peut être réinjecté dans le réseau de distribution de gaz. L'ensemble diminue ainsi d'un cinquième l'émission de CO<sub>2</sub>. En Suède, par exemple, la collecte des ordures permet déjà une méthanisation avec une production d'hydrogène.

Le travail de Marie-Thérèse Giudici-Ortoni, qui dirige l'unité Métabolisme énergétique des bactéries extrémophiles<sup>10</sup>, consiste à stabiliser la production d'hydrogène des bactéries par une meilleure compréhension microbiologique de leur métabolisme. Dans son laboratoire, elle les étudie avec des substrats modèles de sucre pour pouvoir mener des expériences pilotes avec des mélanges de boues usées et de déchets ménagers.





# Gyptis, le bateau cousu main

SOCIÉTÉS

Archéologie. À l'occasion des Journées du patrimoine, Gyptis, réplique d'une barque antique de pêche, devrait être visible à Marseille les 20 et 21 septembre. Pour l'assembler sans clou ni vis, des spécialistes en archéologie expérimentale ont retrouvé et reproduit le savoir-faire des charpentiers grecs de l'époque.

TEXTE BRUNO BAUDOIN/

PHOTOS CHRISTINE DURAND, PHILIPPE FOLIOT, LOÏC DAMELET, PHILIPPE GROSCAUX/PHOTOTHÈQUE CCJ

1. Gyptis a été mis à l'eau pour la première fois en octobre 2013 dans le Vieux-Port de Marseille. Chercheurs, charpentiers, étudiants, retraités et associations ont tour à tour contribué au projet, qui a nécessité pas moins de vingt ans de recherche et 800 heures de travail.



2

2. L'histoire commence avec cette épave de navire grec du VI<sup>e</sup> siècle avant J.-C., découverte en 1993 lors des fouilles archéologiques de la place Jules-Verne, à Marseille, dans le port antique de Massalia.

3. En 1995, une maquette de l'épave à l'échelle 1/10<sup>e</sup> a été fabriquée grâce aux activités de modélisme de recherche du Centre Camille-Jullian<sup>1</sup>.

3



1. Unité CNRS/Aix-Marseille Univ./MCC.

4. Les chercheurs se sont ensuite attaqués à la réplique en taille réelle. Des chênes et des pins d'Alep, destinés à la charpente du navire, ont été sélectionnés en 2010 dans les forêts de Cadarache et de Gémenos.

5. La construction a débuté en mars 2013, sous la direction de l'archéologue Patrice Pomey, dans les ateliers du Chantier naval Borg, à Marseille. Après l'assemblage des premières pièces de la charpente, les planches qui constituent les côtés de la coque du bateau ont été installées et cousues entre elles. Elles sont soutenues par quelques chevilles en bois.

6. Avec ses 9,85 m de long et son 1,88 m de large, Gyptis prend forme progressivement.



4



5

6



© 2 - 3 - P. FOLIO/PHOTOOTHÈQUE CCI, 4 - 6 - L. DANIELE/PHOTOOTHÈQUE CCI, 5 - C. DURAND/PHOTOOTHÈQUE CCI



7



8



9

7. Aucun clou ni vis ! Seules des coutures et des ligatures ont été utilisées. Reproduisant des gestes ancestraux réinventés grâce aux vestiges archéologiques, les participants au projet ont réalisé 4,5 km de ligatures avec du fil de lin et posé 10 000 chevilles en bois.

8. Avant sa mise à l'eau, la coque a été recouverte à l'extérieur par une couche de goudron de Norvège et à l'intérieur par de la cire d'abeille. Ces deux matériaux garantissent l'étanchéité du bateau.

9. Le bateau a été baptisé Gyptis, du nom de la fille du roi Nannus qui choisit Prôtis pour mari, selon une légende grecque. Ce dernier reçut du roi une terre sur laquelle il fonda la cité de Massalia.



📺 Visionner l'intégralité du diaporama sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

» <http://protis.hypotheses.org>

f Retrouvez **Projet Prôtis** sur Facebook



10  
11

10. La fabrication des gréements a achevé l'étape de construction et de restitution des gestes des charpentiers grecs antiques. Les gréements, en bois pour la plupart, sont des petits éléments utilisés pour la navigation, en particulier pour le maintien des cordages.

11. Depuis ses premiers essais de navigation fin 2013, Gyptis a effectué une trentaine de sorties en mer. L'une des dernières, en juin, l'a mené de Toulon à Olbia (Var), l'une des colonies du port antique de Massalia, puis à La Tour Fondue, sur la presqu'île de Giens.



© 7 - 8 - 9 - 11 - L. DAMELET/PHOTOHERQUE CCI, 10 - P. GROSCHUX/PHOTOHERQUE CCI

# Pointée du doigt, la recherche animale reste indispensable

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR MATHIEU BANE ET LOUISE LIS

**Société.** Le mouvement de contestation contre la recherche animale prend actuellement une ampleur inédite, au point d'inquiéter les laboratoires français. Pour lever le voile sur cette facette de la recherche souvent décriée bien que méconnue, *CNRS Le journal* fait le point sur la réglementation en cours, sur les enjeux de la recherche animale et pousse les portes d'une animalerie à l'Institut de neurosciences de la Timone.

Traînés de tortionnaires et de nazis sur les murs de l'animalerie. Insultés sur les réseaux sociaux et directement sur leurs boîtes mails. Les agents qui travaillent dans les animaleries de l'Institut de neurosciences de la Timone (INT)<sup>1</sup>, à Marseille, ont été cette année la cible d'attaques violentes de militants extrémistes<sup>2</sup> qui dénoncent les recherches animales. À l'Institut des sciences biologiques du CNRS (INSB), l'heure est à la consternation. Dans les laboratoires, l'inquiétude règne. « *Les recherches sur les animaux sont de plus en plus pointées du doigt par une partie de l'opinion publique, alors qu'elles sont indispensables pour faire progresser la biologie et la recherche médicale* », assure Daniel Boujard, directeur adjoint scientifique en

charge des animaleries. « *Améliorer la santé humaine est un devoir de notre société. Cela passe par la connaissance du vivant et constitue donc la mission de nombre d'institutions de recherche, renchérit Catherine Jessus, directrice de l'INSB. Pour y parvenir, on ne peut se passer de la recherche animale, qui de fait a toujours été très présente dans chaque avancée médicale. C'est par exemple sur le chien que Louis Pasteur a testé le premier vaccin contre la rage.* »

Et pourtant, seulement 44 % des Européens sont favorables aux tests sur les singes et les chiens, dans la mesure où ils pourront permettre d'améliorer la santé<sup>3</sup>. Le taux monte à 66 % quand il s'agit de rongeurs. Et une frange de militants n'hésite plus à radicaliser ses actions. « *Il devient difficile pour les équipes de travailler* », confirme Guillaume Masson, directeur de l'INT. Les incidents se multiplient partout en Europe. En 2013, à Milan, des militants ont investi les installations de l'université pour dénoncer les expérimentations animales. Pour se faire entendre, ils sont allés jusqu'à s'enchaîner aux portes d'un laboratoire. Résultat de l'opération : 1 600 animaux libérés et, selon les scientifiques, des années de recherche qui sont parties en fumée.

« *Les méthodes des militants anti-expérimentation animale s'apparentent désormais à celles des groupes anti-nucléaires ou écologistes les plus radicaux*, commente Guillaume Masson. *Pour alerter l'opinion, ils interviennent à toutes les étapes de la chaîne pour bloquer le processus.* » Ces méthodes sont fortes et efficaces : les militants extrémistes savent parfaitement utiliser Internet et les réseaux

Le 26 avril, une manifestation s'est tenue place de la République, à Paris, pour réclamer l'interdiction des recherches scientifiques sur les animaux.



© CITIZENSHEDS/MÉMOGUTTAPE

1. Unité CNRS/Univ. Aix-Marseille. 2. Notamment de l'association Alarm-Association pour la libération animale de la région marseillaise.

3. Sondage Eurobaromètre 2010. 4. Introduite par le Traité de Lisbonne, l'ICE s'inscrit dans le cadre d'une nouvelle série de mesures visant à promouvoir la demande participative. L'ICE Stop Vivisection devrait être examinée en septembre par la Commission européenne.

Des études menées sur ce rat roussard du Soudan visent à mieux comprendre les troubles du rythme biologique chez l'homme.



sociaux pour diffuser des messages percutants qui sont accompagnés d'images d'animaux choquantes, très souvent anciennes, sorties de leur contexte ou réalisées dans des laboratoires étrangers.

Ces campagnes touchent leur cible : elles influencent les politiques dans certains pays européens. En Belgique, on envisage d'interdire les recherches sur les primates, et l'Italie est allée au-delà de la réglementation imposée par les dernières directives européennes. Désormais, la majorité des tests ayant recours à des primates non humains, des chiens et des chats ainsi que leur élevage vont être interdits. Ces restrictions validées par le gouvernement ont déclenché des manifestations de scientifiques.

### La Commission européenne interpellée sur le sujet

Autre sujet d'inquiétude pour les scientifiques, Stop Vivisection est la troisième initiative citoyenne européenne (ICE)<sup>4</sup> à récolter plus d'un million de signatures. Cette pétition lancée en 2012 à l'initiative d'ONG et d'associations de défense des animaux européennes, relayées en France par la SPA, 30 Millions d'amis ou encore la Fondation Brigitte Bardot, demande à la Commission européenne d'abroger la directive européenne de 2010 relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques. Comme la pétition a atteint en moins d'un an un million de signatures émanant de citoyens de sept pays de l'Union, la Commission devra publier une réponse dans les trois mois, et les initiateurs de l'ICE iront plaider leur cause devant le Parlement européen. Quelle que soit l'issue de cette pétition, les scientifiques s'alarment du lobbying intense mené, à l'échelle de l'Europe, pour faire douter de plus en plus de députés du bien-fondé de la recherche animale.

Ces associations de défense des animaux ont une influence croissante auprès des politiques et de l'opinion. La raison ? Certainement le statut de l'animal, qui est en train de changer dans notre société. En effet, de plus en plus d'études scientifiques confirment que les animaux sont des êtres sensibles, susceptibles d'éprouver du plaisir et de la peine et même, pour certains, de développer une intelligence et une affectivité considérables. Le 14 avril, faisant suite à une pétition soutenue par de nombreux intellectuels, les députés ont voté le changement de statut de l'animal dans le Code civil, qui est passé de « bien meuble » à « être vivant doué de sensibilité ».

Ce premier pas, même s'il n'est pour l'instant qu'un ajustement du Code civil sur le Code pénal, est un signe important de la montée en puissance dans l'opinion de l'idée qu'il faut tout faire pour éviter de faire souffrir les animaux. « *Il faut donc continuer à renforcer la loi, parce qu'elle a une fonction symbolique cruciale : elle montre que la collectivité se soucie d'une question* », commentait récemment le philosophe Luc Ferry dans *Le Figaro*.

Cette question, les scientifiques qui pratiquent la recherche animale se la posent constamment. Beaucoup d'entre eux ressentent comme une injustice le fait d'être pointés du doigt pour ce qui relève en définitive d'un choix de société : celui du progrès biomédical qui ne peut se faire, selon eux, sans la recherche animale. D'autant plus que les 400 laboratoires publics français qui la pratiquent se sont engagés depuis longtemps sur la voie de l'éthique. « *Nous avons du mal à rétablir la vérité et à communiquer sur la réalité : non, les scientifiques ne font pas n'importe quoi avec les animaux ; oui, ...*



Lire notre interview  
de Georges Chapouthier  
sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

## L'utilisation des animaux à des fins scientifiques est encadrée par un important dispositif réglementaire.

... nos recherches sont fortement réglementées », affirme Ivan Balansard, vétérinaire et chargé de mission au Bureau de l'expérimentation animale de l'INSB.

En France, l'utilisation des animaux à des fins scientifiques est encadrée par un important dispositif réglementaire, sous le contrôle des ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture. Cela concerne 2,2 millions

d'animaux, un chiffre constant depuis 2009. Parmi ceux-ci, on compte 60 % de souris, 6 % de lapins et 0,1 % de singes, pour un peu plus de 466 000 références scientifiques. « Les premiers textes réglementaires datant de 1986 ont été révisés à l'échelle européenne, explique Magali Jacquier, vétérinaire et chargée de mission au Bureau de l'expérimentation animale de l'INSB. Les textes de la nouvelle directive de 2010 ont été transposés en droit français en février 2013 après un important travail incluant les ministères, les scientifiques, les associations de protection animale et la société

civile. » Ce texte prévoit notamment une autorisation délivrée par le ministère de la Recherche pour chaque projet utilisant des animaux à des fins scientifiques. Les procédures expérimentales sont examinées par un comité d'éthique agréé par le ministère (lire l'encadré ci-contre).

La réglementation française impose également des formations spécifiques obligatoires pour toutes les personnes travaillant avec les animaux, ainsi que des conditions d'hébergement strictes et adaptées aux besoins de chaque espèce animale. Cette réglementation garantit par ailleurs un haut niveau de respect de la sensibilité animale. « Elle exige dans les procédures expérimentales d'utiliser le moins d'animaux possible et de causer le moins de douleur possible. De plus, des critères d'arrêt précis doivent être fixés en amont des procédures pour éviter la mort de l'animal », précise Magali Jacquier.

### Le développement de méthodes alternatives

Au-delà des textes réglementaires, la démarche éthique apporte des règles de conduite et des recommandations qui contribuent au développement de méthodes alternatives : réduire le nombre d'animaux utilisés, remplacer le modèle animal dès que possible (par des modèles in vitro par exemple) et raffiner la technique, pour réduire au minimum l'inconfort, le stress et la douleur de l'animal, notamment en utilisant des méthodes d'imagerie comme l'IRM ou l'échographie quand la chirurgie ne s'avère pas absolument nécessaire (règle des 3 R de Russell et Burch établie en 1959)<sup>5</sup>. Pour Georges Chapouthier, biologiste, philosophe et membre du Comité national de réflexion éthique sur l'expérimentation animale, « il faut améliorer nécessairement les protocoles expérimentaux et, quand c'est possible, remplacer ce recours par d'autres méthodes d'analyse fournies par la technologie : cultures cellulaires, modèles informatiques, etc. »

## Les dates clés de l'éthique

Sources : European Commission, CNRS, Inserm, Gircor.

### CONDITIONS ET PRINCIPES ÉTHIQUES

1831

Marshall Hall établit des recommandations destinées à **améliorer le bien-être des animaux**

### CADRE LÉGAL DU STATUT DE L'ANIMAL ET DE L'EXPÉRIMENTATION ANIMALE

1845

Création de la **Société protectrice des animaux (SPA)**

1850

**La loi Grammont** sanctionne les mauvais traitements infligés aux animaux lorsque ces actes sont commis en public

1947

**Le Code de Nuremberg** identifie le consentement éclairé comme préalable absolu à la conduite de recherches mettant en jeu des êtres humains

1964

**La Déclaration d'Helsinki** définit des principes éthiques applicables à la recherche médicale impliquant des êtres humains

1959

W. M. S. Russell et R. L. Burch introduisent la **règle des 3 R**  
> Reduce (réduire)  
> Refine (raffiner)  
> Replace (remplacer)

1968

Le décret n° 68-139 marque l'apparition de la **notion légale d'autorisation** pour l'expérimentation animale

Le site du Gircor :

>> [www.recherche-animale.org](http://www.recherche-animale.org)

5. « The Principles of Humane Experimental Technique » : [http://altweb.jhsph.edu/pubs/books/humane\\_exp/het-toc](http://altweb.jhsph.edu/pubs/books/humane_exp/het-toc) 6. Cette association, notamment via son site Recherche.animale.org, s'attache à expliquer pourquoi l'utilisation d'animaux dans la recherche scientifique et médicale, largement pratiquée dans le monde, est indispensable au progrès médical.



**Le Chercheur et la Souris**, Georges  
Chapouthier et Françoise Tristani-Potteaux,  
CNRS Éditions, novembre 2013, 208 p., 22 €

Est-il néanmoins envisageable d'aller plus loin et de se passer des animaux dans les laboratoires ? Pour la grande majorité des biologistes, la réponse, sans aucune hésitation, est non. « *Si des méthodes alternatives ou de substitutions existent, rien ne peut encore remplacer la recherche animale pour faire progresser la recherche biologique et médicale* », explique François Lachapelle, président du Groupe interprofessionnel de réflexion et de communication sur la recherche (Gircor), qui réunit en France, sous la forme d'une association loi de 1901, les établissements de recherche biologique ou médicale<sup>6</sup>. « *La recherche animale, même si elle reste fortement minoritaire au sein de la recherche biologique et médicale [70 % des recherches étant réalisées in vitro, NDLR], poursuit-il, reste incontournable parce qu'elle s'applique à des organismes vivants dans leur intégrité et leur complexité. On ne peut pas remplacer la recherche sur l'animal par des méthodes alternatives dans toutes les circonstances, parce que les éléments à reproduire sont trop complexes. Les modèles animaux évoluent au cours du temps et, surtout, ils permettent d'apporter des réponses que l'on n'est pas capable d'anticiper dans des modèles simplifiés.* »

### La complexité du vivant, un obstacle de taille

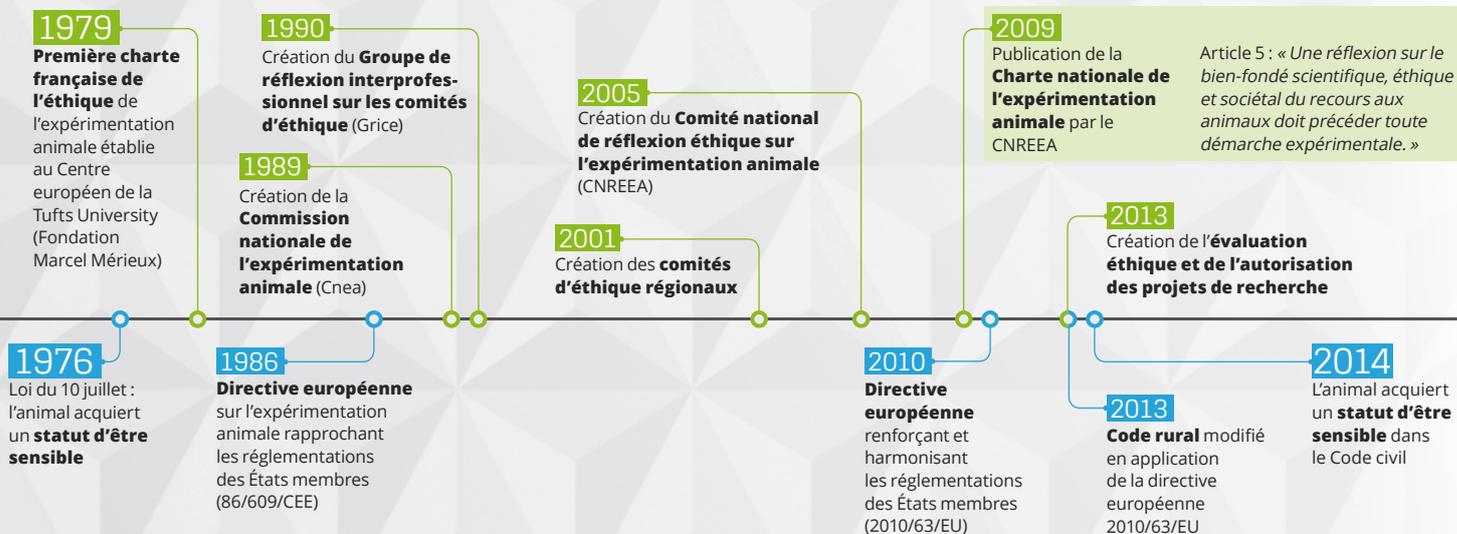
Certes, des recherches sont menées pour développer des méthodes alternatives qui améliorent, réduisent, voire suppriment l'emploi d'animaux. Mais, même si on peut parvenir à cultiver et à imprimer des tissus en 3D, reconstituer un organe sur puce, reprogrammer des cellules adultes ou modéliser certains mécanismes biologiques in silico, la

substitution reste très limitée par la complexité du vivant. En travaillant sur un système biologique reconstitué, les scientifiques ne peuvent pas observer l'entièreté de la réaction comme ils peuvent le faire avec le modèle animal.

Encore aujourd'hui, les sciences biologiques et médicales ont donc besoin du recours aux animaux pour obtenir des résultats extrêmement fiables et qui font donc référence. Pour preuve, les 79 Prix Nobel de médecine qui ont été attribués à des travaux impliquant les animaux. Notons, parmi eux, les travaux sur l'immunologie de Jules Hoffmann, Prix Nobel 2011, qui se sont faits sur la mouche drosophile, et ceux de Françoise Barré-Sinoussi, Prix Nobel 2008, sur la pathogénèse de l'infection par le virus du sida, ...

## Les comités d'éthique obligatoires

Transposée en droit français dans le Code rural, la nouvelle directive européenne a formalisé notamment l'obligation des comités d'éthique en expérimentation animale. Ainsi, chaque animalerie dépend d'un comité d'éthique qui examine en amont toutes les procédures expérimentales et les projets scientifiques qui seront réalisés sur les animaux. Chaque comité d'éthique est composé obligatoirement de chercheurs, de techniciens et d'animaliers, de vétérinaires et de personnes extérieures à l'établissement utilisant les animaux. Le comité d'éthique est agréé par le ministère de la Recherche et rend des comptes au Comité national de réflexion éthique sur l'expérimentation animale. Après l'obtention de l'avis éthique, le ministère donne une autorisation, d'une durée maximale de cinq ans, pour chaque projet.





... réalisés, en partie, chez les primates. « C'est à l'aide de ces modèles animaux que nous avons appris que l'inflammation persistante induite dès les phases très précoces après exposition au virus jouait un rôle décisif dans la pathogénèse de l'infection », précise-t-elle.

De plus, pour faire des essais cliniques de thérapie innovante, les scientifiques ont besoin de prouver que ces nouvelles thérapies sont réalisables

chez l'homme et surtout qu'elles ne lui font pas courir de risques inconsidérés. Et pour cela, il est indispensable d'avoir des modèles animaux pour montrer que le traitement est réellement efficace. « Quand nous développons une rétine artificielle, explique José-Alain Sahel, directeur de l'Institut de la vision et lauréat 2012 de la médaille de l'innovation du CNRS, nous essayons de réveiller des neurones qui dorment. Et la seule façon de prouver qu'elle fonctionne, c'est de la tester chez un animal aveugle. Nous pouvons alors savoir si nous avons restauré un comportement visuel chez cet animal, voire s'il est capable de s'orienter. Sinon, nous restons sur des hypothèses. »

“La qualité de nos recherches dépend du soin que nous apportons à nos animaleries.”

Une démarche éthique stricte

### Une démarche éthique stricte

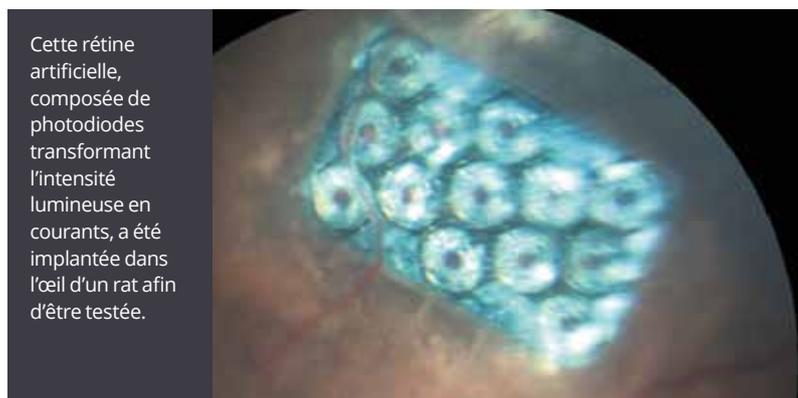
Pour autant, il y a longtemps que les scientifiques ont conscience qu'entreprendre une expérimentation sur l'animal nécessite une démarche éthique stricte. Ils essaient d'utiliser et de choisir les procédures expérimentales les plus adaptées et qui doivent impérativement répondre à ces trois questions : sont-elles réalisables, sûres, et vont-elles servir de façon plus générale à la science ? Le choix du modèle animal est également important et se fait en fonction des caractéristiques qui le rapprochent de l'homme. « L'étude de la trisomie est possible, par exemple, chez la souris, parce que l'on peut créer un modèle ad hoc »,

explique Daniel Boujard. Pour d'autres maladies, le choix du primate, qui est plus proche de l'homme, s'impose. « Pour comprendre comment nous contrôlons nos membres supérieurs et comment ce contrôle est atteint dans des pathologies comme la sclérose latérale amyotrophique ou encore la spasticité, les scientifiques ne peuvent pas se contenter du rongeur : il y a des systèmes neurologiques qui n'existent pas chez lui, tout simplement parce qu'il n'a pas de main », explique, à Marseille, dans son laboratoire, Guillaume Masson. Pour le scientifique, si l'on veut étudier correctement une maladie, il est important d'avoir « une panoplie de modèles animaux ou d'outils à disposition, car les modèles évoluent en fonction des questions scientifiques ». Pour lui, le modèle primate, parce que proche de l'homme, est donc indispensable aux recherches en biologie fondamentale que mène notamment le CNRS.

### Peut-on se passer du modèle primate ?

Il est pourtant celui qui est le plus remis en question par les réglementations de plus en plus strictes. Par ailleurs, dans un contexte où l'on demande aux scientifiques de publier de plus en plus vite, le modèle primate est délaissé par de nombreux scientifiques, parce que les investissements et le suivi scientifique sont lourds et que ce modèle demande aux chercheurs au moins trois années de travail avant de pouvoir publier. C'est pourquoi de nombreux scientifiques se tournent vers le modèle murin (les rongeurs), parfois au détriment de la portée du résultat scientifique. « Le modèle primate non humain est toujours à la charnière de questions politiques, scientifiques et éthiques », explique Guillaume Masson. À ce sujet, le débat vif qui agite actuellement la communauté scientifique est donc fondamental. Par exemple, dans le Flagship Human Brain Project, grand projet de recherche en neurosciences financé par l'Europe, les scientifiques eux-mêmes se posent ces questions : peut-on faire l'économie du modèle primate ? Peut-on passer directement de la souris à l'homme ? De même, de grandes revues scientifiques comme *Nature* se mêlent au débat et pointent le risque scientifique de cesser les recherches sur les primates<sup>7</sup>.

« Le CNRS permet aux laboratoires d'investir sur le long terme, mais les animaleries deviennent un sujet sensible, confirme Daniel Boujard. On ressent de plus en plus de réticences de la part de certains élus quand il s'agit de financer un projet d'animalerie. Il devient donc important pour nous de faire passer le message que la qualité de nos recherches dépend du soin que nous apportons à nos animaleries et de l'éthique que nous respectons envers l'utilisation des animaux. » Ce sont d'ailleurs les scientifiques eux-mêmes qui se sont interrogés depuis très longtemps sur la manière de travailler et sur le respect qu'ils devaient apporter aux animaux dans les pratiques de la recherche. Ils évaluent constamment les contraintes qui sont imposées aux animaux et les bénéfices qu'ils vont en retirer en matière de connaissances. **II M. B.**



Cette rétine artificielle, composée de photodiodes transformant l'intensité lumineuse en courants, a été implantée dans l'œil d'un rat afin d'être testée.

© S. PICAUDI/ID. PALANKE/STANFORD UNIVERSITY

7. « The Changing Face of Primate Research », Alison Abbott, *Nature*, 6 février 2014, vol. 506 : 24-26.

## Au cœur d'une animalerie

Par Ivan Balansard, vétérinaire au CNRS

“L'Institut des neurosciences de la Timone (INT), où 140 personnes travaillent sur les bases physiologiques des fonctions cognitives, a trois animaleries à sa disposition, dont une spécialisée en primatologie. Au sein de celle-ci, chaque singe dispose d'un livret dans lequel sont consignés les événements et les informations sanitaires le concernant. Celui-ci doit être consultable à chaque instant, notamment lors des inspections vétérinaires. Tous les projets de recherche utilisant des animaux vertébrés doivent être autorisés par le ministère de la Recherche, après un avis favorable d'un comité d'éthique. Pour les primates, nous devons en plus fournir une analyse rétrospective à la fin du projet, de manière à vérifier que la prise en charge de la douleur et du stress a été optimale.

Dans l'animalerie, nous avons en permanence deux techniciens affectés à l'hébergement et aux soins des primates non humains et un technicien qui participe à la réalisation des procédures expérimentales. Comme tous les établissements d'expérimentation animale, l'INT dispose d'une structure de bien-être animal. Elle est composée de chercheurs, d'animaliers, d'un vétérinaire et d'un éthologue. Elle conseille les utilisateurs dans l'objectif des 3 R (réduire, raffiner, remplacer), suit les projets pour s'assurer du bien-être des animaux et vérifie qu'ils vivent dans un milieu enrichi, le plus conforme possible aux exigences de leur espèce.

Concernant les primates, les animaux vivent en groupe, disposent de perchoirs, ont accès à différents jeux, bénéficient d'enrichissement musical... Toutes les animaleries doivent être agréées par le préfet et sont inspectées de fond en comble au moins une fois tous les trois ans. Lors de ces visites, les installations sont passées au peigne fin. Pour les animaleries comme la nôtre, qui héberge des primates, nous sommes inspectés tous les ans, sans compter les visites inopinées. À la fin des projets, grâce à des techniques d'imagerie comme l'IRM, nous pouvons nous affranchir de l'histologie pour démontrer la localisation de nos enregistrements électrophysiologiques. Cela signifie que les primates peuvent être à nouveau inclus dans des projets, cette fois-ci non invasifs (études de comportement...) ou être remis en reproduction dans un parc. Toutes ces décisions impliquent l'avis favorable d'un vétérinaire, qui jugera de l'état de santé et de bien-être de l'animal.”



Durant l'expérience, Sana tête le tuyau qui lui délivre du jus de pomme en récompense des tâches effectuées. La séance terminée, elle rejoint sa volière (à droite).

## Dans les coulisses d'une expérience

Reportage à l'Institut de la Timone, à Marseille, en compagnie de Sana, une femelle macaque dont les chercheurs étudient l'activité cérébrale.

Dans la vaste pièce de l'animalerie, Sana manifeste bruyamment son stress. Trop de monde et de nouvelles têtes autour d'elle.

« Les singes sont très routiniers. Les habitudes sont quasi ritualisées avec chacun d'entre eux. Il suffit d'un changement, même modeste, pour les perturber », explique Thomas Brochier, chercheur à l'Institut de neurosciences de la Timone (INT) et membre de l'équipe Contrôle moteur cognitif, dirigée par Alexa Riehle. Un moment plus tard, le calme revenu, l'expérience – les chercheurs parlent plutôt de « tâche » – va pouvoir commencer.

Macaque de 15 ans, Sana est l'unique femelle parmi les vingt singes hébergés à l'INT. À l'Institut, les trois quarts des animaux sont des rats et des souris. Ce pourcentage est représentatif de la place de plus en plus réduite qu'occupe le modèle primate non humain parmi les animaux de laboratoire. « Le nombre d'animaux utilisés pour l'expérimentation a été divisé au

moins par deux en trente ans », estime Ivan Balansard, vétérinaire et directeur adjoint de l'Unité mixte de service de l'INT. Preuve que la règle des 3 R, base du Code éthique de la recherche en matière d'expérimentation animale depuis le début des années 1960, s'est appliquée avec succès (lire p. 32).

### Un hébergement très encadré

Sana partage son quotidien avec Tomi, son compagnon, mais aussi Batman, Mars et Billy. Les singes vivent en groupe et ne sont jamais séparés. « C'est une obligation absolue », rappelle Ivan Balansard. Inspectées chaque année, les animaleries hébergeant des primates doivent, en vertu de la directive européenne 2010/63 de 2010, transposée dans le droit français depuis l'an dernier, respecter des règles drastiques. Un exemple parmi d'autres : les « compartiments » où vivent deux macaques doivent mesurer au moins 2 m<sup>2</sup> au sol et 1,80 m de haut. À l'INT, cette hauteur est de 2,80 m. Cela a permis d'installer des perchoirs élevés, ce ...



... que les macaques apprécient particulièrement. Organisées autour d'une volière centrale, les cages sont aussi reliées entre elles par des portes coulissantes ; régulièrement, le soir ou le week-end, les singes peuvent ainsi disposer de tout l'espace. De son côté, l'éthologue veille à « l'enrichissement sonore, visuel et social » de leur habitat, ce qui se traduit, entre autres, par la présence un peu incongrue d'une télévision qui diffuse images et sons de milieux naturels.

#### Au cœur de l'activité cérébrale

Installée sur une chaise, Sana s'impatiente et tête avec avidité la pipette qui lui déversera au compte-gouttes sa « récompense », un mélange de compote de pomme et d'eau. Le programme du jour est lié au projet ANR Grasp (« saisir » en anglais), entré dans sa troisième année et qui vise à comprendre les processus moteurs de haut niveau liés à la préparation et à la réalisation de mouvements de la main. Que se passe-t-il dans le cerveau quand les mouvements du bras et de la main se coordonnent pour saisir un objet ? Quels sont les mécanismes cérébraux qui permettent à l'animal de contrôler sa force lorsqu'il manipule celui-ci ? La patience de Sana et le

savoir-faire qu'elle a acquis dans des tâches manuelles permettront aux chercheurs de répondre un jour à ces questions. Le modèle primate non humain est indispensable dans cette étude, parce qu'il est le seul à présenter un niveau de dextérité manuelle proche de celui de l'homme.

## Le modèle primate non humain est le seul à présenter un niveau de dextérité manuelle proche de celui de l'homme.

Face à un écran, Sana doit accomplir certains mouvements précis de la main, comme appuyer sur un bouton, en fonction d'indices visuels (un point lumineux qui apparaît par exemple). Des électrodes placées dans les zones motrices de son cerveau permettent de mesurer les modulations de son activité cérébrale pendant cette tâche.

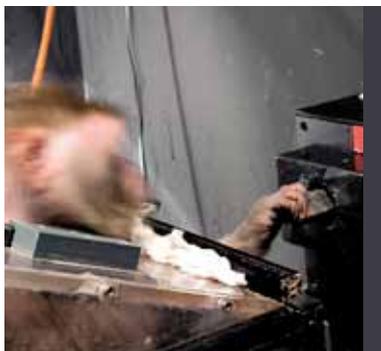
Le petit boîtier placé sur la tête de Sana est raccordé à une matrice

d'électrodes qui a été implantée dans son cerveau. Cette technique d'implant est utilisée chez l'homme, notamment dans l'étude de l'activité cérébrale chez des patients paraplégés, et ne présente aucun danger. Les neurones proches de la pointe des électrodes produisent des impulsions électriques qu'il est possible de visualiser sur l'écran. Une séquence d'expérimentation avec l'animal peut durer entre trente minutes et deux heures selon les cas.

#### Une expérience irremplaçable

Plusieurs mois d'entraînement quotidien ont été nécessaires pour que Sana puisse accomplir les gestes demandés. « Il faut entre six et neuf mois selon la complexité des gestes à accomplir », précise Thomas Brochier, le plus difficile pour l'animal étant souvent ce qui nous semble le plus simple : sortir de la cage pour s'asseoir sur une chaise et se familiariser avec l'environnement du laboratoire. La chirurgie opérée sur l'animal est, quant à elle, totalement réversible. Son comportement n'en est pas altéré et les cicatrices disparaîtront en quelques semaines. Outre un possible aboutissement – un bras robot articulé directement commandé par l'activité cérébrale –, ce type d'expérimentations reste essentiel pour la recherche fondamentale.

Comme le rappellent avec force Pieter Roelfsema et Stefan Treue dans un article récent paru dans *Neuron*<sup>8</sup>, « la recherche sur les primates non humains a permis d'élucider de nombreux mécanismes de base sous-entendant des fonctions cognitives ». Les deux chercheurs appellent de leurs vœux une communication accrue des scientifiques sur « l'importance de la recherche animale ». « C'est à la société, soulignent-ils, à travers ses politiques et ses responsables politiques, de protéger et de soutenir une recherche responsable sur le modèle animal qui garantit le progrès scientifique ». Les chercheurs de l'INT ne disent pas autre chose. ■ L. L.

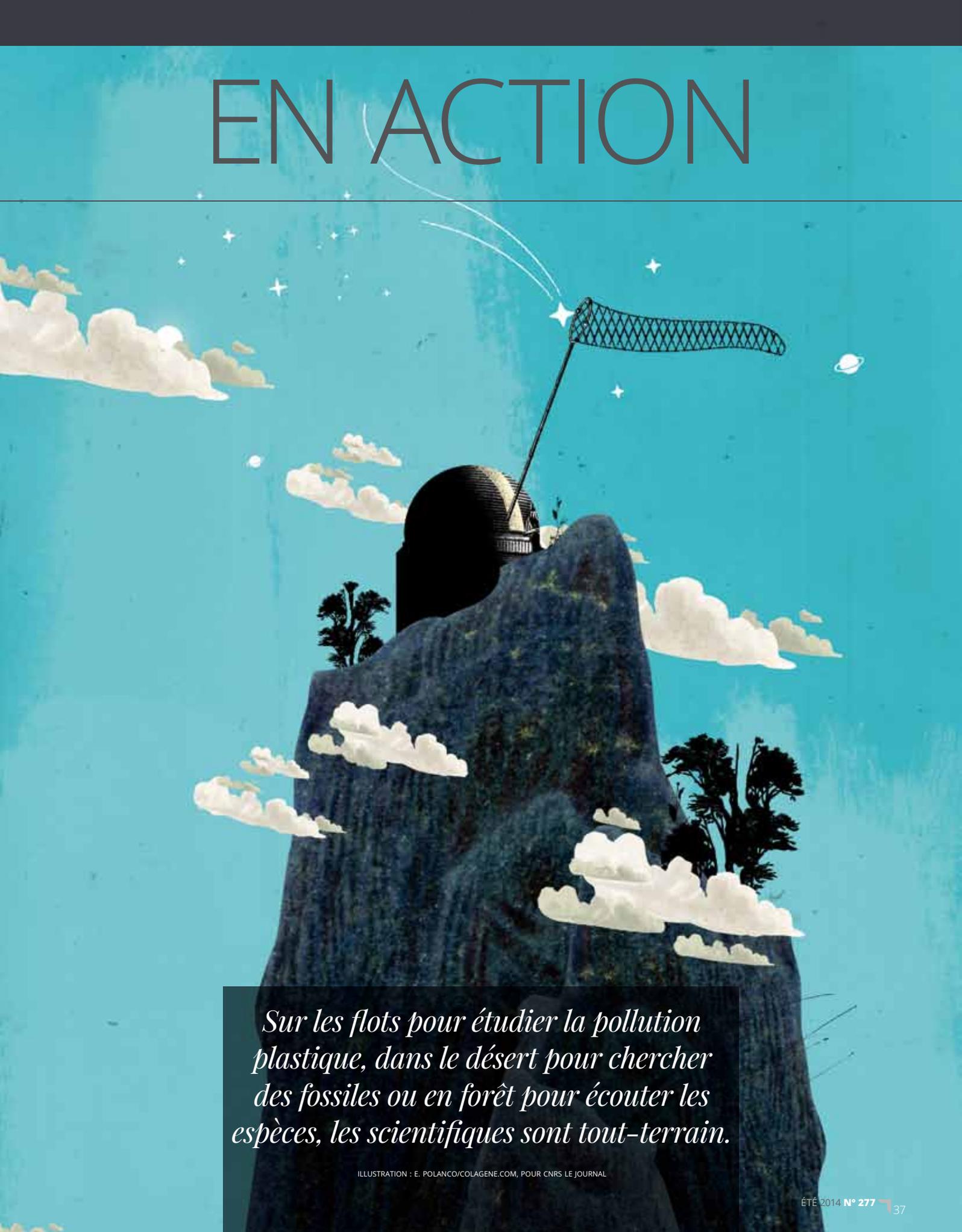


Pour obtenir sa récompense, Sana doit effectuer certains mouvements lorsqu'apparaissent des signaux visuels. Un chercheur mesure son activité cérébrale.



8. *Neuron*, 18 juin 2014, vol. 82 (6) : 1200-1204.

# EN ACTION



*Sur les flots pour étudier la pollution plastique, dans le désert pour chercher des fossiles ou en forêt pour écouter les espèces, les scientifiques sont tout-terrain.*

ILLUSTRATION : E. POLANCO/COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL

VIVANT ● TERRE ●

Un jour à bord

# de la goélette Tara

**Océanographie.** Cette année, les scientifiques de la mission Tara font le tour de la Méditerranée pour y étudier la pollution plastique. Le 24 juin, nous avons passé une journée sur la goélette. Récit.

PAR PHILIPPE TESTARD-VAILLANT

© F. LATAILLE/TARA EXPÉDITIONS



▼ Depuis le mois de mai, Tara sillonne les eaux de la Méditerranée en quête de plastique.

## 10 H 00 DÉPART DU PORT D'ANTIBES

« C'est bon, on est parti ! » Aux commandes de Tara, Samuel Audrain manœuvre avec doigté pour sortir le voilier de 36 mètres du port d'Antibes. Après avoir connu en 2013 la blancheur des glaces de l'Arctique, la goélette inspecte depuis quelques semaines les eaux pas toujours très claires de la grande bleue. Au programme : un périple de 16 000 kilomètres comprenant 22 escales dans 11 pays<sup>1</sup>, mobilisant une douzaine de laboratoires internationaux et ambitionnant de mieux comprendre l'impact de la pollution plastique. « Les zones côtières de la Méditerranée hébergent presque un demi-milliard d'habitants », rappelle Gaby Gorsky, en sanglant son gilet de sauvetage. Pour le directeur de l'Observatoire océanographique de Villefranche-sur-Mer<sup>2</sup> et coordinateur scientifique de l'expédition, cela se traduit par le déversement d'un très grand nombre de déchets plastique dans cette mer quasi fermée qui abrite 8 % des espèces marines connues. « Il est essentiel d'organiser une surveillance à long terme de cette pollution créée par l'homme, plaide Gaby Gorsky. Les résultats de cette campagne permettront d'alerter les politiques, les industriels, les associations..., des menaces qui pèsent réellement sur une mer déjà fragilisée. »

## 11 H 30 MISE À L'EAU DU FILET « BONGO »

Place aux travaux pratiques ! Poséidon, hélas, est mal luné. Les mauvaises conditions météo empêchent de mettre à l'eau la Manta, un filet-tamis aux airs de raie géante piégeant débris de plastique et plancton. Relié au bateau par un câble d'une centaine de mètres et évoluant juste au-dessus et en dessous de la surface, « ce filet ne peut être déployé que si la mer est parfaitement plate », commente un membre d'équipage. Décision est prise de faire appel aux services de Bongo, un filet moins sensible aux turbulences, dénommé ainsi en raison de sa ressemblance avec les tam-tams du même nom.

## 12 H 15 RELEVÉ D'ÉCHANTILLONS

Une demi-heure et quelques manipulations de treuil plus tard, les échantillons de plancton et de micro-plastique presque invisibles à l'œil nu se trouvent sur la table en bois du pont arrière. « Tous les échantillons vont être dispatchés aux laboratoires partenaires de la mission, précise Marie-Luiza Pedrotti, chercheuse au laboratoire de Villefranche-sur-Mer. Les analyses nous permettront de détailler la structure de l'écosystème planctonique en contact avec des fragments de plastique. Elles nous apprendront notamment à quelle famille de plastiques

1. France, Portugal, Italie, Grèce, Liban, Israël, Malte, Tunisie, Algérie, Espagne et Maroc.

2. Unité CNRS/UPMC. 3. Unité CNRS/UPMC/MNHN/IRD/IPSL.



© J. GHIGLIONE/TARA EXPÉDITIONS

Un des filets utilisés pour récolter des échantillons.

Bathysonde que l'on plonge à la verticale du bateau.



© N. PANSIOTTI/TARA EXPÉDITIONS

## Un continent de déchets dans l'Atlantique

« On pouvait ramasser le plastique à la main, c'est hallucinant ! » Patrick Deixonne, navigateur et coordinateur de l'expédition « 7<sup>e</sup> continent », n'en revient toujours pas. En mai dernier, avec quatre scientifiques, il est parti explorer la mer de plastique de l'Atlantique Nord. Leur but ? Analyser l'ampleur des plaques de déchets concentrés dans cette zone. Jetés sur les plages et dans les fleuves, ces débris – essentiellement des micro-paillettes de plastique – sont piégés dans d'énormes vortex océaniques, les gyres. On estime que 1 million d'oiseaux meurent chaque année piégés ou empoisonnés par cette soupe de plastique. Si rien n'est fait, d'ici vingt ans, le 7<sup>e</sup> continent atteindra la taille de l'Europe... L. G.



Lire l'intégralité de l'article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)



© V. SAITO/EXPÉDITION 7 CONTINENT

ceux-ci appartiennent et nous serviront à cartographier la distribution du plastique en Méditerranée. » Les microplastiques marins transportés par les courants et les vents s'avèrent de véritables éponges à « polluants organiques persistants » (pesticides comme le DDT, biphényles polychlorés, etc.). D'où la mission confiée à Tara d'élucider comment ces substances réputées pour leur toxicité contaminent la chaîne alimentaire marine et se retrouvent dans nos assiettes.

### 13 H 00 LARGAGE DE LA BATHYSONDE

Une bathysonde ou sonde CTD, fixée à un treuil, est larguée à la verticale du bateau. « Cet instrument nous sert à caractériser jusqu'à 200 mètres de profondeur l'environnement physico-biologique de la colonne d'eau sous-jacente à la zone de prélèvements des échantillons de plancton et de plastique », détaille Hervé Le Goff, du Laboratoire d'océanographie et du climat<sup>3</sup>. Tout au long de la descente sont mesurées la température, la salinité, la transparence et la fluorescence de la colonne d'eau, celle-ci renseignant sur la concentration en plancton.

### 14 H 30 EN ROUTE VERS UN NOUVEAU SITE

Toutes voiles dehors, Tara cingle vers un nouveau site de prélèvement. Tandis que le filet Bongo se remplit, les estomacs font de même autour du buffet trois étoiles (de mer) dressé par

Marion Lauters, la cuisinière du bord. « Dans l'océan, la surface des débris de plastique regorge de mollusques ou de crustacés, mais aussi d'organismes microscopiques (bactéries, virus...) », commente Stéphanie Petit, postdoctorante au laboratoire de Villefranche-sur-Mer. Un des objectifs de la mission est d'« étudier le rôle de ces communautés de microbes dans la transformation des plastiques et de savoir à quel point ces derniers servent de "radeaux" à des algues toxiques et à des microbes pathogènes comme la bactérie qui cause le choléra ».

### 18 H 00 RETOUR À BON PORT

Après être passée devant les yachts XXL amarrés le long du bien nommé Quai des milliardaires, la goélette retrouve sa place derrière la capitainerie du port d'Antibes. En tout, « le bateau va passer 115 jours en mer et autant à terre », annonce Romain Troublé, secrétaire général de Tara Expéditions. Chaque escale est l'occasion d'organiser des visites guidées du bateau, de sensibiliser le public, la presse, les scolaires et les politiques. Sur tout, insiste Gaby Gorsky, en mettant pied à terre, « la pollution de la mer par le plastique est l'une des rares pollutions à être réversible. On peut tout à fait y mettre un terme en modifiant nos habitudes et en encourageant l'industrie à mettre au point de nouveaux plastiques biodégradables. N'est-ce pas un challenge fabuleux ? » II

La grande majorité des déchets dérivant dans les océans est composée de microfragments de plastique.



Lire l'intégralité de l'article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

>> [www.taraexpeditions.org](http://www.taraexpeditions.org)

# Les déconnectés volontaires

**Sociologie.** Mails, SMS, tweets... Face au flux continu issu des technologies de la communication (TIC), certains pratiquent la déconnexion volontaire. Ce comportement a fait l'objet d'une étude<sup>1</sup> pilotée par le sociologue Francis Jauréguiberry.

PAR CARINA LOUART

Les hyperconnectés de la Silicon Valley ont lancé depuis une dizaine d'années le mouvement des *off-liners* (hors-ligne), qui prône la diète numérique partielle et temporaire. L'étude Devotic (Déconnexion volontaire aux TIC) s'est intéressée au phénomène en France en ciblant les cadres, les enseignants-chercheurs, les voyageurs et les étudiants. Premier résultat : les cadres se sentent dépassés, mais ne décrochent que rarement. Soit parce qu'ils « *doivent rester à l'écoute du pouls de l'entreprise* », soit pour « *gagner du temps* » ou par « *souci de ne pas se couper d'opportunités* ». Les pauses numériques sont toujours ponctuelles (le temps d'une soirée, d'une réunion) et partielles (mode vibreur, filtrage, message d'absence).

## Des tactiques de déconnexion complexes

On pourrait croire que les universitaires, à l'emploi du temps plus souple, jouissent de plus de latitude. C'est l'inverse. L'imbrication de leurs différentes activités est une « *interpellation à gérer dans l'urgence, portant au papillonnage, en contradiction avec le temps de la maturation et de la réflexion inhérent à la recherche* », précise Jean-Pierre Rouch, sociologue au Lisst<sup>2</sup>, à Toulouse. Pour résister, ils mettent en place des tactiques : plages horaires sans mails, ou l'inverse, traitement des mails en continu pour éviter l'accumulation. « *En l'absence de régulation, chacun fait finalement ce qu'il peut et bricole sa déconnexion* »,

constate Caroline Datchary, sociologue au Lisst. « *Tant que notre relation aux TIC mêlera pouvoir et aliénation, les usagers ressentiront inmanquablement une tension qui ne pourra jamais être totalement résolue* », complète son collègue Johann Chaulat.

## Résister à la pression sociale

Qu'en est-il des voyageurs ? L'enquête montre que, même au bout du monde, la logique pratique (trouver son chemin, assurer sa sécurité...) et surtout la pression exercée par les proches (l'obligation de rester en contact, de donner de ses nouvelles) empêchent la coupure tant espérée. Quant aux étudiants, 73 % d'entre eux voient dans la géolocalisation « *une menace de traçage et de surveillance* », mais ils sont peu nombreux à savoir désactiver les applications adéquates contrairement à ce qu'ils déclarent.

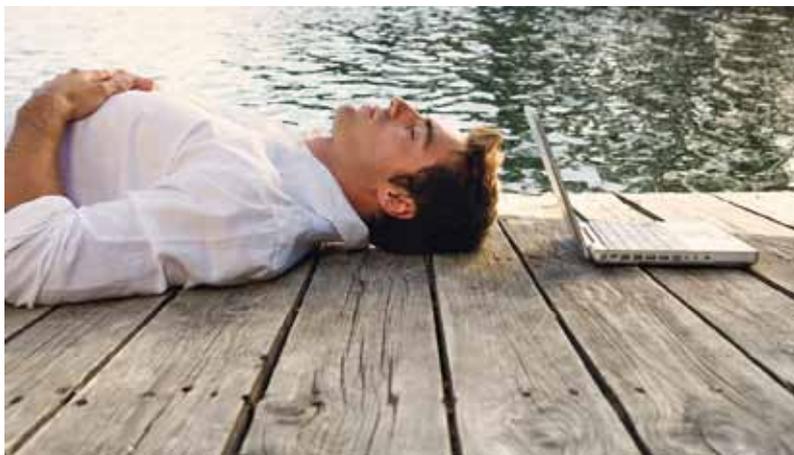
## Les déconnexions totales sont rares

En définitive, « *les déconnexions sont la plupart du temps éphémères et partielles* », souligne Francis Jauréguiberry, directeur du laboratoire SET<sup>3</sup>. Il s'agit, par exemple, de mettre son téléphone sur silencieux, de laisser son ordinateur portable au bureau, de décider de ne pas relever ses mails le temps d'un week-end, etc. « *Ces petites déconnexions [...] renvoient à la défense d'un temps à soi, à la préservation de ses propres rythmes dans un monde poussant à l'accélération, à la volonté d'être "tout à ce que l'on fait" dans un entourage portant au zapping et à la dispersion, ajoute le sociologue. En cela, ces nouvelles pratiques sont révélatrices de situations que personne n'a décidées, mais dont tout le monde peut pâtir et qu'il devient urgent de traiter.* » II



**Usages et enjeux des technologies de communication,** Francis Jauréguiberry et Serge Proulx, Érès, 2011, 144 p., 12 €

**La Dispersion au travail,** Caroline Datchary, Octarès Éditions, 2011, 206 p., 20 €



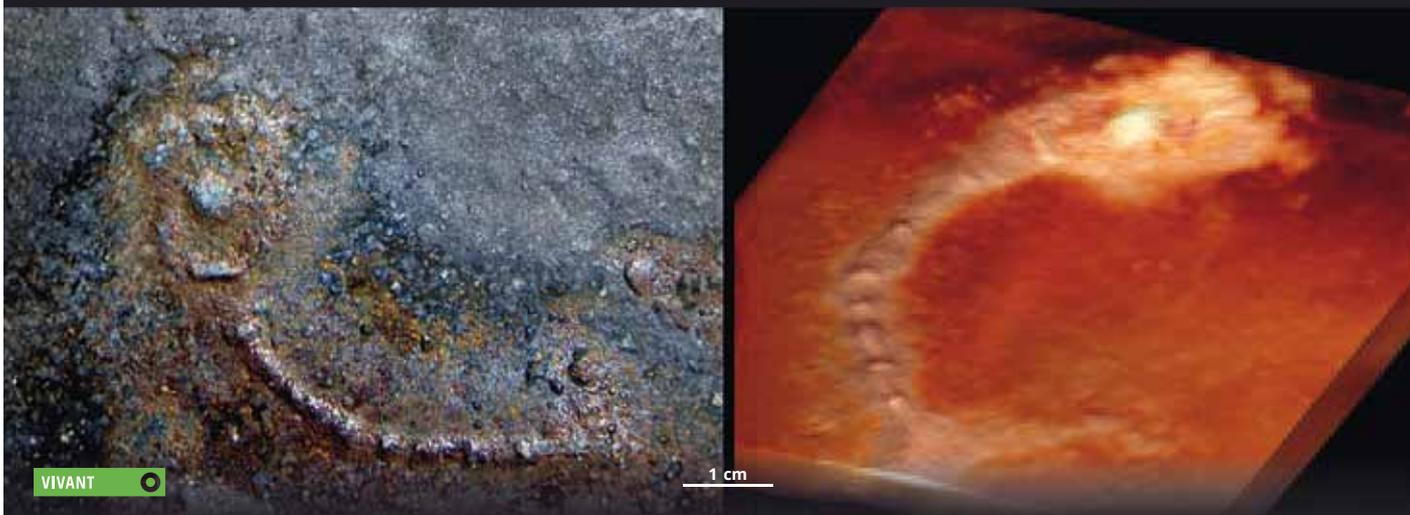
© I LOVE IMAGES/SP



Lire l'intégralité de l'article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

>> <http://anr.devotic.univ-pau.fr/>

1. L'étude complète sera publiée dans la revue *Réseaux* aux éditions La Découverte en septembre 2014. 2. Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires (CNRS/Univ. Toulouse-Jean Jaurès). 3. Société, environnement, territoire (CNRS/Univ. de Pau et des Pays de l'Adour).



VIVANT

1 cm

# Une vie complexe il y a 2,1 milliards d'années

► Macrofossile de type allongé avec, à droite, son image en 3D.

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CAILLOCE

**Paléontologie.** Le point sur les derniers travaux<sup>1</sup> du géologue Abderrazak El Albani<sup>2</sup>, qui a découvert en 2008 au Gabon les plus vieux macrofossiles jamais observés.

**La publication de votre découverte à la une de *Nature* en 2010, qui reculait de 1,5 milliard d'années le curseur de l'apparition de la vie complexe sur Terre, avait fait l'effet d'une bombe...**

**Abderrazak El Albani :** Jusque-là, les plus vieux organismes pluricellulaires connus remontaient à 600 millions d'années. Trouver de la vie complexe et organisée de 2,1 milliards d'années a bouleversé tout le calendrier de l'apparition de la vie sur Terre. Le plus incroyable, c'est que les fossiles extraits des sédiments argileux de Franceville sont dans un état de conservation exceptionnel. Pour chaque spécimen, nous disposons de l'empreinte, de la contre-empreinte et du spécimen fossilisé pris entre les deux.

**Que nous disent ces fossiles de la vie dans le bassin de Franceville il y a 2,1 milliards d'années ?**

**A. E. A. :** Après nous être assurés de leur origine organique, nous les avons passés au microtomographe à rayons X – un appareil semblable à un scanner médical – afin d'en déterminer la morphologie et la structure interne. Les clichés révèlent des organismes de texture médusaire, molle et gélatineuse.

Le plus petit mesure 2 centimètres, et le plus grand 17 centimètres... Ces spécimens vivaient vraisemblablement en colonies dans un écosystème contenant aussi des micro-organismes : nous avons en effet retrouvé des « algues marines », invisibles à l'œil nu, dans les roches sédimentaires.

**Sait-on pourquoi la vie complexe est apparue il y a 2,1 milliards d'années ?**

**A. E. A. :** L'émergence de cette biodiversité suit la première augmentation d'oxygène dans l'atmosphère, il y a environ 2,3 milliards d'années. À la différence du deuxième pic d'oxygène qui s'est prolongé jusqu'à nos jours, la première grande oxydation n'a duré que de 200 à 300 millions d'années : le taux d'oxygène s'est brutalement effondré, plongeant la Terre dans une relative anoxie pendant environ 1 milliard d'années, ce qui a probablement entraîné le retour à une vie exclusivement microbienne.

**Comment ces traces de vie ont-elles pu parvenir jusqu'à nous ?**

**A. E. A. :** La conservation exceptionnelle des fossiles est due à deux facteurs. Le premier, c'est un processus de fossilisation très

rapide par pyritisation des individus du fait de la présence de bactéries dans le milieu : grâce à ce phénomène, la matière organique a été transformée en matière minérale, la pyrite, et a été piégée dans les sédiments. Le second tient à l'incroyable stabilité du bassin de Franceville, alors que la plupart des roches de cet âge sont déformées et compressées par la tectonique.

**Peut-on imaginer trouver d'autres macrofossiles aussi anciens ?**

**A. E. A. :** Quelques rares endroits en Afrique du Sud et en Australie possèdent des affleurements de cette qualité. À l'heure actuelle, il est impossible de savoir si le biota gabonais est un phénomène unique ou si la vie a éclos ailleurs. Une chose semble sûre : des organismes aussi complexes et organisés ne sont pas apparus subitement, ils avaient déjà évolué... L'espoir est réel de trouver des « ancêtres » à ces formes de vie. **II**



Lire l'intégralité de cet article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

1. Travaux publiés le 25 juin dans *Plos One*. 2. Professeur à l'université de Poitiers et chercheur à l'Institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers (CNRS/Univ. de Poitiers).

# Corée du Sud, la révolution fondamentale

**International.** Depuis 2013, le CNRS est partenaire de l'Institute for Basic Science. Présentation de ce nouvel opérateur scientifique sud-coréen, qui ambitionne d'ouvrir 50 centres de recherche fondamentale d'ici à 2022.

PAR LOUISE LIS



L'organisme a engagé la construction d'un Rare Isotope Science Project, baptisé Raon. Le mot, qui signifie « ravi » en coréen, a été choisi, dit-on à l'IBS, pour « rassurer » une population qui pourrait s'inquiéter de l'installation d'un tel équipement dans son environnement. Ce « mini-Cern » devrait fonctionner en 2019 selon le gouvernement.

Pays de Samsung, de Hyundai et de LG, connue pour sa créativité et son dynamisme technologiques, la Corée du Sud veut changer de braquet. Pour aller encore plus vite, mais cette fois autrement. Ses dirigeants l'énoncent sans s'embarrasser de périphrases, d'une manière carrée et surprenante, du moins pour des oreilles européennes, peu accoutumées à ce qu'une ambition – alliée à une forme d'autocritique – soit exposée avec autant de franchise. « Nous avons jusqu'ici copié et amélioré des technologies de pointe. Toutefois, afin de devenir l'une des nations de référence, nous devons développer une histoire de la création fondée sur la science et les technologies

**K**im Jin-soo pointe la une de *Nature*, qui traîne avantageusement devant lui, devenue depuis mars 2013 la meilleure des cartes de visite de son laboratoire en génomique. Il l'affirme : « Dans dix ans, la Corée du Sud figurera dans le Top 5 des pays en recherche fondamentale. » Ce chercheur brillant est la dernière recrue de l'IBS, Institute for Basic Science, opérateur nouveau dans le paysage scientifique coréen, dont l'objectif, affiché dès sa création en novembre 2011, est d'engager « des recherches de base, pionnières et sur le long terme difficiles à conduire dans des universités isolées et par d'autres instituts de recherche gouvernementaux ».

▼ Vue en 3D du projet de grand équipement baptisé Raon.

## L'IBS, fer de lance de la recherche coréenne

L'IBS peut d'ores et déjà se targuer d'avoir réalisé la moitié de son objectif avec le recrutement de près de la moitié des 50 directeurs de centres de recherche que l'organisme veut avoir ouverts d'ici à 2022. Chacun d'entre eux dispose d'un budget de 7 millions d'euros et d'une grande latitude dans le choix des programmes de recherche. Avec quelque 500 personnels permanents, dont 282 chercheurs et un budget de 183 millions d'euros, l'IBS a installé son quartier général à Daejeon, au sud de Séoul, à proximité de nombreux centres de recherche privés. L'IBS est également porteur des ambitions coréennes dans le domaine des grands équipements.

## Les liens avec le CNRS renforcés

La collaboration franco-coréenne dans les sciences humaines et sociales a pris son envol le 13 mai à travers un Memorandum of understanding (MoU) signé entre le CNRS, représenté par le directeur de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS), Patrice Bourdelais, et Ahn Se-young, qui dirige le National Research Council for Economics, Humanities and Social sciences (NRCS). Ce protocole de collaboration scientifique, prévu pour une durée de trois ans, a pour but de faciliter les recherches communes, l'échange de chercheurs ou encore l'organisation de conférences. Il a été scellé à l'issue d'un colloque consacré aux thématiques industrielles et sociales (à travers le vieillissement de la population), ainsi qu'à celles du genre, questions d'intérêt majeur pour les deux pays et éclairées par des chercheurs des deux pays. Il vient compléter un autre MoU, signé en 2013 avec l'Institute for Basic Science. Ces accords couronnent une production scientifique commune qui a connu une forte progression. Ainsi, les copublications Corée-CNRS ont triplé entre 2000 et 2010, et représentent les trois quarts des publications franco-coréennes. L'éventail disciplinaire reste cependant limité, puisque 57 % de ces copublications CNRS-Corée se font en physique.

1. [www.bulletins-electroniques.com/actualites/70141.htm](http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/70141.htm) 2. *Les Coréens*, Tallandier, 2013 (éd. actualisée), 208 p.

fondamentales », avait indiqué le président sud-coréen Lee Myung-bak lors de l'inauguration de l'IBS, le 30 mai 2012<sup>1</sup>.

Park Geun-hye, élue présidente de Corée en décembre 2012, ne l'a pas désavoué. Au contraire. La science et la technologie représentent plus que jamais les deux mamelles de l'économie « créative » qu'elle promet au pays dans ses discours : « *Je porterai notre science et notre technologie au meilleur niveau mondial. Et, grâce à ces efforts, l'économie créative deviendra une réalité.* » Cette fois, il ne s'agirait plus de tirer le meilleur parti des transferts de savoir-faire et de technologies, mais d'être à la source des innovations de rupture. Ce qui a été un modèle de développement – suivi par d'autres pays de la région – apparaît aujourd'hui à la Corée du Sud comme une impasse.

### Un volontarisme affiché

Traduite en chiffres, cette ambition vise à porter les dépenses de R & D à 5 % du PIB d'ici à 2017, contre 4,4 % en 2012, soit 36 milliards d'euros et le premier budget R & D en pourcentage de l'OCDE. « *En 2013, la recherche de base représentait 36 % des dépenses totales de recherche. L'objectif est d'atteindre 40 % d'ici à 2017* », explique Shin Jun-ho, directeur du bureau Science and Technology Policy au ministère de la Science, des Technologies de la communication et de la Planification du futur (MSIP).

#### ÉTAT DÉVELOPPEUR

État qui met en phase le système politique et administratif avec l'outil industriel.

▲ Centre de l'IBS dédié à l'étude du vieillissement des plantes.

Cette augmentation va mécaniquement réévaluer le poids et le rôle de la recherche publique dans l'ensemble du système de recherche, aujourd'hui porté en majorité par le privé, qui en assure 74 % des dépenses. Car, si le pays collecte les premiers prix – premier producteur de mémoires vives, de LCD, de téléphones portables, de télévisions et premier constructeur naval –, il le doit jusqu'à présent à cette alliance entre un « État développeur » et des conglomérats (chaebols) familiaux. Avec cette orientation en faveur de la recherche de base, l'État, une fois de plus, est donc bien décidé à donner le « la ».

Le volontarisme coréen est crédible. Car la Corée a fait la preuve ces cinquante dernières années de ses capacités, passant, au nom du patriotisme et au prix de grands sacrifices pour la population, de l'état de pays sous-développé à celui d'une puissance mondiale. « *La déliquescence de la monarchie finissante, l'exploitation sous l'occupation japonaise, les destructions de la guerre et le drame de la partition demeurent présents dans les esprits. [...] En 2013 comme en 1953, les Coréens s'investissent comme s'il fallait encore et toujours rebâtir* »<sup>2</sup>, écrit Pascal Dayez-Burgeon.

« L'enthousiasme » et « l'énergie » qu'évoque l'auteur, les Coréens les ont mis au service des sciences. Depuis 2002, le pays a plus que doublé son nombre de publications scientifiques, ce qui en fait le 10<sup>e</sup> producteur scientifique ...





© INSTITUTE FOR BASIC SCIENCE

▶ Ces chercheurs travaillent pour le centre de l'IBS consacré aux mathématiques.

... mondial<sup>3</sup>. « La Corée du Sud a mis le paquet sur la recherche fondamentale avec beaucoup de moyens », renchérit Carlo Massobrio, de l'Institut de physique et de chimie des matériaux de Strasbourg<sup>4</sup>, qui a mis en place depuis quelques années « un partenariat privilégié » avec l'Ewha Womans University et le Quantum Metamaterials Research Center, dirigé par l'énergique professeur de physique Jeong Weon-wu.

### Déjà 21 centres créés par l'IBS

À l'étroit dans son laboratoire sur le campus de l'université nationale de Séoul, la plus prestigieuse du pays, Kim Jin-soo commence à rêver aux mètres carrés que l'IBS lui a promis. Il fait partie de ceux, nombreux, qui sont partis aux États-Unis... mais qui sont revenus. Il correspond aux profils que cherche l'IBS pour ses 50 centres qui seront disséminés sur le territoire, soit installés dans des universités, soit « hors les murs ».

Pour figurer parmi ces *world-class scientists*, il a dû franchir les étapes d'un processus de recrutement drastique. Il a ainsi rejoint les différentes recrues internationales, comme Yannis Semertzidis, physicien au laboratoire de la Brookhaven jusqu'en octobre 2013. Dans le premier numéro du journal *IBS Research*, Yannis Semertzidis, qui dirige désormais le centre de recherche Axion and Precision Physics, est clairement présenté comme une belle prise, à la hauteur des visées scientifiques du pays : « Nous allons stupéfier le monde avec l'expérience coréenne sur les *axions*. »

Ce choix n'est lui-même pas neutre, ce créneau étant « encore relativement peu exploité, en dehors de l'expérience ADMX aux États-Unis, leader sur les aspects matière noire ; de l'expérience Cast en Europe, leader sur le créneau des axions solaires ; et de quelques autres petits projets », rappelle Gabriel Chardin, directeur adjoint scientifique à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS.

## La Corée du Sud est aujourd'hui classée au 10<sup>e</sup> rang mondial pour les publications scientifiques.

**AXION**  
Particule hypothétique très légère et électriquement neutre, supposée stable.

Sur les 21 centres d'IBS déjà créés, 7 concernent la physique, et la physique nucléaire en particulier, qui occupe donc une place de choix à égalité avec les sciences de la vie (7 centres), avant la chimie (6 centres), un centre étant consacré aux mathématiques. Mais, dans cette discipline comme dans d'autres, la volonté de progresser est déjà visible. « Le gouvernement coréen se donne les moyens de financer les instituts et les collaborations internationales nécessaires pour se mettre au plus haut niveau. Et il y a de bonnes chances qu'il y arrive d'ici quinze à vingt ans s'il continue à ce rythme », fait-on observer à l'Institut de mathématiques du CNRS. Le seul fait que le pays accueille au mois d'août, à Séoul, le Congrès international des mathématiques est sans doute un signe de cette volonté politique.

Au-delà des têtes d'affiche « étrangers », la Corée du Sud veut « stopper le *brain drain* », comme le formule clairement Lee Jae-heun, du MSIP. Le programme Brain Return 500, qui offre des budgets conséquents, aussi bien à de jeunes scientifiques (environ 200 000 euros par an) qu'à des chercheurs expérimentés (environ 330 000 euros par an), a été créé pour cela. Et, parmi ces « étrangers », le pays cible en particulier les Coréens de la diaspora qui sont nombreux aux États-Unis.

### Une influence positive sur les entreprises

Ce volontarisme à toute épreuve ne doit pas masquer les difficultés. Des tensions sont déjà palpables, certains chercheurs redoutant que l'IBS ne capte l'argent public au détriment de l'existant. Le ministère se veut rassurant, affirmant qu'« aucune décision ne sera inéquitable et en défaveur de ce qui existe déjà ». « Le budget va grimper à mesure que le nombre des centres va augmenter », affirme Shin Jun-ho. Autrement plus difficile à surmonter que les questions de financement, le défi de la natalité, en panne comme chez les voisins japonais, associé à un trop faible taux d'emploi des femmes, pourrait retarder la Corée dans sa lancée.

En attendant, chacun veut voir l'influence positive qu'exerce déjà cette orientation en faveur de la recherche de base, jusque dans les fameux chaebols. Certaines estiment ainsi que l'IBS a inspiré le tout nouvel appel d'offres lancé par Samsung. D'un montant de 1 milliard d'euros, ce programme se divise en trois volets également dotés : la recherche fondamentale (projets sur cinq ans au maximum), les nouveaux matériaux et les projets innovants pluridisciplinaires liés aux technologies de l'information et de la communication sur dix ans. Le programme décrit dans sa plaquette de présentation la volonté de l'entreprise de développer une « nouvelle culture de la recherche » nécessitant un « soutien de long terme ». Les résultats seront connus en novembre prochain. ||

3. Source : Science Citation Index (Thomson-Reuters / DVD Édition), traitement Dastr-SAP2S (à noter que les sciences humaines et sociales ne sont pas prises en compte dans ces calculs). 4. Unité CNRS/Univ. de Strasbourg.

SOCIÉTÉS



TERRE



# Exploiter les profondeurs de l'océan

PAR YAROSLAV PIGENET

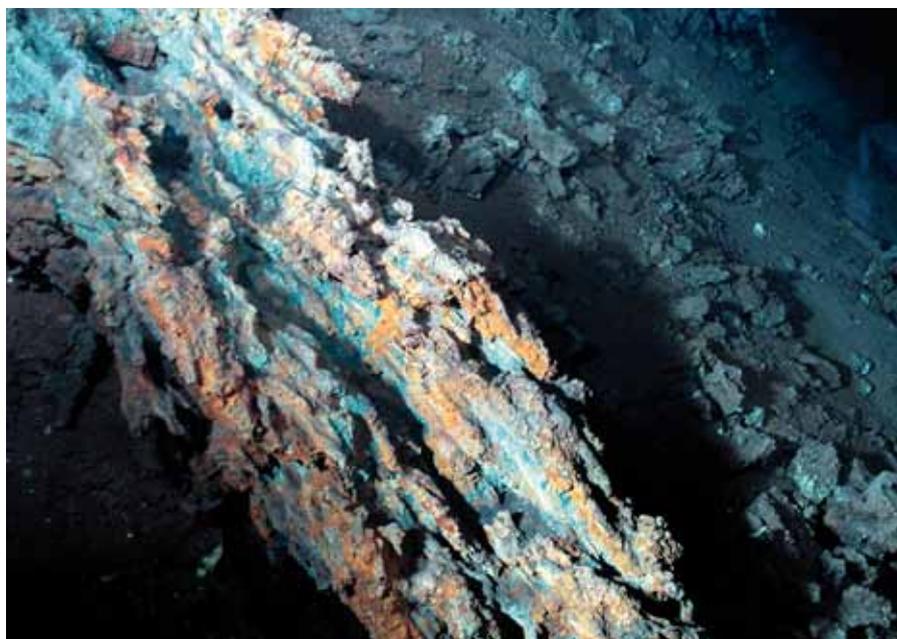


Lire l'intégralité de l'article sur [lejournald.cnrs.fr](http://lejournald.cnrs.fr)

**L'épuisement des matières premières pousse de plus en plus de pays à lancer ou relancer l'exploration des ressources minérales, notamment au fond des océans.** Or la France possède le deuxième territoire maritime mondial et bénéficie d'un accès privilégié aux gisements situés dans les grands fonds océaniques. Présentes dans tous les océans, ces ressources constituent des réserves importantes de métaux (cobalt, fer, manganèse, platine, nickel, or, argent, cuivre, terres rares, etc.), mais elles sont généralement situées à des profondeurs variant de quelques centaines à plusieurs milliers de mètres, ce qui les rend particulièrement difficiles à explorer, encore plus à exploiter. En outre, ces ressources sont systématiquement associées à des écosystèmes spécifiques, dont certains ont été identifiés comme des milieux exceptionnels de diversité au plan mondial.

Forts des connaissances et du savoir-faire qu'ont acquis les laboratoires et les sociétés minières français sur les environnements profonds, les ministères chargés de l'Écologie et de la Recherche ont confié au CNRS et à l'Ifremer la responsabilité de réaliser une expertise scientifique collective (Esco)<sup>1</sup> sur les impacts environnementaux pouvant résulter de l'exploration et de l'exploitation des ressources minérales profondes. Cette expertise, l'une des premières du genre, a été présentée le 19 juin. Elle doit servir de base

de travail à l'ensemble des acteurs du monde de la mer (élus, ONG, chercheurs, industriels, etc.), et permettre à la France de convertir ses ressources marines potentielles en véritables opportunités économiques, dans une double perspective de gestion économe des ressources et de développement durable. **II**



© CAMPAGNE SERPENTINE 2007/IFREMER-VICTOR

▲ Morceau de sulfures contenant du chlorure de cuivre observé sur le site Logatchev dans l'Atlantique.

1. Cette expertise collective a été pilotée par Jérôme Dymont (CNRS), François Lallier (CNRS), Sylvain Lamare (CNRS), Nadine Le Bris (CNRS), Olivier Rouxel (Ifremer) et Pierre-Marie Sarradin (Ifremer).

## UN AVIS SUR L'EXCELLENCE

Le Comité d'éthique du CNRS (Comets) vient de publier un avis sur la « politique de l'excellence en recherche ». Évoquant l'ambition légitime pour la recherche de se situer à très haut niveau, cet avis analyse les effets et les risques entraînés par la référence très fréquente à l'excellence. Les auteurs soulignent, par exemple, le risque d'une perte d'efficacité et de dérives éthiques provoquées par une trop forte compétition. Sur ce dernier point, le Comets vient d'ailleurs de publier un guide pour promouvoir une recherche intégrée et responsable.



» [www.cnrs.fr/comets](http://www.cnrs.fr/comets)

## UN PLAN POUR L'ÉGALITÉ ENTRE FEMMES ET HOMMES

Le CNRS a adopté récemment un plan d'action pour l'égalité professionnelle entre femmes et hommes au sein de l'organisme. Proposé par la Mission pour la place des femmes au CNRS, ce plan se décline en une série de mesures concrètes, dont certaines ont déjà commencé à être appliquées. Il intègre les évolutions législatives récentes, suit les recommandations européennes et s'inspire de certaines bonnes pratiques déjà mises en œuvre à l'étranger.



» [www.cnrs.fr/mpdf](http://www.cnrs.fr/mpdf)



Lire l'intégralité de l'article  
sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

» [www.familyfarmingcampaign.net](http://www.familyfarmingcampaign.net)

» [www.fao.org/family-farming-2014/fr/](http://www.fao.org/family-farming-2014/fr/)

# L'agriculture, une histoire de famille



© S. FREGUIN/CIRAD IMAGES

► **Famille  
de fermiers  
à Morondava,  
à Madagascar**

**Environnement.** Premier employeur mondial du domaine agricole, les fermes familiales, auxquelles les Nations unies dédie l'année 2014, sont souvent à l'avant-garde de l'innovation écologique.

PAR ARBY GHARIBIAN ET LÉA GALANOPOULO

Elle emploie pas moins de 2,6 milliards de personnes... L'agriculture familiale, loin de l'image poussiéreuse qu'on lui confère, fournit 70 % des denrées alimentaires mondiales. Et ce majoritairement grâce au travail des membres de la famille, étant donné que les fermes familiales n'embauchent pas ou peu de salariés externes permanents, selon la définition qu'en donne l'ONU, qui leur consacre l'année 2014. Avec moins de 1 hectare de surface pour la plupart, elles représentent pourtant 98 % des exploitations agricoles mondiales.

Face à une agriculture industrielle ultra-productive, l'agriculture familiale s'impose donc. Un combat de David

contre Goliath, déjà gagné par les familles sur le plan écologique. « Ce type d'agriculture propose un système d'exploitation moins prédateur pour la planète », explique Jean-Michel Sourisseau, chercheur en agro-économie au laboratoire ART-DEV<sup>1</sup>.

## Les fermes familiales à la pointe

À contre-courant d'une agriculture intensive, l'indépendance des fermes familiales les aiguille vers une plus grande protection des écosystèmes. « Les terres qui font partie du patrimoine de la famille sont davantage respectées », note le chercheur. Grâce à cela, les 500 millions d'exploitations familiales fournissent la majeure

partie de notre riz, de notre cacao et de notre café, qui sont généralement issus du commerce équitable.

« L'initiative des Nations unies de faire de 2014 l'Année internationale de l'agriculture familiale (AIAF) fournit l'occasion de mettre en lumière ces exploitations, d'y consacrer des recherches et d'adapter les politiques publiques », précise Jean-Michel Sourisseau, qui coordonne cette Année internationale pour le Cirad.

## Des projets de recherche en cours

Côté politique, beaucoup reste encore à faire... « Le plus important est de renforcer l'aide aux infrastructures, comme les coopératives, qui restent peu développées dans les pays du Sud », insiste le scientifique. Côté recherche, de nombreux projets français sont menés dans le monde. Des fermiers familiaux de régions semi-arides malgaches ont ainsi fait équipe ces dix dernières années avec des scientifiques. Leur but ? Améliorer la productivité du sol grâce à l'agriculture de conservation. « Pour éviter un travail intensif des sols, le labourage est minimisé au profit de plantes de couverture, qui protègent naturellement la terre », indique Jean-Michel Sourisseau.

Ces équipes de recherche s'investissent pour le développement et la diffusion de ce type de pratiques à travers le monde entier. « Pour que l'agriculture familiale soit promue partout sur la planète. Même au-delà de cette Année internationale ! », espère Jean-Michel Sourisseau. Elles travaillent désormais main dans la main avec les acteurs agricoles mondiaux : la FAO<sup>2</sup>, l'Ifad<sup>3</sup> et surtout les représentants familiaux, de mieux en mieux organisés. Ensemble, tous espèrent faire de l'agriculture juste et durable une réalité. ▮

1. Acteurs, ressources et territoires dans le développement (CNRS/UM1/Univ. Paul-Valéry/UPVD/Cirad).  
2. Food Agriculture Organization of the United Nations. 3. International Fund for Agricultural Development.



# Facebook « like » un logiciel CNRS

Cinq ans que les deux chercheurs travaillaient à son développement... Jérôme Vouillon, aidé par Vincent Balat<sup>1</sup>, a donné naissance à js-of-ocaml, un logiciel d'aide à la programmation, aussitôt adopté par Facebook en mai. Son rôle ? Générer directement des applications dynamiques (comme des modules permettant de lire une vidéo) dans le navigateur Internet, « sans rien avoir à installer ! », précise Vincent Balat. Son avantage : « Il permet d'écrire des programmes plus fiables, avec beaucoup moins de bugs qu'un langage informatique classique », explique Jérôme Vouillon. Une prouesse technologique qui découle du projet Ocsigen, lancé par les deux hommes en 2005, « pour réinventer une nouvelle façon de concevoir des applications Web

et les moderniser », indique Vincent Balat. Un grand nombre de sites utilisent encore les mêmes langages qu'il y a quinze ans, « conçus pour des pages standard comme celles de Wikipédia, qui proposent uniquement un affichage de contenu. Il fallait développer des outils plus adaptés au Web d'aujourd'hui », complète Vincent Balat. En proposant une meilleure interface aux développeurs de sites Web, le logiciel français a su convaincre Facebook. Simple, rapide et fiable, il repère les bugs en amont pour offrir un maximum de sécurité à ses utilisateurs. Jérôme Vouillon a d'ailleurs fait le choix de ne pas breveter cette invention. « Notre logiciel est en open source, accessible à tous. On espère ainsi le diffuser au plus grand nombre », conclut-il. **L. G.**

1. Preuves, programmes et systèmes (CNRS/Univ. Paris-Diderot).

10<sup>e</sup> ÉDITION

**pariscience**

**FESTIVAL INTERNATIONAL  
DU FILM SCIENTIFIQUE**

**DU 2 AU 7 OCTOBRE 2014**  
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE  
ENTRÉE GRATUITE RÉSERVATION CONSEILLÉE SUR PARISCIENCE.FR

Mairie de Paris universcience CNRS CTS Inserm ANDRA IRD Inrap Muséum national d'Histoire naturelle

arte casden cnes Sciences Avenir La Recherche Paris 6 Quotidien UPMC

# Subatech, un labo à la pointe du nucléaire

Le 20 juin, il y avait du beau monde pour fêter les 20 ans du laboratoire Subatech<sup>1</sup>, où 200 personnes mènent des recherches sur le nucléaire. Comme l'explique Bernd Grambow, son directeur, « l'idée était d'intégrer au sein d'une unité unique des scientifiques d'horizons variés venant de la physique des particules, de la gestion des déchets nucléaires ou de la médecine nucléaire, sur le constat qu'une recherche interdisciplinaire doit être organisée dans la durée pour être productive ». Les objectifs de recherche gravitent tous autour du nucléaire, qu'ils soient fondamentaux, comme en physique des hautes énergies, ou plus appliqués à la santé et à l'environnement.

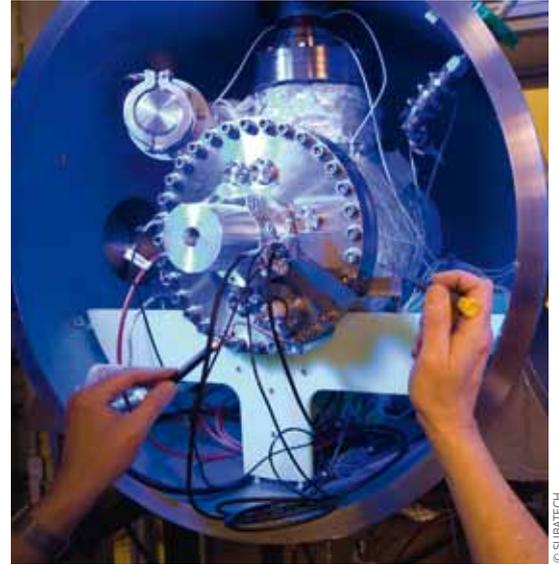
Preuve du bien-fondé de la démarche : les recherches conduites dans le cadre de l'expérience Alice, en cours au Cern, qui vise à étudier la matière telle qu'elle était une fraction de seconde après le big bang. « Nous avons contribué au développement d'un détecteur géant qui a dû être positionné au millimètre près, détaille Bernd Grambow. Pour cela, nous avons mis au point une technique laser désormais utilisée pour faire du contrôle non destructif dans l'industrie. »

Idem avec l'expérience internationale Xenon, dont l'objectif est de détecter la matière noire, qui représenterait 85% de la matière dans l'Univers. « Avec des détecteurs similaires, la même équipe développe une technique d'imagerie médicale qui devrait permettre de gagner un facteur 10 ou 20 en

PAR MATHIEU GROUSSON

sensibilité par rapport à l'existant, tout en réduisant l'exposition aux radioéléments », ajoute Bernd Grambow. Le laboratoire s'est d'ailleurs fait une spécialité de la chimie des radioéléments et de leur interaction avec l'environnement, devenant ainsi un prestataire incontournable de l'industrie nucléaire. « Nous sommes, par exemple, très impliqués dans la surveillance des centrales nucléaires », précise le directeur. En parallèle, des recherches sont menées sur le devenir à long terme des déchets radioactifs en couche géologique. Le domaine de la santé est aussi concerné, puisque Subatech, entre autres, a été à l'initiative de la construction du cyclotron Arronax, qui a été inauguré en 2010 et qui produit des radioéléments pour la recherche en médecine nucléaire.

À l'avenir, Subatech devrait continuer à intégrer de nouvelles disciplines et problématiques, en particulier en ce qui concerne la diffusion des éléments radioactifs dans l'environnement. « L'idée est de stimuler des projets incluant aussi bien des chimistes et des géologues que des biologistes et des médecins afin de couvrir l'ensemble de la chaîne concernée », conclut Bernd Grambow. ▮



© SUBATECH

▼ Cryostat du prototype Xemis 1 qui a permis de démontrer la faisabilité d'une nouvelle technique d'imagerie.

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

## Vidéo



SOCIÉTÉS

## Grotte Chauvet : dans l'atelier du fac-similé

La grotte Chauvet Pont-d-Arc, en Ardèche, vient d'être inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco. Un trésor que le grand public pourra découvrir à partir de l'année prochaine en visitant sa réplique, la Caverne du Pont-d-Arc. Dans cette vidéo en ligne sur le site du journal, découvrez comment sont reproduits, à la main, les exceptionnels panneaux ornés de la grotte.



► Visionner la vidéo sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

TERRE

# Les trésors des îles Éparses

PROPOS RECUEILLIS PAR SEBASTIÁN ESCALÓN

**Environnement.** Entretien avec Marc Troussellier, spécialiste de ces petites îles de l'océan Indien au centre d'enjeux colossaux.

[Lire l'intégralité de l'article sur \*\*lejournel.cnrs.fr\*\*](#)

**Les 28 et 29 avril, un colloque s'est tenu à Paris pour présenter les résultats d'un programme de recherche que vous coordonnez sur les îles Éparses. De quoi il s'agit ?**

**Marc Troussellier<sup>1</sup>** : Par ce nom évocateur sont désignés cinq groupes d'îles sous souveraineté française, disséminées dans le sud-ouest de l'océan Indien. Cet ensemble ne représente que quelque 40 km<sup>2</sup> de terres émergées, mais il est au carrefour d'importants enjeux économiques, stratégiques et scientifiques. Un ambitieux programme a donc été lancé en 2011 afin de mieux connaître ces îles et de protéger leurs extraordinaires écosystèmes.

**Quels sont ces enjeux ?**

**M. T.** : Il faut savoir qu'à ces terres correspond une Zone économique exclusive de près de 640 000 km<sup>2</sup>. Il y a donc des enjeux importants relatifs à la pêche. De plus, quatre îles se trouvent dans le canal du Mozambique, une importante route maritime. Enfin, des études exploratoires ont montré que le sous-sol océanique de cette région était riche en ressources qui pourraient être exploitées.

**Pourquoi mobiliser tant d'efforts sur le plan scientifique ?**

**M. T.** : Ce sont des îles où l'influence humaine locale est très faible. De ce fait, elles constituent une sorte de point zéro très rare dans le monde. Par ailleurs, les récifs coralliens qui les forment ont enregistré l'évolution du niveau de l'océan. Elles permettent aussi de mieux comprendre la sismicité de cette zone très active géologiquement.

**Ces îles constituent aussi des écosystèmes intéressants...**

**M. T.** : Ce sont d'extraordinaires réservoirs de biodiversité. Il est possible d'y étudier l'impact du réchauffement en dehors de tout

facteur local. Le programme a également permis d'étudier les capacités qu'ont les espèces à se déplacer d'un endroit à l'autre de l'océan ou encore les capacités de dissémination des maladies à travers les parasites des oiseaux marins. Au-delà des nécessaires inventaires de la biodiversité, il a aussi été possible de mesurer l'impact de l'éradication d'espèces introduites accidentellement par l'homme. En réduisant drastiquement les populations de chats ou de rats sur deux des îles, leurs proies, comme les populations d'oiseaux et de végétaux, ont vu augmenter de façon significative leur abondance.

**Quelles sont les menaces qui pèsent sur ces îles ?**

**M. T.** : Elles sont nombreuses : les activités de pêche illégales, la pollution, l'exploitation des ressources fossiles et surtout les changements climatiques. La très faible altitude de ces îles les rend très vulnérables à la montée du niveau de l'océan. Un observatoire a été mis en place dans le cadre du programme pour évaluer ce risque. **II**

▲ **Vue de l'une des plages des Glorieuses, l'une des cinq entités formant les îles Éparses.**



© M. TROUSSELLIER

1. Écologie des systèmes marins côtiers (CNRS/IRD/UM1/UM2/Ifremer).



► Fouille située sur le flanc sud de la colline de Bou Izargane, dans les niveaux stratigraphiques les plus anciens.

VIVANT TERRE

# Quand la vie animale s'est diversifiée

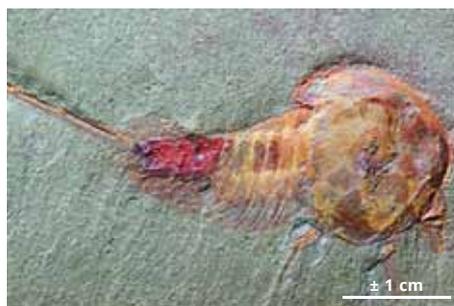
Il y a une dizaine d'années, Peter Van Roy, alors étudiant en paléontologie, a mis au jour dans le massif des Fezouata, au Maroc, un site dont la faune fossile, vieille d'un peu moins d'un demi-milliard d'années, était exceptionnellement préservée, y compris les organismes mous qui habituellement ne se fossilisent pas. Cette découverte a motivé le lancement du projet Rali, coordonné par Jean Vannier et Bertrand Lefevre, du LGLTPE<sup>1</sup>, à Lyon, et Thomas Servais, du laboratoire Géosystèmes<sup>2</sup>, à Lille. Le but de ce projet est de mieux comprendre comment la vie animale a émergé dans les océans, comment les animaux ont colonisé l'environnement et constitué les premiers écosystèmes de type moderne et, bien sûr, comment ils se sont diversifiés. La faune des Fezouata présente, en effet, un assemblage inédit d'organismes marins de type cambrien – trilobites, marrellomorphes, anomalocarididés, éocrinoïdes, éponges... – associés à des organismes de type post-cambrien – bivalves, étoiles de mer, gastéropodes, cirripèdes et limules. Elle constitue ainsi un chaînon manquant entre la faune caractéristique de l'explosion cambrienne, qui a vu apparaître la grande majorité des lignées d'animaux actuels, et la grande biodiversification ordovicienne, qui a vu se développer nombre de familles, genres et espèces à l'intérieur de ces lignées. **II Y A P.**

1. Laboratoire de géologie de Lyon : terre, planètes et environnement (CNRS/UCBL/ENS Lyon).  
2. Unité CNRS/Univ. Lille-I.



Lire notre article sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

► Faune de l'Ordovicien tirée des fouilles du massif des Fezouata, au Maroc : *Furca* (ci-dessus), *Xiphosura* et *Bavarilla* (ci-contre).



VIVANT 

# La biodiversité sur écoute

**Environnement.** Jérôme Sueur<sup>1</sup>, qui a organisé du 16 au 18 juin, à Paris, le premier colloque dédié à l'éco-acoustique, nous présente cette discipline.

PROPOS RECUEILLIS PAR KHEIRA BETTAYEB

## Qu'est-ce au juste que l'éco-acoustique ?

**Jérôme Sueur :** Une discipline pas encore bien formalisée, issue de nombreuses recherches menées depuis six-sept ans, et qui tente de relever l'un des défis majeurs de l'écologie : estimer et suivre les changements de la biodiversité animale sur de larges échelles temporelles et spatiales en fonction des perturbations affectant les habitats naturels (destruction de ceux-ci, pollution, changements climatiques).

## Comment l'éco-acoustique peut-elle aider à cette tâche ?

**J.S. :** En enregistrant et en analysant les sons émis par les animaux. Notre travail repose sur l'hypothèse que la complexité sonore d'un habitat ou d'un paysage reflète la complexité de la biodiversité.

## Quelle différence y a-t-il avec la bio-acoustique, qui étudie aussi les communications vocales des animaux ?

**J.S. :** Discipline historique dans le domaine du comportement animal, la bio-acoustique se focalise sur une seule espèce. L'éco-acoustique, elle, opère un changement d'échelle. Elle s'intéresse à de grandes structures écologiques, comme les communautés, des ensembles d'espèces interagissant pour une ressource particulière comme l'alimentation, ou les paysages sonores, qui comprennent tous les sons – animaux ou non – issus d'un paysage. Ces deux approches sont complémentaires.

▲ La chercheuse Camille Desjonquères teste un magnétophone destiné à enregistrer les sons émis par une communauté d'insectes.

## En quoi votre discipline permet-elle d'estimer la biodiversité sur de larges échelles ?

**J.S. :** L'éco-acoustique bénéficie d'une nouvelle génération de magnétophones qui enregistrent les sons sans intervention de l'homme. Ces appareils peuvent être installés dans une forêt, au milieu d'un champ, dans une ville ou encore au fond des océans. Dotés d'un programmeur leur permettant de s'allumer et de s'éteindre seuls, ils peuvent enregistrer régulièrement pendant des semaines, des mois ou des années. Le recueil de données est ainsi peu coûteux, non invasif, régulier dans l'espace et le temps et très important en qualité et en quantité.

## Comment sont analysés les sons ainsi enregistrés ?

**J.S. :** Automatiquement, grâce à des programmes informatiques qui ont

été développés à cet effet. Mais les outils disponibles pour l'instant – dont certains ont été développés par mon équipe – permettent uniquement de déterminer s'il y a plus ou moins de diversité sonore entre deux sites ou deux dates d'enregistrement. La mesure est donc relative. Nous devons mettre au point des techniques donnant des informations « absolues ».

## C'est-à-dire ?

**J.S. :** Par exemple, un des objectifs est de développer des outils permettant une estimation fiable du nombre d'espèces chantant dans les enregistrements. Mais développer ce type de programmes occupera certainement encore plusieurs années les chercheurs. Car auparavant, ils devront résoudre de nombreux problèmes comme l'élimination du bruit ambiant d'origine non animale... II



© D. ILLUSIA/MNH-CNRS

1. Institut de systématique, évolution, biodiversité (CNRS/MNHN/UPMC/EPHE).

# Les bons achats de la recherche

**Stratégie.** Dépenser moins et mieux, c'est la feuille de route des services publics français aujourd'hui. Dans ce contexte, le CNRS s'installe comme un acteur central des achats en matière de recherche.

PAR MARTIN RHODES

Spectromètres, abonnements à des revues scientifiques, billets d'avion, services informatiques ou encore stylos à bille... Chaque année, le CNRS procède à environ 650 millions d'euros d'achats, ce qui en fait l'un des dix plus gros opérateurs de l'État en termes de commande publique. « *L'objectif premier de notre politique d'achats est de mieux répondre aux besoins des unités et des services* », indique Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources du CNRS. La diversité des achats de l'organisme s'explique par les nombreux champs de recherche qui lui sont confiés, dans tous les domaines du savoir. Les équipements scientifiques, allant du grand instrument aux pipettes de laboratoire, représentent évidemment la dépense la plus importante. Viennent ensuite les prestations fournies par les agences de voyages – qui s'élèvent à elles seules à 40 millions d'euros par an –, puis les dépenses d'électricité et de restauration sociale.

## Cinq objectifs prioritaires

« *Aujourd'hui, 30 % des achats courants du CNRS sont réalisés sur des marchés nationaux* », précise Olivier Bérard, directeur délégué aux achats et à l'innovation. Autrement dit, l'organisme a passé des contrats valables à l'échelle du CNRS. C'est notamment le cas pour les fournitures de bureau ou les voyages, tous commandés chez le même prestataire à des tarifs plus avantageux. Cependant, toutes les catégories d'achats ne sont pas « massifiables » à l'échelle nationale. Ce qui laisse peu de marges de progression. « *Une structure qui n'a pas encore commencé à massifier ses achats peut espérer réaliser des gains d'achats rapides*, note Olivier Bérard. *Passé ce premier cap, il faut mobiliser d'autres leviers, tels que la rationalisation de certains besoins ou l'amélioration des processus de fonctionnement. C'est la logique du schéma directeur achats 2014-2016 du CNRS, adopté par l'établissement fin 2013 : sécuriser les gains déjà réalisés et travailler*



*parallèlement à l'amélioration des processus internes pour activer ensuite de nouveaux leviers d'amélioration de notre performance collective en matière d'achats.*»

Or, depuis le décret du 16 juillet 2013, les services de l'État doivent composer avec cinq nouveaux objectifs : soutenir l'innovation, faciliter l'accès de leurs marchés publics aux PME, promouvoir l'insertion sociale, prendre en compte les exigences environnementales et, surtout, décrocher, tous les ans, 2 % de réduction des prix sur le total des achats réalisés. « *Il ne s'agit pas d'une mesure de rigueur. Le gain d'achats est récupéré par l'établissement comme nouvelle marge de manœuvre. Cela lui permet, par exemple, de financer un projet de recherche nouveau* », précise Hélène Phaner, directrice du Département de professionnalisation des opérateurs au Service des achats de l'État. Le décret fixe un but global d'ici à 2015 : 2 milliards de dépenses en moins, dont 700 millions pour les instituts publics.

## Les commandes publiques du CNRS, ce sont...

**675 000**  
commandes  
par an

**650 millions d'euros**  
d'achats réalisés  
chaque année

auprès de  
**27 000**  
fournisseurs

dont  
**55%**  
attribués  
aux achats  
scientifiques

**6 millions d'euros**  
de gains d'achats  
prévus pour  
2014



© PINTACHANILIA SUITE ILLUSTRATION

Du côté du CNRS, 0,9 % de gains d'achat sont prévus en 2014. Pour les réaliser, de nombreux projets sont sur la table. À commencer par la réduction des coûts de procédure. En effet, outre les frais directs liés à la publication des appels d'offres, ces procédures longues et complexes mobilisent une cinquantaine d'acheteurs au CNRS. L'idée serait de regrouper, lorsque c'est possible, les commandes similaires passées à quelques semaines ou mois d'intervalle. « *La période où sont allouées les ressources de fonctionnement en interne pourrait être pertinente pour faire remonter ces différents besoins d'achats* », estime Olivier Bérard.

Autre projet, plus ambitieux encore, la dématérialisation : « *zéro papier entre l'idée d'acheter et le paiement du fournisseur* », tel est l'objectif. Pour ce faire, le CNRS a déjà engagé de nombreuses démarches, comme la diffusion dans ses laboratoires de 2 500 cartes d'achats ou encore la dématérialisation des factures. Également en

chantier, le déploiement de la signature électronique pour les marchés publics et l'archivage sécurisé des documents signés électroniquement. L'Institut national de la santé et de la recherche médicale, pour sa part, a de plus en plus recours à l'emploi indirect. « *Rien ne nous rend plus heureux qu'une PME embauche pour répondre à nos commandes. Seulement, il faut veiller à ne pas la rendre dépendante de nos besoins. Cela pourrait la mettre en péril* », met en garde Cécile d'Orbigny, responsable du Bureau des achats et des marchés.

### Mutualiser les achats

Le décret du 16 juillet 2013 initie également une politique transversale des marchés publics. « *Le CNRS a pour ambition d'être au cœur de la recherche. Continuer à mutualiser ses achats avec d'autres acteurs de ce domaine fait partie de cette stratégie globale* », souligne Héléne Phaner, chargée de faire appliquer le décret. Le marché d'acquisition de matériel informatique Matinfo3, coordonné par le CNRS, est probablement la meilleure illustration de ces partenariats récents. Outre une économie de 3 millions d'euros pour l'organisme, ce marché permet à plus d'une centaine d'établissements publics (universités, écoles, etc.) de partager les frais de procédure, de réaliser des économies d'échelle, mais aussi de simplifier la gestion des unités mixtes. Pour autant, Héléne Phaner rappelle que « *le premier dessein du décret n'est pas d'économiser 2 % par an, mais de permettre aux chercheurs de mener à bien leurs travaux* ». En faisant porter les efforts sur les achats généraux (tels que les fournitures de bureau) plutôt que sur les instruments scientifiques, le plan d'action du CNRS va incontestablement dans ce sens. ▮

# L'état des UMI d'Amérique

**International.** Retour sur la première réunion des UMI nord-américaines, qui s'est tenue en mai dernier à l'ambassade de France à Washington.

PAR ISABELLE TRATNER

“ L'initiative prise par le CNRS il y a vingt ans de créer un espace nord-américain de la recherche est devenue réalité. » C'est ainsi que Xavier Morise, directeur du bureau du CNRS à Washington, a ouvert la première réunion des Unités mixtes internationales (UMI), qui s'est tenue à Washington en mai dernier. En 2014, sur les 35 UMI existant à travers le monde, le CNRS n'en compte pas moins de douze en Amérique du Nord, dont sept aux États-Unis, quatre au Canada et une au Mexique.

Mais au fait, qu'est-ce qu'une UMI ? C'est l'association, dans un même lieu et dans un projet de recherche commun, de chercheurs du CNRS, de partenaires institutionnels étrangers et, de plus en plus souvent, de partenaires industriels. L'existence légale de l'UMI lui permet de postuler aux financements des agences de moyen et des fondations des pays partenaires ainsi qu'après de l'Europe. Si l'excellence scientifique est toujours le premier objectif,

d'autres aspects sont essentiels pour les directeurs d'UMI. Comme la formation, mise en avant par les deux UMI en mathématiques, hébergées au Canada par le Pacific Institute for the Mathematical Sciences et le Centre de recherches mathématiques. Un aspect également important pour Guy Bertrand, directeur d'une UMI en chimie catalytique, hébergée à l'université de San Diego, qui indique que la plupart de ses étudiants « ont été embauchés après leur passage dans l'UMI, beaucoup en France, et certains au CNRS ».

## Les partenariats, un élément clé des UMI

La création d'une UMI peut aussi être l'occasion d'attirer des industriels. « C'est un système gagnant-gagnant pour tous les partenaires », se félicite Abdelkader Souifi, codirecteur de l'UMI LN2<sup>1</sup>, qui a établi, entre autres, un partenariat entre ce laboratoire et la société STMicroelectronics pour la période 2012-2017. « Pour l'industriel, ce type d'association divise par deux les coûts d'un projet de recherche », ajoute Larry Hough, directeur de l'UMI Compass<sup>2</sup> et chercheur senior chez Solvay. Industriel qui, dans ce cas, fournit des locaux et finance entre un et trois étudiants par an et plusieurs chercheurs permanents.

## Les sites miroirs en plein essor

Enfin, la tendance est désormais à la création d'UMI miroirs, initiée par l'UMI Georgia Tech-CNRS, seule UMI créée en France jusqu'à ce jour, à Metz, en 2006. Centrée sur les réseaux sécurisés, les matériaux et les habitats intelligents, elle a établi un site « miroir » sur le site de son partenaire, le Georgia Institute of Technology, à Atlanta, en 2009. « Développer des sites miroirs en France permettrait d'attirer des chercheurs étrangers et de poursuivre les travaux initiés par les chercheurs français lors de leur séjour dans les UMI », explique Marcel Babin, directeur de l'UMI Takuvik, à l'université de Laval, au Québec, axée sur l'étude de l'impact du changement climatique sur la zone arctique.

Sans aucun doute, les avantages des UMI sont nombreux. Et très enviés de nos partenaires étrangers, comme le signale Marcel Babin, invité par un collègue allemand à rencontrer la chancelière Angela Merkel pour tenter de la convaincre de créer ce type de structures en Allemagne. ■

► Les matériaux innovants, telle cette plaquette de semi-conducteurs, sont un axe prioritaire de recherche de l'UMI Georgia Tech-CNRS.



© A. CHEZIERE/CNRS PHOTO THÈQUE

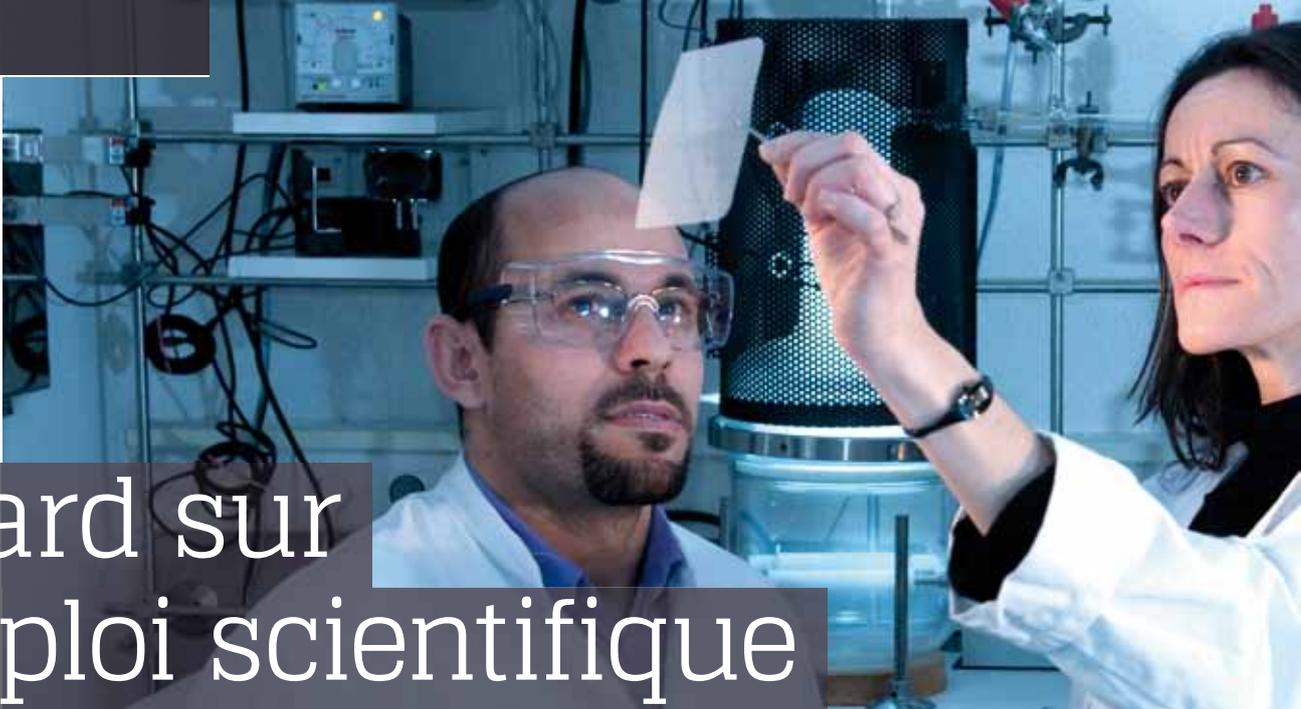
1. Laboratoire nanotechnologies et nanosystèmes. 2. Complex Assemblies of Soft Matter.

# LES IDÉES



*On se réserve un temps de réflexion  
sur la paternité dans la nature,  
les vertus de l'ignorance, les faux avis  
sur Internet et le langage des robots.*

ILLUSTRATION : E. POLANCO/COLAGENE.COM, POUR CNRS LE JOURNAL



# Regard sur l'emploi scientifique

**Sociologie.** La question de l'emploi scientifique a ressurgi ces derniers mois en France. Le point avec la sociologue Christine Musselin<sup>1</sup>, directrice scientifique de Sciences Po et auteur de plusieurs études sur l'enseignement supérieur et la recherche.

PROPOS RECUEILLIS PAR CLAIRE DEBÔVES

**Ces derniers mois, les pouvoirs publics ont été alertés sur les risques d'un tarissement du recrutement des personnels scientifiques en France. Avez-vous repéré des similitudes dans l'évolution de l'emploi scientifique dans les pays européens ?**

**Christine Musselin :** Malgré des évolutions contrastées, on observe que la part des postes non permanents augmente au sein de l'emploi scientifique, en Europe mais aussi ailleurs. Sur ce plan, la France n'est pas la moins bien placée, notamment pour des raisons structurelles. En Allemagne, la période entre la fin de la thèse et l'obtention du premier poste permanent – de professeur – est bien plus longue qu'en France. En effet, les chercheurs y sont titularisés à 42 ans en moyenne, après une succession de postes temporaires où ils consacrent leur travail aux programmes de recherche d'un professeur. En Grande-Bretagne, le recrutement sur postes de *lecturer* (de plus en plus souvent non permanents), puis de *reader*, précède le recrutement sur une position permanente de professeur, mais passe fréquemment par une période prolongée de postes à durée limitée. Quant à l'Italie, le faible nombre de postes qui y sont ouverts pousse les

jeunes docteurs à postuler à l'étranger. En France, la hausse du nombre de postes temporaires, notamment postdoctoraux, est évidente. Cependant, les données du ministère montrent que l'âge d'accès à un poste permanent à l'Université se maintient autour de 33 ans. De ce fait, avec la baisse du nombre de recrutements, plus on reste dans la file d'attente du concours, plus les chances de réussite diminuent.

**Une relation entre les différents modèles d'emploi scientifique et la qualité de la recherche produite in fine a-t-elle pu être établie ?**

**C. M. :** C'est un sujet complexe qui n'a pas vraiment fait l'objet de travaux scientifiques. Dans les années 2000, l'Allemagne s'est interrogée sur ses performances en recherche. Elle a mis en place le dispositif des *junior professors* (CDD de deux fois trois ans), qui permet à des chercheurs en début de carrière de mener des recherches en toute autonomie et de pouvoir ensuite postuler plus facilement sur un poste de professeur. Ce système, qui rappelle la *tenure track* américaine, qui consiste à mettre à l'épreuve les jeunes chercheurs pendant six ans, semble assez efficace, mais n'est pas sans inconvénient : plus adapté aux sciences dures qu'aux sciences humaines et sociales, défavorable aux femmes, etc. Il explique peut-être en partie les performances des États-Unis en matière de recherche, mais encourage aussi un type de recherche et de publications particuliers. Quoi qu'il en soit, on constate que le système français des institutions nationales de recherche reste attractif pour les chercheurs étrangers, comme le montre le pourcentage élevé de ces derniers parmi les candidats. Être recruté jeune, sur un poste pérenne, pour se consacrer exclusivement à la recherche dans des laboratoires de grande qualité, c'est assez unique...

1. Elle est membre du Centre de sociologie des organisations (CNRS/Sciences Po).



© H. RAGUET/ICRS/PHOTOTHÈQUE/INSTITUT DE SCIENCES DES MATÉRIEAUX DE MULHOUSE

**En revanche, le lien entre le niveau de financement de la recherche d'un pays et ses résultats scientifiques est tout à fait avéré...**

**C. M. :** Effectivement. J'ajouterais à cela que le financement de l'enseignement supérieur a aussi des répercussions importantes sur la recherche. Il y a quelques années, j'ai participé à une étude européenne sur ce sujet. Nous avons constaté que l'investissement dans l'enseignement supérieur était un bien meilleur prédicteur de résultats que toutes les réformes structurelles qui pouvaient être menées. Cela étant, en plus d'ouvrir de nouveaux postes, il faudrait aussi améliorer la gestion des carrières en France. Par exemple, concernant l'accueil des nouveaux arrivants, on continue trop souvent à considérer que les chercheurs doivent se satisfaire du simple fait d'être recrutés. Or recruter un fonctionnaire est un engagement extrêmement fort qui mérite un accompagnement rapproché, en tout début de carrière notamment. Car c'est à ce moment-là que beaucoup de choses se jouent pour la suite du parcours des chercheurs. ||

*“La part des postes non permanents augmente au sein de l'emploi scientifique, en Europe mais aussi ailleurs.”*

## Tous les pères sont dans la nature

**Frank Cézilly**

Biologiste au laboratoire Biogéosciences



© DR

**Les transformations que connaissent les sociétés humaines ne manquent pas de nourrir les oppositions entre « conservateurs » et « progressistes », surtout lorsqu'elles touchent l'organisation familiale.** Certains n'hésitent pas même à en appeler à un prétendu ordre naturel. Mais quel est cet « ordre » censé nous obliger à ne concevoir la famille que comme les générations précédentes l'ont conçue ? Qui en décide ? Et quel est le rôle du scientifique dans pareille affaire ?

Peut-être tout simplement celui de donner à voir la nature dans toute sa diversité. C'est à cet exercice que je me suis attaché en proposant une histoire naturelle des pères dans mon ouvrage *De mâle en père. À la recherche de l'instinct paternel*. Tout est parti du constat que la moindre implication des pères dans les soins parentaux chez l'homme semblait, pour un grand nombre de personnes, aller de soi, telle une fatalité génétique que nous partagerions avec une large majorité d'espèces. Mais qu'en est-il vraiment ?

L'idée selon laquelle les mâles sont peu enclins à prodiguer des soins procède d'une sorte d'anthropocentrisme qui nous conduit à accorder une importance disproportionnée aux mammifères. Or ce groupe n'est pas forcément représentatif. Il convient de souligner d'emblée que certaines espèces ne prodiguent pas de soins à leur progéniture, tels les invertébrés. Lorsque ces soins existent, les femelles sont plus investies que les mâles. Mais, chez un nombre non négligeable d'espèces, les jeunes n'obtiennent de soins que de leur père.

Ainsi, l'attention particulière des mâles vis-à-vis des œufs fécondés se retrouve chez plusieurs vertébrés. Chez les bien nommés crapauds accoucheurs, les mâles entourent autour de leurs pattes arrière les rubans d'œufs qu'ils transportent et humidifient régulièrement pendant



*De mâle en père. À la recherche de l'instinct paternel, Frank Cézilly, Buchet-Chastel, février 2014, 272 p., 19 €*

plusieurs jours. Et chez le jacana du Mexique, ce sont les mâles qui construisent le nid, assurent l'incubation des œufs et le transport des poussins en cas de danger.

D'une façon générale, les soins paternels sont souvent indispensables à la réussite de la reproduction chez les oiseaux monogames. Ils le sont aussi chez certains mammifères, même si cela ne concerne que 10% des espèces. On peut citer le protèle, espèce apparentée aux hyènes, mais qui se nourrit de termites, ce qui suppose de longues heures passées à s'alimenter. Quand les femelles partent se nourrir afin de produire assez de lait pour toute leur portée, ce sont les mâles qui protègent les jeunes et leur prodiguent des soins.

Enfin, au sein des primates, les soins paternels sont bien représentés chez plusieurs espèces de singes du Nouveau Monde, tel le douroucouli d'Azara. Passée leur première semaine de vie, c'est en effet dans les bras de leur père que les jeunes trouvent confort et protection, ne les quittant qu'au moment de l'allaitement.

Ce bref survol animalier révèle que l'implication des pères relève souvent d'une logique socio-économique. Ce n'est donc pas tant la proximité phylogénétique qui doit nous éclairer si nous devons consulter la nature pour mieux cerner le rôle des pères, mais bien plutôt la similitude des contraintes socio-économiques. De ce point de vue, l'analyse des sociétés traditionnelles est très instructive, car elle montre comment les modes de subsistance influencent le comportement parental, comme dans les sociétés occidentales, où l'implication des pères est indissociable du statut des femmes et des conditions économiques. Une façon intelligente de retrouver du naturel dans le culturel, sans réduire le second au premier. ||



Lire l'intégralité du billet sur [lejournal.cnr.fr](http://lejournal.cnr.fr)

SOCIÉTÉS

# Les vertus de l'ignorance

PROPOS RECUEILLIS PAR LOUISE LIS

**Épistémologie.** Après avoir fait sensation aux États-Unis, l'ouvrage du neurobiologiste Stuart Firestein, *Les Continents de l'ignorance*, est sorti en France en avril. Rencontre avec un chercheur inspiré, qui voit dans l'ignorance un des moteurs de la science.

**Votre livre vante les mérites de l'ignorance. Comment la définissez-vous ?**

**Stuart Firestein :** Je m'intéresse particulièrement à l'ignorance qui se cache derrière les faits. Pas seulement à ce que j'ignore, à savoir bien des choses, mais à ce que tout le monde ignore, c'est-à-dire bien davantage encore. C'est ce type d'ignorance qui évolue en parallèle avec la connaissance parce que chaque chose apprise ou découverte suscite de nouvelles et de meilleures questions.

**Votre livre propose-t-il une nouvelle façon de « faire de la science » ?**

**S. F. :** Cette façon n'est en rien nouvelle : c'est la manière dont la science a toujours procédé. Depuis Newton, Maxwell ou Darwin, les sciences ont toujours progressé en suscitant de meilleures questions. Mais nous l'avons oublié. La tendance est à montrer ce que l'on sait et non ce que l'on ignore. Pourtant, une telle attitude enlève à la science son attrait et sa vitalité. Le problème, c'est que les scientifiques le savent, mais que le public n'en est pas conscient.

**La question de la difficulté à transmettre les connaissances semble avoir guidé votre réflexion...**

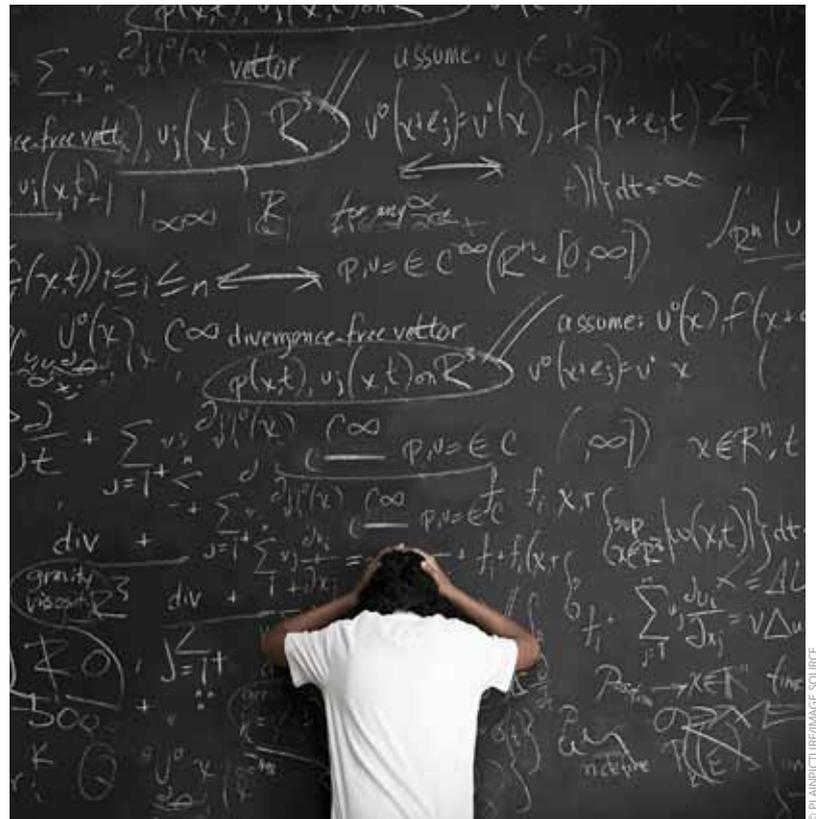
**S. F. :** Bien que le livre s'ouvre en effet sur une question d'enseignement – comment parler de ce que nous ne savons pas ? –, je n'avais pas fait le lien avec la pédagogie des sciences de prime abord. C'est venu plus tard, de par les questions que le livre a suscitées. Lors d'émissions de radio, nombre d'interrogations émanaient en effet de professeurs, en sciences en particulier. J'ai découvert que les sciences méritaient sans aucun doute une approche différente. Les enfants aiment les sciences dans les classes primaires, pourtant moins de 5 % d'entre eux poursuivront dans cette voie. Leur enseigner que la science est un grimoire à mémoriser n'est pas la bonne méthode. Je travaille actuellement à une édition de mon livre destinée à accompagner les fastidieux manuels scolaires pendant les cours de science dispensés aux adolescents. Cet ouvrage leur enseignera que la science, c'est ce que l'on ignore plutôt qu'une compilation de faits établis, qu'ils peuvent d'ailleurs vérifier par eux-mêmes sur Google ou sur Wikipédia.



*Les Continents de l'ignorance*, Stuart Firestein, Odile Jacob, coll. « Sciences », 192 p., avril 2014, 23,90 €

**Vous travaillez aussi sur un autre livre dans lequel vous vous attaquez aux erreurs comme source de fécondité scientifique...**

**S. F. :** Je suis en effet en train de rédiger un ouvrage qui s'intitulera *L'Erreur*. Les erreurs jouent un rôle fondamental en science, mais elles ne sont jamais publiées. Pourtant, on tire souvent plus de leçons d'une erreur que d'un résultat d'expérience concluant. Plus encore, je veux m'attaquer à l'idée selon laquelle, depuis Newton, nous progresserions de façon continue. Or la réalité est toute autre. Nos avancées scientifiques sont faites de périodes de calme plat, de retours en arrière et de confusion. Il a fallu six ou sept siècles pour déterminer les lois qui régissent la circulation du sang !





Lire l'intégralité de l'article  
sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

### Pensez-vous qu'enseigner davantage l'histoire des sciences nous permettrait d'avoir une vision plus juste de la façon dont les sciences progressent ?

**S. F. :** Sans aucun doute. Pourtant, la plupart des professeurs vous répondront qu'il y a trop à apprendre et pas assez de temps pour enseigner l'histoire et la philosophie de la science. En même temps, nous disons vouloir développer un esprit critique chez nos étudiants. Mais nous n'y parviendrons pas en nous contentant de leur faire mémoriser des faits et caser des nombres dans des équations. Nous devons par conséquent prendre des décisions difficiles et faire en sorte de laisser un peu de place à l'histoire et à la philosophie des sciences. Il est important de décrire « l'état d'ignorance », sorte de négatif de l'état des connaissances, au moment où certaines découvertes ont été faites. Connaître ce contexte est essentiel pour exercer l'esprit critique auquel chacun vous invite sans pour autant vous donner le temps ni les moyens de l'exercer !

### Comment décririez-vous cet état d'ignorance ?

**S. F. :** Lorsque j'étais étudiant, j'ai lu un livre sur le monde élisabéthain, rédigé par un érudit du nom de E. M. W. Tillyard, qui traitait de Shakespeare. Il expliquait que le meilleur

moyen de comprendre le dramaturge anglais était de comprendre la culture et l'environnement dans lesquels il évoluait. Ces éléments ne nous sont pas transmis par les pièces de Shakespeare qui, par définition, n'expliquent pas ce qu'il sait et que son audience connaît de l'époque. Transposé dans le domaine scientifique, cela signifie que nous devons nous interroger sur ce qui nous semble évident aujourd'hui. Par exemple, comment savons-nous que la Terre tourne sur elle-

“La science, c'est ce que l'on ignore plutôt qu'une compilation de faits établis.”

même ? J'ai posé cette question à de nombreuses audiences ces deux dernières années. En général, personne ne peut y répondre... Moi non plus ! La réponse est que le pendule de Foucault a été la première démonstration empirique de la rotation de la Terre. Jusqu'alors, il ne s'agissait que de déductions astronomiques. Personnellement, j'éprouve une grande admiration pour les savants qui ne possédaient que peu de connaissances mais ont dû imaginer toutes sortes de possibilités. Et j'encourage les chercheurs et les étudiants à conserver l'ouverture d'esprit nécessaire pour explorer des territoires inconnus. ||

## À lire

### ANTISÉMITISME



Dans ce livre écrit sous la forme d'un dialogue, le sociologue Michel Wieviorka explique à une lycéenne ce qu'est l'antisémitisme et répond simplement et sans détour à ses nombreuses questions sur le sujet : comment cette hostilité contre les juifs est-elle apparue et a persisté au fil des siècles ? Est-ce une forme de racisme ? Comment la mesurer ? Pourquoi Hitler était-il antisémite ? L'antisionisme, est-ce de l'antisémitisme ? Un petit ouvrage précieux pour démonter les préjugés.

*L'Antisémitisme expliqué aux jeunes,*  
Michel Wieviorka, Seuil, mai 2014, 128 p., 8 €

### DÉMOCRATIE

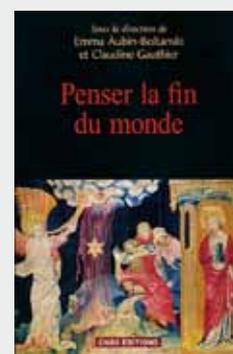
**Rassemblements, occupations de places, activisme sur Internet, création de nouveaux partis...** « *Le monde est entré, depuis quelques années, dans un épisode d'effervescence politique dont la fin ne semble pas encore proche* », notent en préambule les auteurs de cet essai, de retour après *Pourquoi désobéir en démocratie ?*, paru en 2011. S'ensuit une précieuse analyse de ce phénomène qui prouve que les citoyens, loin d'être aussi dépolitisés qu'on le dit, ne renoncent jamais à leur exigence de démocratie et à leur droit de regard sur les affaires communes.

*Le Principe démocratie. Enquête sur les nouvelles formes du politique,* Sandra Laugier et Albert Ogien, La Découverte, coll. « Cahiers libres », août 2014, 280 p., 19 €

### APOCALYPSE

**Depuis toujours, les hommes imaginent et se préparent à la fin du monde.** Sous la direction d'Emma Aubin-Boltanski et de Claudine Gauthier, anthropologues des religions, *Penser la fin du monde* revient sur les fondements de l'eschatologie, l'ensemble des croyances et des dogmes sur l'Apocalypse, et soulève la question suivante : « *L'eschatologie peut-elle se résumer à une angoisse ?* » À travers l'étude de textes sacrés, le livre retrace une conception linéaire du temps, irrémédiablement destiné à une fin. Et pourtant, cet ouvrage révèle qu'imaginer la fin pourrait bien être, pour l'humanité, provocateur de nouveaux horizons sociaux...

*Penser la fin du monde,*  
Emma Aubin-Boltanski et Claudine Gauthier (dir.),  
CNRS Éditions, mars 2014, 526 p., 25 €



### INFINIMENT PETIT

**Voici un livre référence sur l'univers des nanosciences et des nanotechnologies.** Destiné à un public plus large que les précédents opus publiés par ce collectif et couvrant les nombreux domaines de recherche concernés, de la physique à la médecine en passant par la chimie et les biotechnologies, il permet notamment de se faire une idée précise des applications industrielles, présentes et futures, issues de ces technologies. Le tout sans occulter les questions environnementales et sociétales posées par les nanotubes et consorts.

*Nanosciences et nanotechnologies. Évolution ou révolution ?*  
Jean-Michel Lourtioz, Marcel Lahmani, Claire Dupas-Haeberlin et Patrice Hesto (dir.),  
Belin, coll. « Échelles », avril 2014, 416 p., 45 €



© H.-G. KAUFMANN

# Démasquer les faux avis du Web

**Andreas Munzel**

Chercheur au Centre de recherche en management



Lire l'intégralité du billet sur [lejournel.cnrs.fr](http://lejournel.cnrs.fr)

**« Nous y reviendrons », « Excellent, à essayer ! » : que ce soit pour rechercher un bon restaurant, un hôtel bien placé ou un film à voir, les avis des consommateurs sur les sites Internet sont bien utiles pour réduire le risque de regretter son choix.** Les études confirment l'importance de ces avis dans la prise de décision : 80 % des acheteurs en ligne déclarent en tenir compte et, selon le cabinet Nielsen, 68 % des répondants font confiance à ces avis. Une confiance périlleuse quand on sait que de 10 % à plus de 30 % des avis publiés en ligne sont faux.

Au-delà des réglementations et des codes de bonne conduite mis en place par les acteurs du secteur, les opérateurs des sites peuvent recourir à des outils sophistiqués qui améliorent leurs capacités d'identifier les faux avis. Cette stratégie est essentielle : lors de mes recherches, j'ai pu vérifier l'impact qu'avait sur les internautes le fait qu'un site puisse détecter et supprimer les faux avis.

certitude. Ils invitent aussi les internautes à poster n'importe quel avis en anglais dans un champ du site Reviewskeptic.com pour en tester la vraisemblance. Bien que cette stratégie s'avère utile dans la lutte contre les faux avis, son efficacité reste à évaluer. En effet, les agences d'e-réputation spécialisées dans la création de faux avis savent adapter leur style aux plus récentes avancées des systèmes de détection. Cette course entre la recherche et ces faussaires professionnels rend le développement d'un filtre de détection extrêmement difficile et fragile.

## Une détection complexe

Les limites potentielles des algorithmes fondés sur l'analyse textuelle des avis m'ont poussé à y inclure des facteurs contextuels susceptibles d'aider les internautes à détecter les faux avis. L'objectif de cette stratégie place l'internaute et ses compétences « numériques » au centre des intérêts. Lors d'une série d'études expérimentales, j'ai analysé l'importance et l'utilité de différentes caractéristiques contextuelles d'un avis.

L'un des indicateurs les plus pertinents est la cohérence entre cet avis particulier et la moyenne des notes attribuées par les autres internautes au produit ou au service en question. Si un avis très positif se distingue clairement des avis précédents, un certain niveau de scepticisme semble opportun. L'avantage de cet indicateur est que sa manipulation par les différents acteurs est plutôt difficile. De plus, si l'auteur d'un avis révèle des informations sur son identité (nom, ville, âge) et le contexte de l'expérience (en couple, seul/e), cela affecte également la crédibilité d'un avis et de son auteur. Ces informations permettent en effet de voir les avis précédemment publiés par cet internaute. Malgré les travaux pionniers entrepris dans cette direction, plus d'études sont nécessaires pour identifier et tester les indicateurs de contexte susceptibles d'assister les internautes dans la détection des faux avis.

Enfin, comme pour toute tentative et acte de fraude, la pratique des faux avis semble étroitement liée à la nature des mesures incitatives : dans un environnement où tout acteur sait que la meilleure stratégie est de respecter les règles du jeu et de dire la vérité, les pratiques frauduleuses perdent tout intérêt. Malheureusement, comme le montre l'exemple de Samsung – condamné à « seulement » 340 000 dollars d'amende pour avoir payé des internautes pour qu'ils dénigrent un concurrent – les stratégies malhonnêtes demeurent aujourd'hui plus profitables, au détriment de la confiance envers tout le système. La réaction suivante à un article sur les faux avis publié sur le site du quotidien *20 Minutes* illustre magnifiquement ce risque d'érosion généralisé de la confiance qu'engendre la pratique des faux avis : « *De toute façon, tout (et tout le monde) est faux aujourd'hui. En quoi ou qui peut-on croire aujourd'hui...* »

## Les entreprises perdantes

Quelles en sont les conséquences ? Si les pratiques frauduleuses restent rentables tandis que les stratégies de détection des faux avis s'avèrent inefficaces, les consommateurs vont se tourner vers les sources d'information qu'ils estiment crédibles, tels que leurs amis ou leurs collègues. Dans ce scénario, tous les acteurs sont perdants : les consommateurs, car leurs propres sources d'information sont probablement plus limitées que la sagesse des foules ; et les entreprises, car toute communication de recommandation entre pairs aura tendance à avoir lieu derrière des portes fermées et leur restera ainsi inaccessible et donc non observable. Un détournement des sites d'avis privera, par exemple, les entreprises d'une source importante de retours d'expériences de clients, retours qui leur permettraient de découvrir des pistes d'amélioration de leurs produits et de développement d'avantages concurrentiels. ■

## Les agences d'e-réputation spécialisées dans la création de faux avis savent adapter leur style aux plus récents systèmes de détection.

Le développement des logiciels de détection des faux avis a jusqu'ici surtout été l'œuvre de chercheurs états-uniens qui, grâce aux travaux des linguistes sur le mensonge, sont parvenus à identifier certaines caractéristiques propres aux faux avis. Ainsi, à l'aide d'indicateurs comme le style ou le niveau de langage, la longueur du texte ou l'emploi de certains mots, les chercheurs affirment pouvoir distinguer les faux avis des vrais avec 90 % de

## À lire

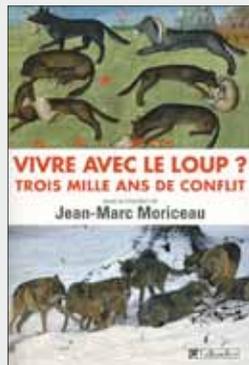
## LOUP Y ES-TU ?

Combattu et détesté depuis des millénaires, le loup est devenu depuis plus de vingt ans une espèce protégée.

Pourtant, sa réintroduction dans la campagne française frappe de plein fouet les éleveurs, qui voient leurs troupeaux attaqués. Sous la direction de Jean-Marc Moriceau, historien spécialiste de l'animal, cet ouvrage collectif synthétise des témoignages de victimes et de défenseurs du loup, pour « réduire nos ignorances et nos préjugés sur cet animal », explique le chercheur.



Lire notre interview de Jean-Marc Moriceau « Faut-il autoriser la chasse au loup ? » sur [lejournel.cnr.fr](http://lejournel.cnr.fr)



*Vivre avec le loup ?  
Trois mille ans de conflit,*  
Jean-Marc Moriceau (dir.),  
Tallandier, mai 2014,  
620 p., 29,90 €

## FRONT NATIONAL

Plus de quarante ans après sa création, Valérie Igounet décrypte la genèse et l'histoire du Front national. « Ce livre montre le chemin qu'a emprunté le parti pour faire sortir l'extrême droite de son isolement et l'imposer en France », explique l'auteur. L'historienne, chercheuse associée à l'Institut du temps présent, a recueilli des témoignages inédits de militants et de dirigeants, dont celui de Jean-Marie Le Pen, ainsi que de nombreux documents, archives et papiers personnels.

*Le Front national, de 1972 à nos jours. Le parti, les hommes, les idées,*  
Valérie Igounet, Seuil, juin 2014, 496 p., 24 €



## Ivan le Tyran ou le bon tsar Ivan ?

**Pierre Gonneau**

Professeur en histoire et civilisation russes à l'université Paris-Sorbonne



Lire l'intégralité du billet sur [lejournel.cnr.fr](http://lejournel.cnr.fr)



*Ivan le Terrible ou le métier de tyran,*  
Pierre Gonneau,  
Tallandier, coll.  
« Biographies »,  
mars 2014,  
558 p., 26 €

**Premier tsar de Russie, Ivan le Terrible (1533-1584) a laissé en Europe l'image d'un tyran atroce. Pourtant, la mémoire folklorique garde de lui un autre souvenir.** Il est le tsar orthodoxe qui a vaincu et conquis les royaumes tatars de Kazan et d'Astrakhan, et triomphé de toutes les hordes nomades. Ces deux images sont en grande partie la création d'Ivan lui-même. Souverain maîtrisant à la perfection le théâtre du pouvoir, il se pose en roi biblique, en prophète en exil ou en bouffon, met en scène à deux reprises son abdication pour mieux reprendre les rênes, prend le peuple à témoin de ses démêlés avec les ennemis de l'extérieur et les traîtres, réels ou supposés.

Historiographe officiel de l'Empire, Nikolai Karamzine (1766-1826) a tenté, dans son *Histoire de l'État russe*, une synthèse entre le tribut obligé aux réalisations du règne d'Ivan et la dénonciation de ses abus. Mais son ouvrage, qui n'allait pas au-delà de la période des Troubles (1598-1613), évitait toute comparaison directe avec la dynastie des Romanov. C'est aux historiens suivants qu'il est revenu de confronter Ivan à l'autre grand homme de l'histoire moderne russe, Pierre le Grand.

Ivan, figure cruelle d'un passé barbare, est d'abord vu comme le contraire de Pierre, incarnation de la modernisation volontariste. Cependant, leurs points communs sont rapidement mis en évidence. Tous deux ont senti la nécessité de faire accomplir à leur pays un immense effort et montré la volonté implacable requise, mais lui ont infligé une souffrance collective qui a laissé un trauma profond. Significativement, ils sont, l'un comme l'autre, **filicides**. Dans les deux cas, la situation sacrificielle renvoie aux racines symboliques de la monarchie, car le tsarévitch immolé se trouve en position d'incarner les forces s'opposant à l'autorité du tsar.

L'apparement ultime est celui d'Ivan et de Staline. Après avoir connu l'oubli ou le mépris, le tsar Ivan se voit réhabiliter à partir de 1933, et surtout de 1940. Pendant la « guerre patriotique » contre l'Allemagne, une série d'œuvres est commandée aux artistes soviétiques, la plus célèbre étant le film *Ivan le Terrible* de Sergueï Eisenstein (1944). La déclaration la plus significative de Staline date de 1947, lors d'un entretien avec Eisenstein et l'acteur jouant le tsar, Nikolai Tcherkassov : « La sagesse d'Ivan le Terrible

repose sur son obstination à défendre les principes nationaux et à empêcher les étrangers d'entrer dans son pays [...]. Ivan le Terrible était très cruel. Il est bon de le montrer. Mais il faut absolument montrer ce qui rend sa cruauté nécessaire. L'une des erreurs d'Ivan le Terrible est de ne pas avoir complètement éliminé les cinq plus grandes familles féodales. » La première partie du film d'Eisenstein reçoit le prix Staline en janvier 1946. Mais, la même année, la seconde partie est interdite parce qu'elle montre « *Ivan le Terrible, homme au caractère fort et à la volonté affirmée, comme un personnage faible et irrésolu, une sorte de Hamlet* ». Quand cette seconde partie est enfin montrée, dans le contexte du Dégel poststalinien, en 1958, elle prend l'allure d'une subtile dénonciation de la tyrannie et de son absurde cruauté. Mais il s'agit d'un effet d'optique. Tcherkassov se penchant sur les corps de ceux qu'il a fait exécuter semble un instant compatir, avant de se redresser et de dire : « *Trop peu !* » Et c'est finalement le *Tsar*, de Pavel Loungine (2009), qui paraît plus décalé par rapport à son sujet, quand le réalisateur nous montre un Ivan solitaire sur la place des supplices, attendant un public qui ne vient pas en disant : « *Où est mon peuple ?* » ||

## FILICIDE

Meurtre d'un enfant par l'un de ses parents ou par les deux.



# Des robots qui parlent comme des humains ?

PAR CHARLINE ZEITOUN

SOCIÉTÉS



NUMÉRIQUE



**Robotique.** Quand nos robots seront-ils capables de parler aussi bien que ceux de la série télévisée *Real Humans* ? Réponse avec Maxime Amblard<sup>1</sup>, spécialisé en informatique linguistique.

**Dans *Real Humans*, les hubots (*human robots*) s'expriment pratiquement comme vous et moi, et ils comprennent presque tout ! Et dans la réalité, où en est-on ?**

**Maxime Amblard :** Encore bien loin de tout ça ! Il reste de nombreuses étapes à franchir pour dialoguer de manière fluide avec une intelligence artificielle. La discipline qui y travaille le plus associe des linguistes et des informaticiens, c'est le traitement automatique des langues (TAL). Il consiste notamment à modéliser le langage en représentations abstraites (de type mathématiques). C'est grâce à lui que Siri, le célèbre assistant personnel intelligent d'Apple, décode ce que vous dites puis répond de vive voix. Mais les systèmes actuels ne sont efficaces que parce qu'ils évoluent dans un univers restreint et ne proposent qu'un nombre réduit d'interactions : on leur demande d'afficher un mail, de chercher un contact, etc.

**Dans quels domaines de la linguistique doivent-ils progresser ?**

**M. A. :** L'un des domaines à améliorer est la sémantique, ou l'étude du langage du point de vue du sens. Elle détermine, entre autres, la façon dont un mot est interprété en fonction des mots voisins et des autres phrases. Un système parlant doit aussi interpréter les mots en fonction de ce qu'il « sait » de notre monde. Par exemple, « la pièce est dans le porte-monnaie » et « le porte-monnaie est dans la pièce » contiennent les mêmes mots, avec les mêmes relations syntaxiques. Et pourtant, le sens de « pièce » est très différent dans les deux cas : dans

le premier, il s'agit d'une pièce de monnaie et, dans le second, d'un espace dans un appartement. Ces ambiguïtés de langage ne posent pas de problème à un humain doté de sens commun. Mais, pour un système automatique, ce sont des difficultés énormes...

**Il existe des bases de données qui peuvent offrir aux robots cette connaissance du monde, non ?**

**M. A. :** Oui, ce sont des ontologies, sommes d'informations et de concepts capables de décrire toute chose. Certaines sont très avancées, mais elles concernent des domaines très pointus. Par exemple, il existe des ontologies qui décrivent les avions, des sièges aux manettes de pilotage jusqu'aux clapets pour les gobelets ! Elles sont utilisées dans ce qu'on appelle les « systèmes d'extraction d'information » afin de trouver rapidement une information très précise dans une énorme notice technique. Très utiles aux constructeurs d'avions, leur intérêt commercial permet de drainer les financements nécessaires à leur coût astronomique (on parle de millions d'euros). Mais imaginez le coût pour décrire la totalité de notre monde à des robots ! Je ne sais pas si un tel projet attirerait assez de financements.

**Et si ces ontologies décrivant aux robots absolument toute chose de notre monde existaient...**

**M. A. :** Il faudrait ensuite trouver le moyen de les faire interagir. Cela pose des problèmes que la recherche n'a pas encore résolus. Pis : cette quantité de données serait gigantesque. Donc, pour l'exploiter, un système informatique aurait sans doute besoin de temps de calcul assez longs... Alors que les hubots comprennent ce qu'on leur dit et répondent en temps réel !

**À quelle vitesse les systèmes actuels de traitement des langues réagissent-ils ?**

**M. A. :** Certains obtiennent des performances en dessous de la seconde. Je parle ici des approches numériques. Elles sont fondées sur les probabilités. [...] Siri et presque tous les systèmes utilisés par le grand public, notamment les traducteurs automatiques, reposent sur ce type d'approches. Elles sont rapides mais manquent de fiabilité. Pour le logiciel Google Traduction, cela saute aux yeux... On est loin de la rhétorique parfaite des hubots !

1. Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (CNRS/Univ. de Lorraine/Inria).



© J. PAULIN 2013

#### Existe-t-il des approches plus fiables ?

**M. A. :** Oui, les approches symboliques sont plus fiables, car elles sont plus précises. Elles reposent sur un ensemble de règles préprogrammées. Leur grande force est qu'elles sont capables de rendre finement compte de propriétés linguistiques complexes. Elles sont à l'origine des premiers correcteurs automatiques d'orthographe de nos ordinateurs. Mais elles sont assez lentes. Par exemple, il leur faut une dizaine de secondes pour analyser une phrase standard d'article de journal.

#### Comment bénéficier à la fois des avantages des approches numériques (qui sont plus rapides) et des approches symboliques (qui sont plus fiables) ?

**M. A. :** En les utilisant ensemble. Par exemple, les hôpitaux suisses testent des traducteurs automatiques pour comprendre les patients étrangers. La précision est capitale vu l'enjeu qu'aurait une erreur sur la santé des personnes. Une approche symbolique semble donc s'imposer... Mais, aux urgences, il faut aussi obtenir les informations très vite. On peut donc décider d'utiliser une approche numérique pour choisir les meilleures réponses parmi toutes celles fournies par la première approche. Cela fonctionne par couche : on alterne les approches pour obtenir le meilleur des deux. On utilise déjà cette stratégie dans la plupart des systèmes de traitement des langues pour améliorer un peu les résultats.

#### Ne peut-on pas simplement utiliser les deux approches en même temps ?

**M. A. :** Ce n'est pas simple du tout ! Un des grands défis de la recherche réside justement dans l'hybridation des

deux méthodes. Mais elles sont radicalement différentes. Cela revient à essayer de faire un seul puzzle avec des pièces tirées dans deux boîtes différentes...

#### Bref, je suppose que je n'aurai pas une agréable conversation avec un hubot de sitôt...

**M. A. :** En effet. On pourrait mettre un système comme Siri sur un robot. Il parlerait mal mais se ferait comprendre. En revanche, il ne comprendrait pas grand-chose à votre quotidien et à vos discussions. Il serait submergé par les ambiguïtés de langage susceptibles de se glisser absolument partout. Parler et comprendre une langue pour une machine, cela revient surtout à gérer les ambiguïtés grâce aux approches évoquées plus haut. Si nous savions les utiliser pour construire un hubot parlant comme dans *Real Humans*, alors nous disposerions déjà de traducteurs automatiques de qualité parfaite. Or ce n'est pas du tout le cas... ▮

▼ La série *Real Humans* met en scène des robots qui parlent presque comme des humains et leur ressemblent à s'y méprendre.

---

*“Les ambiguïtés de langage ne posent pas de problème à un humain doté de sens commun. Pour un système automatique, ce sont des difficultés énormes.”*

---



*Michel Spiro*, président du conseil du Cern<sup>1</sup> de 2010 à 2012

PROPOS RECUEILLIS PAR LÉA GALANOPOULO

# “Il y a 60 ans...”

... le Cern voyait le jour sur la commune de Meyrin, près de Genève. Sur cette photo, on voit la pose des premières pierres de l'organisation et de son premier accélérateur de particules, sur un pays résolument neutre : la Suisse. La création de l'organisme en 1954 trouve ses racines dans l'Europe renaissante d'après-guerre et dans la volonté de partager une science physique commune intégrant tous les pays du Vieux Continent. Cette

vision humaniste a été portée par des Prix Nobel français fondateurs du Cern, comme Louis de Broglie ou Francis Perrin. L'organisme incarnait alors la définition même de la “science pour la paix” ! À la fin des années 1960 allait être lancé, à 40 mètres sous terre, le premier collisionneur de protons du monde, le SPS (Super Proton Synchrotron), de 7 kilomètres de circonférence. Le directeur du Cern de l'époque, Bernard Gregory, demanda

alors au président français, Charles de Gaulle, la possibilité d'étendre le site sur le territoire français. Celui-ci accepta, à une condition : ne pas à avoir à rentrer par la Suisse ! Une porte d'accès française au Cern a ainsi été créée spécialement pour lui... Désormais, le site franco-suisse accueille 100 000 visiteurs annuels. Et, en 60 ans, Meyrin est devenu la capitale mondiale de la physique des particules ! ”

1. Organisation européenne pour la recherche nucléaire.

PHOTO : 1954 CERN





de Denis Guthleben,  
historien au CNRS

# CNRS, 75 ans et toujours d'attaque

Cet automne, le 19 octobre, le CNRS fête son 75<sup>e</sup> anniversaire : 75 ans qui l'ont vu présider ou concourir aux grandes avancées scientifiques dans de nombreux domaines ; 75 ans pendant lesquels il a enrichi la recherche française et internationale de chercheurs, d'ingénieurs, de techniciens talentueux ; 75 ans durant lesquels il a su évoluer de manière à répondre aux défis qui se présentaient à lui. Rien de fanfaron dans tout cela : l'histoire de l'établissement en témoigne, alors il faut l'écrire, le dire et le répéter.

## Menaces d'hier...

Mais on pourrait aussi noter, au regard de ses 75 premières années d'existence, que le parcours du CNRS n'a pas été un long fleuve tranquille. Bien des menaces ont plané sur lui et, à défaut de bougies, il a parfois failli souffler sa veilleuse. Dès mars 1938, une partie de la communauté savante, réfractaire au changement qu'il introduisait dans notre paysage scientifique, a tenté d'avoir sa peau, alors qu'il n'était encore qu'un lointain projet. Mais l'ardeur de ses pères fondateurs a triomphé

doublement du budget du CNRS, a examiné la possibilité de le subdiviser en instituts, provoquant l'angoisse de son « démembrement ». Et, en 1985, le pouvoir – à gauche cette fois-ci –, alors qu'il venait de lui octroyer plusieurs années d'une croissance confortable, a évoqué par la bouche du ministre Hubert Curien... la possibilité de le subdiviser en instituts, provoquant l'angoisse de son « démembrement » – un surprenant copier-coller.

## ... et d'aujourd'hui

Et s'il n'y avait que le « démembrement » ! Un détour par les archives de nos médias donne la mesure des atrocités promises au CNRS : selon les époques, il a été question de le « détruire », de le « tronçonner », de le « faire exploser », de le « déborder », de le « asphyxier », de le « démanteler », de le « décapiter », de le « torpiller », de le « brûler »... Un champ lexical martial, bûcheron ou pyromane qui s'est renforcé récemment d'une métaphore charcutière : le « saucissonnage » du centre, alors même qu'il célébrait ses 70 ans et qu'il s'apprêtait à inaugurer ses dix... instituts, encore eux !

Prise par le petit bout de la lorgnette, l'histoire du CNRS pourrait ainsi s'apparenter à une longue liste de menaces, de craintes ou... d'occasions manquées, diront certains – sans doute se reconnaîtront-ils. En moyenne, depuis sa création, l'organisme aurait dû disparaître tous les cinq ans. Et, comme les dernières sirènes ont retenti en 2009, on laisse au lecteur le soin du décompte... Mais, prise par le bon bout, cette histoire dévoile surtout une formidable aventure scientifique et humaine, riche de projets et d'avancées, qui est la meilleure défense du CNRS contre toutes les attaques.

## Au loup ?

Qu'on ne s'y trompe pas cependant : l'évocation des menaces d'hier n'efface pas celles qui pourraient naître aujourd'hui ou demain et, si le CNRS a navigué entre bien des écueils depuis 75 ans, rien ne garantit qu'il continuera de le faire éternellement. Sauf le zèle que mettent ses agents à poursuivre l'aventure, et leur vigilance pour qu'elle ne s'interrompe pas. Ce n'est pas parce qu'on a crié plusieurs fois au loup que la bête ne rôde pas !

---

On peut noter, au regard de ses 75 premières années d'existence, que le parcours du CNRS n'a pas été un long fleuve tranquille.

---

de ce rejet prénatal. Rebelote en 1940 et en 1942, avec des périls venant, cette fois-ci, d'un État campé à Vichy qui regardait d'un drôle d'œil ce CNRS sans comprendre – et pour cause ! – ce qu'il pouvait lui apporter. Ou en 1947, lorsque le gouvernement d'une France ruinée par la guerre et l'occupation a rendu des arbitrages qui ont fait craindre le pire pour l'avenir du centre.

Même les périodes les plus fastes de son histoire n'ont pas été exemptes d'inquiétudes. En 1959, le nouveau pouvoir gaullien, alors qu'il venait de décréter rien de moins que le

# BULLETIN D'INSCRIPTION \*

Merci de remplir ce bulletin en majuscules

G  F  N° Agent CNRS :

Nom.....

Prénom.....

Date de naissance.....

Adresse.....

Ville.....

Code postal.....

Téléphone.....

Niveau d'études ou activité professionnelle.....

E-mail.....@.....

désire participer aux 24<sup>es</sup> Rencontres CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens », au Palais des congrès du Futuroscope, du 17 au 19 octobre 2014, et joint le règlement de 65 € \*\* par :

chèque bancaire  chèque postal

libellé à l'ordre du CNRS (Centre national de la recherche scientifique).

En cas d'annulation avant le 8 septembre 2014, une somme de 30 € sera retenue. Passée cette date, aucun remboursement ne pourra être effectué. Une confirmation d'inscription et une documentation de présentation vous parviendront dans les meilleurs délais.

Signature

Bulletin et règlement sont à retourner avant le 22 septembre 2014 à l'adresse suivante :

**CNRS - DIRCOM / PÔLE ACTIONS JEUNES ET ÉVÉNEMENTS**  
Rencontres CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens »  
3 rue Michel-Ange - 75794 Paris Cedex 16

Pour tout renseignement complémentaire :

Martine ROCHE Tél. : 01 44 96 46 31  
Jean-Louis BUSCAYLET Tél. : 01 44 96 46 34  
Olivier MARCO Tél. : 01 44 96 48 48

[www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens](http://www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens)

\* Inscription dans la limite des places disponibles

\*\* 65 € pour les personnes extérieures et 50 € pour les enfants des personnels CNRS ou membres des clubs CNRS Jeunes « Sciences et Citoyens ».

## 24<sup>es</sup> Rencontres "Sciences et Citoyens" CNRS Jeunes

17, 18 et 19 octobre 2014

Palais des Congrès  
du Futuroscope de Poitiers



**VOUS AVEZ DE 18 à 25 ANS,  
VEZ PARTICIPER AUX 24<sup>es</sup> RENCONTRES CNRS JEUNES « SCIENCES ET CITOYENS »**

Jeune ou chercheur, chacun apporte ici sa richesse : un savoir, une curiosité, une expérience.  
C'est comme un bagage que l'on propose en partage pour réfléchir et construire ensemble la société de demain.

Ne manquez pas cet événement exceptionnel,  
Inscrivez-vous rapidement sur : [www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens](http://www.cnrs.fr/sciencesetcitoyens)

### AUTOUR DE 9 ATELIERS-DÉBATS

#### MATIN

- 1 - SCIENCES EN PARTAGE, L'ARCHÉOLOGIE AUJOURD'HUI
- 2 - RACISME. LA FABRIQUE DE LA HAINE DE L'AUTRE
- 3 - BIG DATA : OÙ VA-T-ON ?
- 4 - L'EAU, SOURCE DE VIE OU DE CONFLITS ?
- 5 - SIDA, 30 ANS APRÈS. OÙ EN EST-ON ?

#### APRÈS MIDI

- 6 - MANGER : UNE AFFAIRE DE CORPS ET DE CERVEAU, EN SOCIÉTÉ
- 7 - SOMMES-NOUS DÉTERMINÉS PAR NOS GÈNES ?
- 8 - DEMAIN DES MACHINES PENSANTES : UTOPIE OU RÉALITÉ ?
- 9 - MATIÈRE NOIRE, ÉNERGIE NOIRE... DE QUOI NOTRE UNIVERS EST-IL FAIT ?

# LES FONDAMENTALES

Le forum du CNRS **En association avec** Le Monde

## GRENOBLE

Campus Saint-Martin-d'Hères  
10 et 11 octobre 2014

QUE RESTE-T-IL À DÉCOUVRIR ?  
UN RENDEZ-VOUS AVEC LES SCIENCES

Entrée gratuite sur inscription  
[www.cnrs.fr/lesfondamentales](http://www.cnrs.fr/lesfondamentales)

AMPHITHEATRE LOUIS WEIL



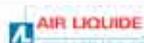
dépasser les frontières

UNIVERSITÉ  
GRENOBLE  
ALPES

Sous le haut  
parrainage de



LES AILES DU COCOS  
PARFUMS & COSMÉTIQUES



SCIENCE



#FondamCNRS