



Les lauréat(e)s  
2014 de la  
**MÉDAILLE DE  
L'INNOVATION**

Comment  
**les cristaux**  
ont conquis  
la recherche

Dans la pampa,  
la chasse aux  
**rayons  
cosmiques**

Docteurs  
en sciences  
cherchent  
entreprises

# Ma thèse en 180 secondes

## FINALE NATIONALE

Mardi 10 juin à partir de 18h30  
Université Lyon 1 - Théâtre Astrée  
<http://mt180.fr>  
Inscriptions en ligne



CPU-CNRS

Nos partenaires



Avec le soutien de



Suivez [mt180fr](http://mt180.fr)



**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://lejournalejournal.cnrs.fr>**Anciens numéros :**<https://lejournalejournal.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 Ravaud

**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, Julien Bourdet,

Laure Cailloce, Marc Daniel,

Christian Debraisne, Denis Delbecq,  
Christelle Gervasoni, Mathieu Grousseau,

Denis Guthleben, Fui Lee Luk,

Louise Lis, Louise Mussat,

Philippe Testard-Vaillant

**Secrétaire de rédaction :**

Isabelle Grandrieux

**Conception graphique :**

Céline Hein

**Iconographes :**

Anne-Emmanuelle Héry,

Marie Mabrouk, Audrey Diguët

**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, une des  
1 650 cuves de l'observatoire  
Pierre-Augur, en Argentine.

PHOTO : C. ANAYA-GAUTHIER/CNRS PHOTOTHÈQUE

# M

ême si l'égalité entre femmes et hommes est aujourd'hui un engagement de la République, les chiffres révèlent une réalité toujours accablante. L'origine de ces inégalités, c'est l'existence tenace de stéréotypes qu'il faut s'efforcer d'éradiquer. C'est là que s'inscrivent les sciences du genre, abordées dans ce numéro de *CNRS Le journal* (lire p. 30). Qu'est-ce que le genre ? La construction sociale des individus. Qu'est-ce que le sexe ? Une qualité biologique résumée par un équipement chromosomique et hormonal. Cette notion biologique, apparemment simple, est pourtant revisitée. Jusqu'à il y a peu, le sexe femelle était considéré chez les mammifères comme un sexe par défaut : faute de chromosome Y, les individus seraient spontanément femelles. Mais il a récemment acquis le statut de « vrai » sexe depuis la découverte, en 2008, d'un ensemble de gènes nécessaires à sa constitution. Cette notion n'a hélas pas encore été prise en compte dans les manuels scolaires.

La connaissance biologique du monde vivant est propre à renverser les idées préconçues qui touchent au sexe, trop souvent envisagé sous le prisme restreint de l'espèce humaine. Le vivant offre pourtant une grande diversité ! Variété

des déterminismes du sexe (non pas limités à des mécanismes génétiques, mais dépendant de l'environnement). Variété du sexe des individus : passages d'une période mâle à une période femelle, ou l'inverse, au cours de leur vie ; individus hermaphrodites ; individus asexués. Variété des pratiques, hétéro-, homo- ou bisexuelles. Nous gagnerions en tolérance en intégrant cette diversité biologique du sexe.

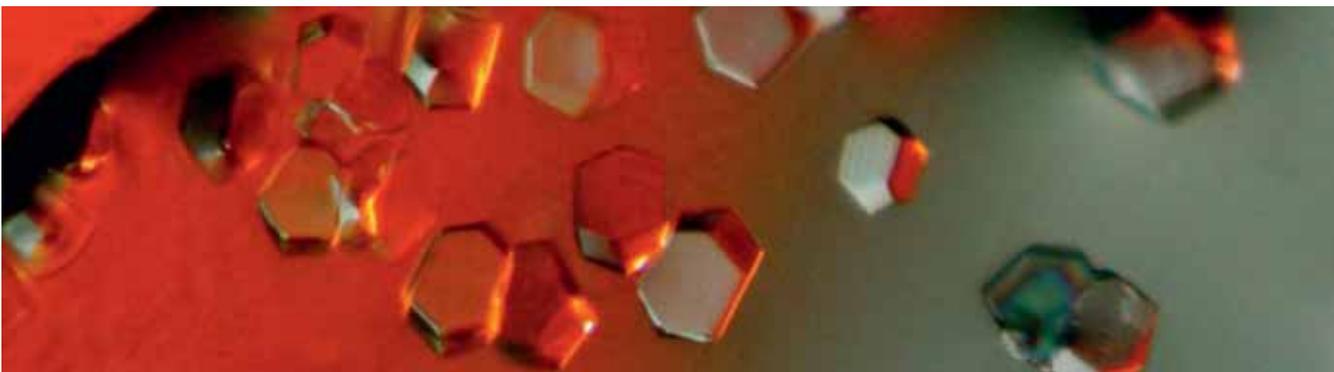
Les études biologiques ne prennent pas toujours en compte le sexe, ce qui conduit à une certaine ignorance des mécanismes de santé spécifiques d'un sexe ou de l'autre. Mais ces recherches prennent encore moins en compte le genre. Or l'environnement sociétal peut être un facteur déterminant dans le fonctionnement biologique. Il faut rompre avec la vision simplement biologique de l'individu et l'envisager aussi comme une créature sociale en tenant compte des interactions entre le fonctionnement biologique, la psychologie

et la sociologie. Il nous faut accepter que la vision androcentrique de la société a pu influencer les approches expérimentales et biaiser les interprétations scientifiques. Cette remise en question repose sur un incontournable « déconditionnement » des hommes et des femmes, appelé en 1981 par Yvette Roudy, alors ministre déléguée aux Droits de la femme. Un appel, hélas, toujours d'actualité trente ans plus tard.

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



© DÉLÉGATION PMA



# GRAND FORMAT

# 15

Les mille atouts de la cristallographie .....	16
Rayons cosmiques : traque dans la pampa .....	24
Précieuses études de genre .....	30



Laure Saint-Raymond,  
la boss des maths

# 6

## EN PERSONNE 5

Mathias Fink, dompteur d'ondes .....	8
Médailles de l'innovation : les lauréats 2014 .....	10
Caroline Lachowsky, la science à portée de voix .....	12
Les experts du climat dévoilent la suite de leur 5 <sup>e</sup> rapport ..	13
Le point sur le virus du sida avec Moncef Benkirane .....	14



Picard,  
sous le Soleil exactement..

## EN ACTION 37

Incubateur de complexité .....	38
La pollution sous haute surveillance .....	40
Trois questions à Xavier Morise, directeur du bureau du CNRS à Washington .....	41
Le CNRS prend place à Singapour .....	44
Graftys, le génie des os .....	47
Un accord entre le CNRS et Pôle emploi .....	48
Dans le sillage des baleines à bosse .....	49
Le mystère des virus géants .....	50



Jeunes docteurs  
cherchent entreprises

# 52

## LES IDÉES 51

Ils ont imaginé un autre monde .....	54
Plaidoyer contre l'évaluation permanente .....	55
La médecine darwinienne, un autre regard sur la santé ...	56
René Gateaux, jeune mathématicien fauché par la Première Guerre mondiale .....	58
Aux frontières du vivant .....	59
Dans les arcanes de la médaille Fields .....	60
Le malentendu démocratique européen .....	62
Que vaut le bitcoin ? .....	63

### CARNET DE BORD

Eric Guillbert nous raconte un souvenir de recherche ..... 64

### LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

Germaine Tillion et Jean Zay au Panthéon ..... 66

# EN PERSONNE



*Où l'on rencontre les médaillés de l'innovation 2014, une mathématicienne qui a le vent en poupe, un physicien coté en Bourse, un spécialiste du sida...*

ILLUSTRATION : S. MILLET, POUR CNRS LE JOURNAL

## NUMÉRIQUE

Mathématiques. Éluë à l'Académie des sciences en décembre 2013, cette chercheuse de haut vol participera au Congrès international des mathématiques à Séoul en août prochain.

# Laure Saint-Raymond

## La boss des maths

PAR LOUISE MUSSAT

Le tableau noir qui tapisse l'un des murs de son bureau de l'École normale supérieure (ENS) est blanchi par des nuées de mystérieux signes entremêlés. Des équations. Normal : Laure Saint-Raymond est mathématicienne. Une perle dans son domaine, les équations aux dérivées partielles appliquées à la physique. Lauréate du prix de la Société européenne de mathématiques en 2008 et du prix Irène-Joliot-Curie « Jeune femme scientifique » en 2011, elle vient d'être élue à l'Académie des sciences, dont elle est, à 38 ans, la benjamine. En août prochain, elle ira à Séoul, en Corée du Sud, donner une conférence au Congrès international des mathématiques, rendez-vous incontournable qui attire des milliers de chercheurs tous les quatre ans et durant lequel sont décernées les fameuses médailles Fields (*lire pp. 60-61*).

### Des recherches stratosphériques

Ça ressemble à quoi, le quotidien d'une mathématicienne de haut vol ? Se triturer les méninges devant une feuille blanche avant d'aligner des équations sur un tableau noir ? « Pas exactement !, s'amuse cette chercheuse débordante d'énergie. Je passe beaucoup de temps à enseigner, à participer à des séminaires, à creuser la littérature pour me tenir au courant de ce qui se fait et à communiquer le fruit de mes recherches. Mais, en effet, réfléchir devant un tableau noir fait partie de mes activités, et le plus souvent, je le fais en équipe. C'est une phase de création, de jeu même, durant laquelle on ne trouve parfois rien, ou alors pas du tout ce que l'on cherchait ! »

Ce que cherchent Laure Saint-Raymond et ses collaborateurs, c'est à capturer des phénomènes physiques avec les mathématiques. « Ma formation en physique m'aide à bien comprendre le langage des physiciens et à échanger avec eux, à me forger une intuition des phénomènes à décrire », indique la mathématicienne. Ah oui, l'année où elle a passé son DEA de mathématiques appliquées à l'université Paris-VI ainsi que son agrégation de mathématiques, elle a également obtenu un DEA de physique des plasmas...

Toutes ces cordes à son arc lui permettent de s'attaquer notamment à un épineux problème, soulevé en 1900 et non encore résolu : comment s'effectue la transition d'un modèle physique à un autre, moins complexe et moins précis. Explications de la chercheuse : « Lorsque l'on est en présence d'un gaz raréfié, comme dans la haute atmosphère terrestre, et que l'on veut simuler la rentrée d'une sonde spatiale par exemple, on utilise ce que l'on appelle la théorie cinétique, dans laquelle l'état du gaz est caractérisé par une fonction de plusieurs paramètres, comme le temps, mais aussi la vitesse et la position des atomes. » Tandis que, pour décrire le comportement du gaz qui est autour de nous, infiniment plus dense en atomes, il suffit d'utiliser un modèle où l'ensemble de ces atomes est considéré comme un milieu continu.

« Ce qui m'intéresse, c'est de comprendre comment on passe de l'un à l'autre de ces modèles : s'agit-il d'une transition en douceur ou, au contraire, y a-t-il une incohérence entre les deux descriptions qui les rendent toutes les deux caduques dans les régimes intermédiaires ? », s'interroge Laure Saint-Raymond. Fondamentales et stratosphériques, ces mathématiques

ont néanmoins quelques applications physiques : elles permettent de comprendre l'enchevêtrement des phénomènes aux différentes échelles de temps et d'espace, et ainsi de mieux rendre compte des observations sur l'écoulement de l'air autour d'un avion en mouvement, par exemple, ou sur la formation des tourbillons persistants dans l'océan.

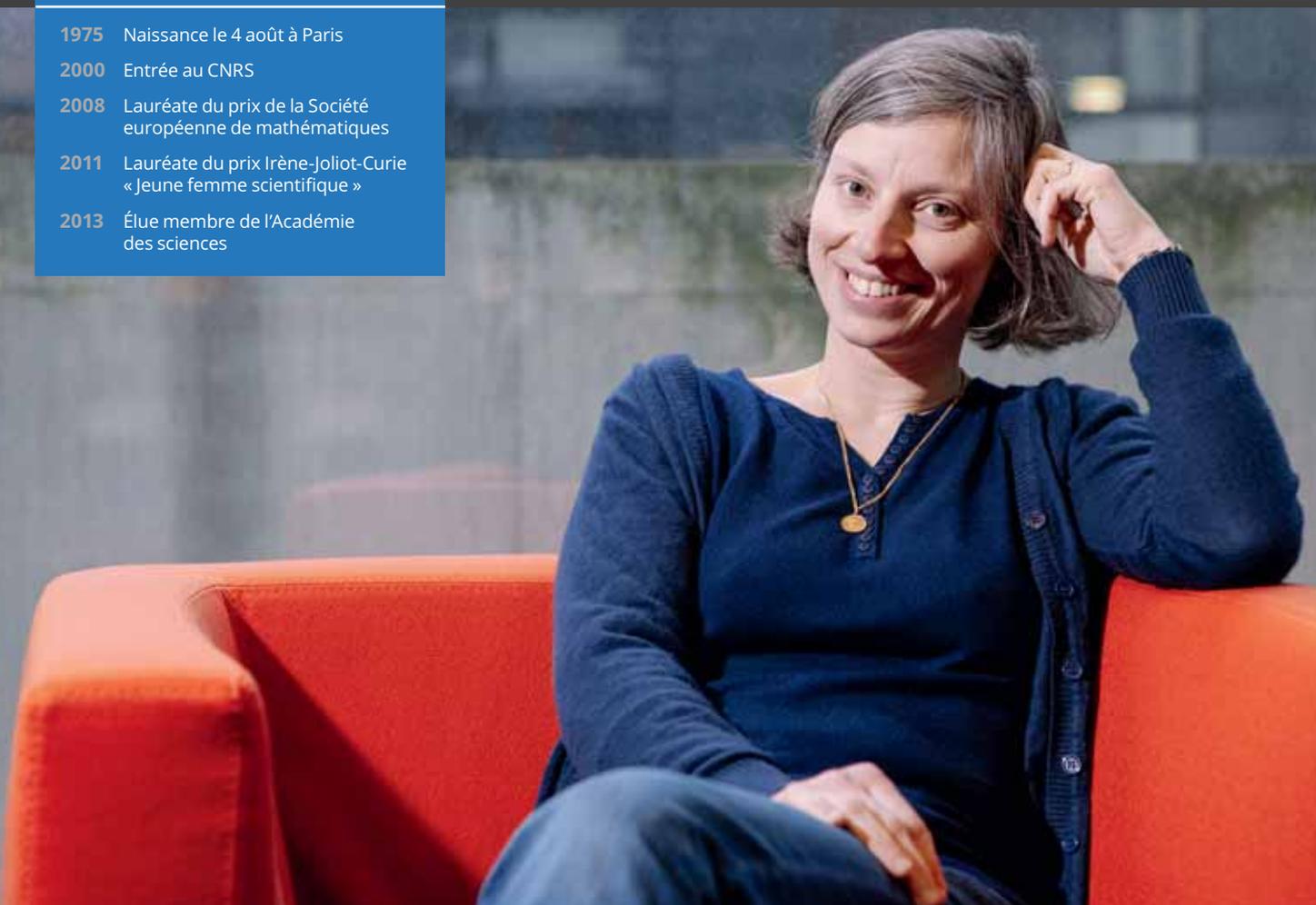
Laure Saint-Raymond l'admet volontiers : enfant, adolescente, elle n'avait pas d'attrait particulier pour les maths. Son truc à elle, c'était plutôt le violoncelle. Et puis, au lycée, les équations ont finalement eu raison

des gammes. « J'avais des facilités en maths et en physique, et mes parents, tous deux professeurs de mathématiques, ont sans doute influencé mon changement de parcours. » Comme à tout bachelier brillant en mathématiques, l'ingénierie et l'industrie lui tendent les bras. Mais la mathématicienne choisit la recherche, « intellectuellement plus

“Réfléchir devant un tableau noir, c'est une phase de création, de jeu même, durant laquelle on ne trouve parfois rien, ou alors pas du tout ce que l'on cherchait !”

## Son parcours en 5 dates

- 1975** Naissance le 4 août à Paris
- 2000** Entrée au CNRS
- 2008** Lauréate du prix de la Société européenne de mathématiques
- 2011** Lauréate du prix Irène-Joliot-Curie « Jeune femme scientifique »
- 2013** Éluë membre de l'Académie des sciences



© S. BLATIGNIS PHOTO THEQUE

*stimulante* ». En 1994, elle intègre l'ENS, puis, après l'obtention en 1996 de son double DEA, elle commence une thèse, sous la direction de François Golse, en « théorie cinétique des gaz ». Comprenez : en maths appliquées aux mouvements des gaz. Immédiatement recrutée au CNRS en 2000, elle y passera deux années en tant que chargée de recherche avant d'être nommée professeur à l'université Paris-VI. En 2007, elle est mise à disposition de l'ENS, où elle prend la direction de l'équipe d'analyse. Elle est actuellement directrice adjointe du Département de mathématiques et applications<sup>1</sup>.

### Un enthousiasme sans faille

Son parcours exemplaire et rapide comme l'éclair force d'autant plus le respect qu'elle gravite dans un univers largement masculin. « *Il n'y a pas de quoi, corrige-t-elle. Mon statut de femme n'a jamais été un handicap, je n'ai jamais été victime de discrimination. Et faire de la recherche aujourd'hui, ce n'est pas plus aisé pour un garçon que pour une fille, c'est difficile pour les deux :*

*les jeunes n'obtiennent généralement un poste qu'après plusieurs années de postdoctorat, ce qui signifie, dans certaines disciplines plus expérimentales, attendre l'âge de 35 ans avant d'avoir une situation stable et de pouvoir fonder une famille... »*

Pourtant, à en croire Laure Saint-Raymond, ses yeux brillants, l'enthousiasme dans sa voix, le jeu en vaut la chandelle : « *Je pourrais sans doute gagner beaucoup plus d'argent dans l'industrie, mais un travail ne se résume pas à un salaire : pas une de mes journées d'enseignante-chercheuse ne ressemble à une autre, et, à l'ENS, je jouis d'une immense liberté pour mener les recherches que je veux, je m'amuse beaucoup. Tout cela n'a pas de prix.* »

Quand elle ne joue pas avec les équations aux dérivées partielles, qu'elle ne coache pas l'un de ses étudiants ou qu'elle ne donne pas de leçon de musique à l'un ou l'autre de ses six enfants (cinq garçons et une fille, âgés de 4 à 14 ans !), Laure Saint-Raymond s'échappe à la montagne. Ski l'hiver ou randonnée l'été, qu'importe, l'essentiel est d'être tout le temps dehors. « *J'en ai vraiment besoin, pour me ressourcer, déconnecter totalement du travail, revenir au bureau avec des idées nouvelles* », confie-t-elle. Et l'envie de blanchir à nouveau le tableau noir. ||

1. Unité CNRS/ENS.



## Mathias Fink, dompteur d'ondes

Ce physicien a inventé la technique du miroir à retournement temporel, un dispositif capable de faire revivre à une onde toutes les étapes de sa vie passée. Membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies, il a fondé le Laboratoire ondes et acoustique de l'ESPCI, qui est devenu en 2009 l'Institut Langevin<sup>1</sup>. Ses recherches sont à l'origine de la création de plusieurs start-up, dont Supersonic Imagine, spécialisée en imagerie médicale et qui vient d'être introduite en Bourse.

PAR YAROSLAV PIGENET

1. Unité CNRS/ESPCI ParisTech/UPMC/ Univ. Paris-Diderot/Inserm.

**16**  
distinctions  
scientifiques

dont  
la médaille  
d'argent

**1995**

et  
la médaille  
de l'innovation

**2011**

du CNRS

**450**

publications  
scientifiques

**65**

brevets  
déposés

Chaire  
d'innovation  
technologique

du Collège  
de France  
en

**2008**

Entrée  
à l'Académie  
des sciences  
en

**2003**

**4**

start-up  
issues de ses  
recherches

**50**

millions d'euros

levés pour l'introduction  
en Bourse de  
Supersonic Imagine

**270**

collaborateurs  
employés

soit  
plus de

**4 millions**

d'actions  
à 12 € l'action



© É. BEGUEVIN/SERRA



© XRP/PICTURES

## NOMINATIONS AU MINISTÈRE

Lors du remaniement ministériel du 2 avril, Benoît Hamon a été nommé ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il était jusqu'ici ministre délégué chargé de l'Économie sociale et solidaire

et de la Consommation. Geneviève Fioraso a pour sa part été nommée, le 9 avril, secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche. Elle était depuis 2012 ministre de plein exercice pour les mêmes domaines.

T É L E X \_ T É L E X \_

Olivier Cappé, directeur du Laboratoire traitement et communication de l'information, a reçu le Grand Prix « sciences de l'information » de la Fondation Airbus Group \_ Astrid Pinzano, de l'unité Ingénierie moléculaire et physiopathologie articulaire, est la lauréate de la 5<sup>e</sup> Bourse Casden « jeune chercheur » pour ses travaux d'ingénierie tissulaire \_ La Fondation pour la recherche sur la biodiversité a un nouveau président : Jean-François Silvain, du Laboratoire évolution, génomes et spéciation, qui succède à Patrick Duncan \_ Alexandre Dazzi, du Laboratoire de chimie physique, recevra en novembre prochain le prestigieux prix de la Société de microscopie de New York pour son invention baptisée Nano-IR \_ L'équipe de Renaud Bouchet, du Laboratoire d'électrochimie et de physicochimie des matériaux et des interfaces, a reçu le prix EDF Pulse « science et électricité » pour des travaux sur l'électrolyte des batteries du futur \_ Deux chercheurs du laboratoire Kastler-Brossel se sont vu attribuer des prix importants : François Biraben, qui a reçu le prix William F. Meggers de l'Optical Society, et Jean-Michel Raimond, lauréat du prix Edison-Volta 2014 de la Société européenne de physique \_

## À l'affiche



© J. DUFORT

Élue en 2013 à l'Académie des sciences, Brigitte Kieffer est la lauréate du prix L'Oréal-Unesco 2014 pour ses travaux décisifs sur la neurobiologie de la douleur. Cette distinction récompense chaque année cinq femmes représentant les cinq régions du monde pour leur contribution au progrès de la science.



© M. BACHELET/INRIA

Le président du Sénat a nommé François Pellegrini comme personnalité qualifiée pour siéger à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil). Ce chercheur au Laboratoire bordelais de recherche en informatique, professeur à l'université de Bordeaux, est spécialiste du droit du numérique.



© N. TIGET/CNRS PHOTO THÈQUE

L'anthropologue et philosophe Frédéric Keck a été nommé directeur du département de la recherche et de l'enseignement du musée du quai Branly. Il a reçu la médaille de bronze du CNRS en 2011 pour ses travaux ethnographiques sur les crises sanitaires causées par les maladies animales.



© C. LEBEDINSKY/CNRS PHOTO THÈQUE

Jean Tirole, président de la Toulouse School of Economics et médaille d'or du CNRS en 2007, s'est vu décerner le prix Erwin Plein Nemmers en économie « pour ses contributions à la théorie économique et ses applications à la finance, aux organisations industrielles et à l'économie comportementale ».

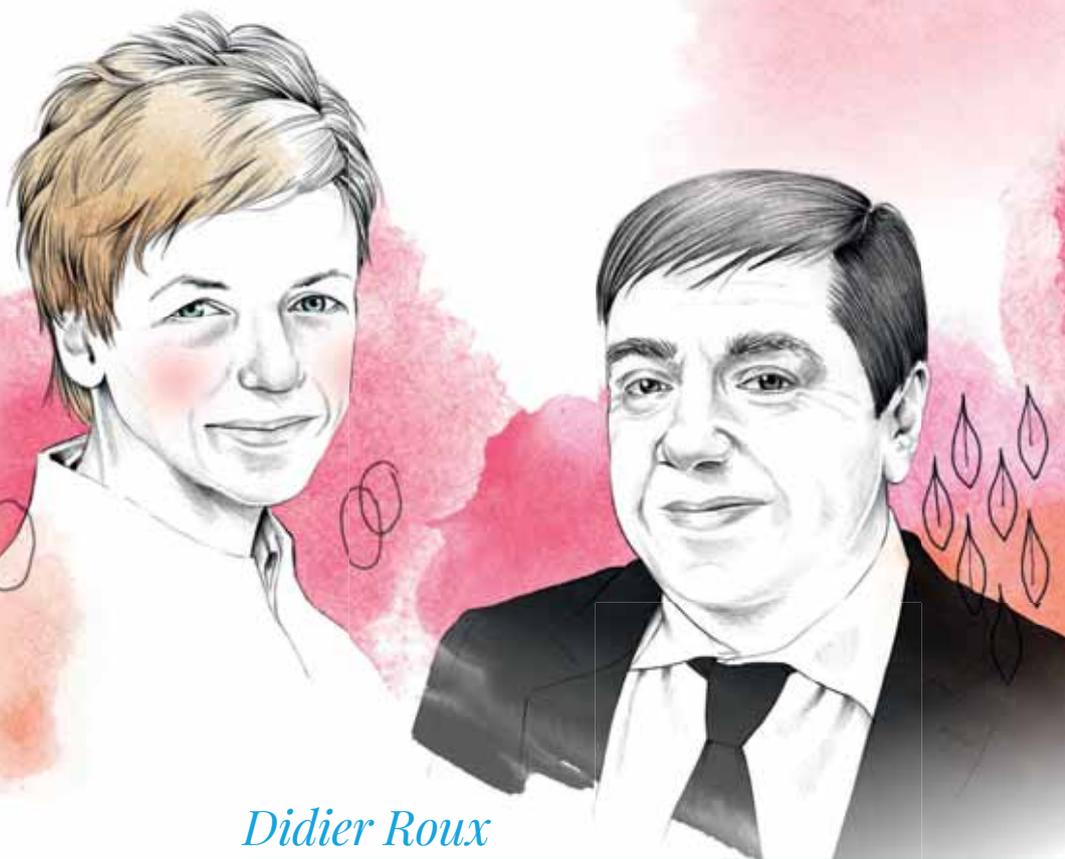
# Médaille de l'innovation : les lauréats 2014

**Événement.** Le 18 juin, à Paris, la chimiste Claude Grison, le physico-chimiste Didier Roux, l'ingénieur Valentina Lazarova et la biologiste Barbara Demeneix recevront la médaille de l'innovation du CNRS. Créée il y a trois ans, cette récompense honore des chercheurs dont les travaux sont remarquables sur le plan technologique, économique ou sociétal.

PAR LA RÉDACTION

## Claude Grison

Elle est au cœur d'une incroyable success story environnementale ! Claude Grison, chimiste de 53 ans, est à l'origine de douze brevets CNRS qui permettent non seulement d'utiliser des plantes pour dépolluer progressivement les sites miniers, mais aussi d'exploiter les métaux que ces plantes ont absorbés. « Nos procédés permettent de produire, grâce à elles, des molécules utiles et très complexes à synthétiser autrement », se réjouit cette professeur à l'université Montpellier-II, en délégation au CNRS<sup>1</sup>. D'un anticancéreux dérivé du monastrol aux produits cosmétiques, les applications sont nombreuses. Des collaborations industrielles sont d'ailleurs développées avec Chimex, filiale de L'Oréal, et la société japonaise Takasago, tandis que Stratoz, jeune entreprise innovante, développera toute la filière. Au début de sa carrière, Claude Grison avait pourtant opté pour une autre voie, la chimie du vivant, interface entre la chimie et la biologie. En 2005, elle découvre le fonctionnement d'une enzyme importante dans la résistance des bactéries aux antibiotiques. Son virage vers l'écologie, un « *pari risqué* » qu'elle fait en 2008, est inspiré par quatre de ses étudiantes venues lui demander de l'aide pour préparer un sujet sur la dépollution par les plantes. La nature curieuse de cette scientifique hors pair, soucieuse d'environnement, fera le reste... « Grâce à ces plantes, on a inventé une nouvelle chimie qui transforme des déchets en métaux, qui sont justement en voie d'épuisement. C'est le cas du palladium, indispensable pour synthétiser de nombreux médicaments », se félicite-t-elle.



## Didier Roux

« Non seulement il n'y a pas d'opposition entre recherche fondamentale et recherche industrielle, mais elles se nourrissent très largement l'une de l'autre. » Cette conviction, Didier Roux, 59 ans, directeur de la recherche et de l'innovation du groupe Saint-Gobain, se l'est forgée au fil de sa carrière. Il a d'abord exercé son expertise de physico-chimiste au CNRS en s'impliquant dans la recherche fondamentale tout en assurant, « en parallèle », l'interface avec le monde

industriel via la création de deux entreprises (Capsulis et Rheocontrol en 1998). Il a occupé des fonctions de direction scientifique auprès de la société Rhône-Poulenc, puis de Rhodia, avant de « basculer à 100 % dans l'industrie » en 2005. Marquées par le dépôt d'une quinzaine de brevets, ses années passées à étudier les fluides complexes lui ont permis de mettre en évidence une transition de phase conduisant à l'organisation spontanée de structures formées de multicouches de molécules.

1. Elle est directrice du laboratoire Chimie bio-inspirée et innovations écologiques (CNRS/UM2/Stratoz). 2. Ce département inclut le laboratoire Évolution des régulations endocriniennes (CNRS/MNHN), dont elle est directrice adjointe.

## Valentina Lazarova

Abordez en sa compagnie la question du traitement et de la valorisation des eaux usées et Valentina Lazarova, 58 ans, experte senior, chef de projet chez Suez Environnement, devient intarissable. « *La réutilisation*

*de ces effluents constitue un enjeu géopolitique, socio-économique et écologique majeur à l'échelle de la planète* », souligne-t-elle. Considérée comme l'une des spécialistes mondiales de cette thématique stratégique, cette ingénieure en génie des procédés a déposé sept brevets et publié une centaine d'articles dans des revues à comité de lecture. Elle n'a eu de cesse d'améliorer et de fiabiliser les filières de traitement des eaux usées domestiques ou industrielles pour mieux assurer la protection de la santé publique et de l'environnement. Les solutions innovantes qu'elle a imaginées sont mises en œuvre dans de nombreuses installations. À son actif, par exemple, le

développement de nouveaux procédés visant à l'élimination du carbone, de l'azote et du phosphore des eaux usées ; l'optimisation des performances de désinfection par ozonation (injection d'ozone) et rayonnement ultraviolet ; le perfectionnement des systèmes de filtration membranaire chargés de faire barrière aux polluants en suspension, aux micro-organismes pathogènes, aux sels et aux micropolluants organiques. Dans un contexte de raréfaction des ressources en eau et de changement climatique global, ces avancées concourent à la préservation de l'« or bleu », à la sauvegarde de la biodiversité et à la diminution de l'impact économique des sécheresses.



Ces dernières s'avèrent utiles à la micro-encapsulation de composés actifs, procédé qui trouve des applications dans les secteurs cosmétique et vétérinaire. Œuvrant à la conception de solutions technologiques pour « *des marchés en évolution rapide* » (vitrage automobile, matériaux haute performance dans l'aviation, nouvelles méthodes de fusion du verre...), cet iconoclaste a contribué à hisser Saint-Gobain parmi les cent entreprises les plus innovantes au monde. Son secret : jouer la carte de l'ouverture vers le monde universitaire et celui des start-up.



## Barbara Demeneix

Spécialiste des hormones, la biologiste Barbara Demeneix, 64 ans, a développé des méthodes innovantes pour détecter in vivo la présence de polluants environnementaux. Sa réussite phare ? Des têtards transgéniques qui deviennent fluorescents en présence de polluants perturbateurs endocriniens. « *Alors que l'analyse chimique classique ne permet de mesurer que quelques substances prédéfinies, ces biomarqueurs prennent en compte l'effet cocktail de la globalité des polluants présents dans l'eau* », souligne-t-elle. Actuellement directrice du département Régulations, développement et diversité moléculaire<sup>2</sup> au MNHN de Paris, cette chercheuse a réalisé un parcours très international. Après des études en Grande-Bretagne (où elle est née), au Canada, en Allemagne et en France, elle s'intéresse aux hormones thyroïdiennes qui sont essentielles pour le développement du cerveau des mammifères et la métamorphose des amphibiens. Quelques années plus tard, ses travaux conduisent à la création, en 2006, de la société Watchfrog qui commercialise les fameux têtards fluorescents. Cette biotechnologie très originale va permettre des progrès importants en matière de protection de l'environnement et de santé publique : plus de 50 000 produits chimiques sont actuellement sur le marché sans que leurs effets sur la santé ou la biodiversité n'aient jamais été mesurés. Très sensible aux difficultés que peuvent rencontrer les jeunes femmes scientifiques, elle y prête une attention particulière. En 2011, elle a été récompensée par la revue *Nature* pour son implication auprès de jeunes chercheurs et de jeunes chercheuses.



## Caroline Lachowsky, la science à portée de voix

PAR LOUISE LIS

**Médias.** *CNRS Le journal* part à la rencontre de ceux qui racontent la science au grand public. Premier volet de notre série avec Caroline Lachowsky, qui anime sur RFI l'émission *Autour de la question*.

Elle est la preuve vivante que l'on peut réaliser une émission scientifique passionnante sans avoir été une brillante élève en maths, en physique ou en biologie. « Jusqu'où va l'infini ? », « La cristallographie, un

monde à multiples facettes », « La sérendipité »... Depuis plus de trois ans, Caroline Lachowsky enchaîne sa « quotidienne » sur des sujets variés, souvent difficiles mais toujours mis à la portée de tous avec une curiosité jamais rassasiée. Du lundi au jeudi, de 16 heures à 17 heures, RFI lui laisse le champ libre pour tourner *Autour de la question*, avec un ou deux invités au maximum.

Plus philo que labo, journaliste spécialisée dans la culture avant de s'attaquer aux sciences, Caroline

Lachowsky choisit ses sujets au gré de ses envies, des livres qui paraissent, de l'actualité au sens large, qu'elle traduit en questions simples avec sa petite équipe. « Nous ne sommes pas guidés par l'actualité au sens où

*l'émission ne vise pas un panorama des dernières découvertes »,* explique la journaliste, qui s'accorde donc une très grande liberté dans le choix des questions qu'elle pose au fil de ses émissions.

Attention : il ne faut pas en déduire que ce rendez-vous se résume à un *talk* improvisé. Tout est écrit, « *l'émission est très cadrée* », insiste-t-elle. Une préparation en amont avec Caroline Filliette, l'autre Caroline de l'émission, une petite « *entrée en matière sonore* » concoctée par Guillaume Ploquin, le réalisateur, et c'est parti pour une salve de questions, toutes écrites et soigneusement élaborées.

### Les oreilles tournées vers l'Afrique

RFI n'est pas le prototype de la chaîne en quête d'audimat, et Caroline Lachowsky ne s'impose qu'une seule obligation, qui relève plutôt de l'évidence sur RFI : que ses sujets intéressent les Africains et l'Afrique, le territoire de prédilection de la station. Alors oui, c'est vrai, elle ne rate pas une occasion de « *faire émerger* » des chercheurs d'origine africaine. Les sujets qui se rapportent au continent noir sont toujours les bienvenus, tel « *Comment retrouver l'âge d'or de l'Afrique ?* », en présence de l'historien

### Inscription conseillée...

Le 4<sup>e</sup> jeudi de chaque mois, de 18 h 30 à 20 heures, le CNRS et le musée des Arts et Métiers, en partenariat avec la radio RFI, organisent à Paris le cycle de conférences « Dialogues. Des clés pour comprendre ». Quelques jours avant les conférences, la journaliste Caroline Lachowsky reçoit dans son émission les chercheurs invités.



Retrouvez le programme de l'émission sur  
 >> [www.rfi.fr/emission/autour-question/](http://www.rfi.fr/emission/autour-question/)

François-Xavier Fauvelle Aymar. L'Afrique, Caroline Lachowsky et son équipe en reviennent justement. Du 2 au 9 mai, ils ont pris leurs quartiers à Dakar, au Sénégal, pour une semaine d'émissions exceptionnelles, dont une avec l'anthropologue Gilles Boetsch, au sujet de la Grande muraille verte. Prochaine destination : Libreville, au Gabon, où ils enregistrent du 30 mai au 5 juin.

À l'heure où la plupart des radios ne jurent que par les questions des auditeurs, *Autour de la question* n'invite pas non plus les auditeurs à donner leur avis ou à intervenir, pas plus en direct qu'en différé. « *RFI compte déjà plusieurs émissions interactives, je n'avais pas envie de m'inscrire dans cette veine-là. Mais je sais que nous sommes très écoutés* », précise Caroline Lachowsky. *Autour de la question* se veut « *une pause de réflexion pour des auditeurs qui n'ont pas grand-chose à se mettre dans les oreilles* », plaisante-t-elle, un temps de recul plutôt qu'une réaction à chaud. Même absence de volonté de coller à la mode et aux standards classiques médiatiques dans le rapport assez distant qu'entretient l'émission avec les « vedettes ». Non que Caroline Lachowsky se prive d'inviter les stars de la science quand le sujet s'y prête et qu'elle le peut. Mais là n'est pas l'objectif.

### L'art de faire parler les chercheurs

Après plusieurs années de fréquentation assidue des chercheurs, Caroline Lachowsky a forcément une opinion de leurs qualités de communicants et de leur capacité à s'adresser au grand public. « *On dit beaucoup qu'ils ne savent pas communiquer, mais cela dépend de ce qu'on leur demande* », répond-elle, laissant entendre que la qualité de la réponse dépend amplement de celle de la question. Les scientifiques « *ne jouent pas aux apprentis sorciers* », même si la journaliste les trouve « *parfois un peu frileux sur les questions d'éthique* ». L'hyperspécialisation lui pose problème. « *Je rencontre pas mal de chercheurs émérites qui regrettent eux-mêmes cette hyperspécialisation qui fait craindre à leurs collègues plus jeunes d'aborder des questions scientifiques larges par peur de s'éloigner d'un domaine bien connu* », constate-t-elle.

Quid, précisément, de la capacité des chercheurs à vulgariser ? Consciente que les scientifiques sont souvent désireux de s'exprimer, Caroline Lachowsky leur trouve de vrais talents de passeurs. Mais elle a aussi rencontré des réfractaires qui s'incarnent dans ces chercheurs qui redoutent que « *des questions trop simples ne les dévalorisent aux yeux de leurs collègues* », avant de penser aux auditeurs. Impossible donc de révéler son pire souvenir de journaliste scientifique, l'invité pourrait se reconnaître. Mais on peut signaler les meilleurs, comme les émissions avec Françoise Héritier, Serge Haroche, Souleymane Bachir Diagne ou encore Anne-Marie Brisbane. ||



SOCIÉTÉS  TERRE 

## Les experts du climat dévoilent la suite de leur 5<sup>e</sup> rapport

**En septembre 2013, le Giec confirmait la tendance au réchauffement climatique sur Terre et l'impact de l'activité humaine sur le climat. Ces dernières semaines, il a dévoilé les deux autres volets de son 5<sup>e</sup> rapport.**

Le 31 mars, les experts du climat ont livré la partie consacrée aux impacts sur les systèmes naturels et humains et aux adaptations envisageables pour en réduire la vulnérabilité. Des zones polaires aux forêts en passant par les espaces côtiers, tous les milieux seront touchés, et ce sur tous les continents. Ces évolutions auront des conséquences graves sur des secteurs clés de l'économie, de la santé, de la pauvreté ou de la sécurité des populations. « *S'il ne contient pas de scoop, ce rapport propose une vision de plus en plus approfondie des conséquences du réchauffement, par exemple sur l'acidification des océans et sur les forêts* », explique Hervé Le Treut, directeur de l'Institut Pierre-Simon-Laplace. Les besoins d'adaptation sont également examinés en profondeur, en tenant compte des contraintes ou des opportunités associées, qu'elles soient économiques, sociales ou politiques.

Le 13 avril est sorti le 3<sup>e</sup> volet consacré à l'atténuation du réchauffement, c'est-à-dire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. « *Il s'agit d'évaluer les enjeux économiques associés*, précise Jean-Charles Hourcade, économiste au Centre international de recherche sur l'environnement et le développement. *Et ce en tenant compte des marges de manœuvre technologiques et des aspects éthiques, comme la solidarité ou l'équité entre les pays selon leur niveau de développement, mais aussi entre les générations.* » Le nouveau rapport fait une place importante à la problématique générale du développement. « *La lutte contre le changement climatique n'est pas une punition, mais un levier pour repenser notre monde*, poursuit le chercheur. *Nous avons entre dix et vingt ans devant nous. Au-delà, trop d'investissements dans les infrastructures, en particulier dans les pays en développement, nous auront éloignés d'une trajectoire qui tienne compte des enjeux climatiques.* »



Retrouvez notre dossier sur le climat sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

# “Le sida reste une épidémie majeure”

VIVANT 

**Biologie.** Le point sur le VIH avec Monsef Benkirane, directeur de recherche CNRS à l'Institut de génétique humaine de Montpellier, qui vient de recevoir le prix Liliane-Bettencourt 2013.

PROPOS RECUEILLIS PAR STÉPHANIE ARC

## Où en est-on de l'épidémie et des traitements ?

**Monsef Benkirane :** Entre 120 000 et 180 000 personnes vivent en France avec le virus de l'immunodéficience humaine (VIH). À l'échelle mondiale, elles sont environ 35 millions. Ce chiffre est en augmentation, car le taux de mortalité des personnes infectées décroît grâce aux traitements antirétroviraux (ARV). Le sida reste donc une épidémie majeure. Rare éclaircie au tableau, le nombre des nouvelles infections au VIH dans le monde – 2,3 millions en 2012 – est en recul de 30 % par rapport à 2001. [...] Mais il ne faut pas oublier que le poids des traitements dans la vie des patients, comme pour la société qui les prend en charge, est énorme.

## Pouvez-vous expliquer en deux mots les résultats pour lesquels vous avez reçu le prix Liliane-Bettencourt 2013 ?

**M. B. :** Il y a deux types de cellules connues pour leurs résistances à l'infection par VIH-1<sup>1</sup> : les lymphocytes T CD4+ au repos et les cellules de la lignée myéloïde. Notre labora-

toire a identifié SAMHD1 comme le gène de résistance dans ces cellules. Ce gène empêche la conversion de l'ARN viral en ADN, une étape clé du cycle répliatif viral. Son étude pourrait nous renseigner sur l'établissement des réservoirs du virus, ces « sanctuaires » du virus qui se

maintiennent en dépit des traitements antiviraux et qui représentent un obstacle majeur à son éradication par les thérapies actuelles.

## Peut-on réellement envisager une fin de l'épidémie ?

**M. B. :** On le pourrait si toutes les personnes infectées étaient traitées avec les ARV. Mais c'est loin d'être le cas. À l'échelle individuelle, le vaccin préventif et/ou thérapeutique doit rester une priorité dans la lutte contre le VIH-1. Les candidats vaccins induisent une réponse immunitaire, mais ne permettent pas de protéger contre le VIH. La difficulté réside donc dans le fait que ce vaccin devra faire mieux que notre propre immunité, ce qui est un cas unique dans les maladies infectieuses. Nous savons aujourd'hui fabriquer en laboratoire des anticorps capables de neutraliser la quasi-totalité des souches virales du VIH. Il serait important de savoir comment faire en sorte que les patients puissent produire ces anticorps eux-mêmes, que ce soit en éduquant leurs lymphocytes B<sup>2</sup> ou grâce à des approches de thérapie génique ou cellulaire.

## On parle beaucoup aussi d'un réservoir viral pratiquement indétectable...

**M. B. :** Oui, ce réservoir est insensible aux traitements et invisible au système immunitaire. Il faut donc développer des stratégies thérapeutiques pour l'éliminer ou le rendre contrôlable par le système immunitaire. Aujourd'hui, nous avons les preuves que ces deux pistes sont possibles. La première provient d'un patient de Berlin. Ayant reçu une transplantation de cellules souches hématopoïétiques n'exprimant pas le corécepteur du VIH pour soigner sa leucémie myéloïde aiguë, cet homme qui était porteur du VIH ne montre plus aucune trace du virus sept ans après. La seconde piste est issue d'une récente étude française d'une cohorte de patients traités très tôt après la primo-infection (cohorte Visconti) qui a montré une rémission chez 15 % d'entre eux. **||**



© L. SACHS

“La difficulté réside dans le fait qu'un vaccin devra faire mieux que notre propre immunité.”



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

1. Il existe deux types de VIH : le VIH-1 et le VIH-2. La majorité des personnes séropositives portent le type VIH-1. 2. Ces cellules du système immunitaire, qui représentent environ 10 % des lymphocytes qui circulent dans le sang, sont spécialisées dans la production d'anticorps.

# GRAND FORMAT



*Et l'on découvre la cristallographie,  
un observatoire astronomique  
dans la pampa et de précieuses  
études de genre.*

ILLUSTRATION : S. MILLET, POUR CNRS LE JOURNAL

# *Les mille atouts de la cristallographie*

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR MATHIEU GROUSSON,  
PAROLES DE CHERCHEURS RECUEILLIES PAR DENIS DELBECQ

## MATIÈRE ◀

Un siècle après avoir pris son envol, la cristallographie est omniprésente dans la vie quotidienne. Elle demeure pourtant largement méconnue. Les Nations unies ont décidé de lui consacrer une Année internationale en 2014.

Mais en quoi consiste cette discipline considérée comme « *l'instrument le plus puissant pour l'étude de la structure de la matière* » ? Une chose est sûre, la cristallographie, qui a déjà conduit à des applications dans de nombreux domaines, est encore loin d'avoir révélé tout son potentiel.



Articles, vidéos, billets... Retrouvez notre dossier complet sur la cristallographie sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

La matière offre un nombre infini de visages. Dont un très prisé dans le monde entier : celui du cristal. Dans ce dernier, les atomes ou molécules s'organisent selon un motif élémentaire qui se répète à intervalles réguliers, périodiquement comme disent les scientifiques, ce qui les dote de propriétés bien particulières. « *Médicaments, alliages pour l'aéronautique, composants électroniques, matériaux géophysiques... Les cristaux sont partout* », assure Sébastien Pillet, du laboratoire Cristallographie, résonance magnétique et modélisations<sup>1</sup>, à Nancy, et chargé de mission à l'Institut de physique du CNRS.

La science qui leur est consacrée, la cristallographie, permet donc d'élaborer de nouveaux matériaux à la structure et aux propriétés toujours plus complexes. Mais elle est surtout sans égal pour explorer la matière ! En effet, lorsqu'elle se présente dans un état ordonné comme celui du cristal, la matière se laisse scruter grâce à un formidable outil : la diffraction. Il va sans dire que ce talent intéresse des scientifiques d'horizons bien différents, et que cette science connaît aujourd'hui des applications dans de nombreuses disciplines allant de la biologie à la chimie.

#### LA DIFFRACTION

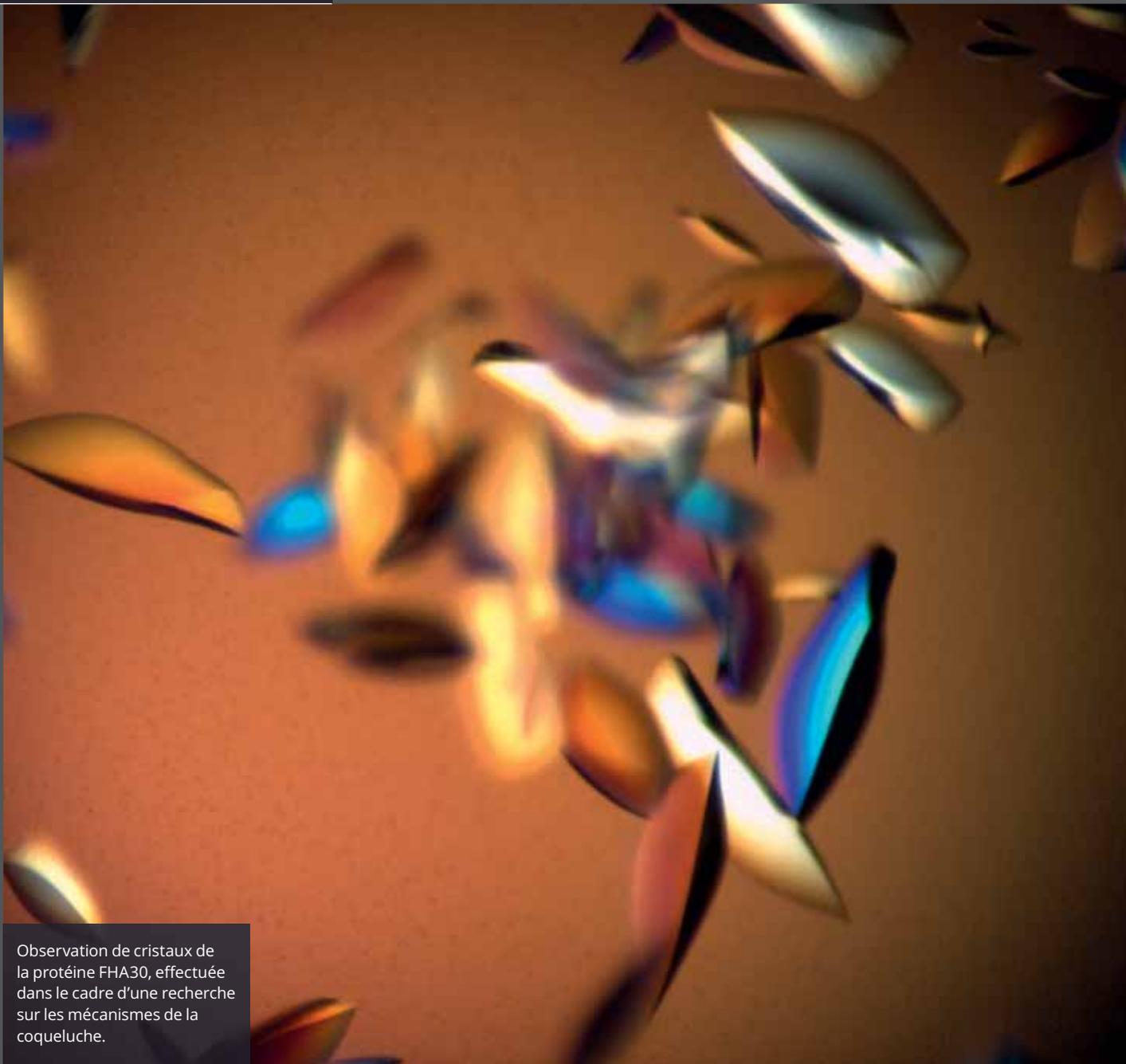
Phénomène qui se produit lorsque les rayons lumineux effectuent une déviation en rencontrant un obstacle.

#### Elle a dévoilé la structure de l'ADN

L'essor de la cristallographie remonte à 1912, lorsque le physicien Max von Laue comprend que l'on peut déterminer la distance entre les atomes d'un cristal, et donc sa structure, en le bombardant de rayons X. Lorsqu'un tel faisceau irradie un cristal, celui-ci « rebondit » sur les atomes dans toutes les directions. Or, selon la manière dont ces derniers sont disposés, ils vont faire ...

1. Unité CNRS/Univ. de Lorraine.

Monocristal d'une molécule organique étudiée pour le stockage de CO<sub>2</sub>.



Observation de cristaux de la protéine FHA30, effectuée dans le cadre d'une recherche sur les mécanismes de la coqueluche.

© B. CLANTINGNS PHOTO THÈQUE

Expérience de diffraction des rayons X sous irradiation laser permettant d'étudier la transformation par la lumière de la structure de la matière à l'échelle atomique.



© KAKSONEN/CNRS PHOTO THÈQUE



## Ce que je dois à la cristallographie...

... apparaît, sur le détecteur, un motif de taches caractéristiques des positions relatives des atomes entre eux. Autrement dit, de la structure du matériau considéré. En 1913, les Bragg, père et fils, déterminent la structure cristallographique du diamant et du chlorure de sodium, et posent les bases de la discipline.

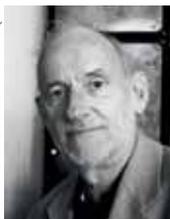
Mais ce n'est qu'un début, tant les développements qui suivent permettront l'élucidation de structures toujours plus complexes. Symbole de cette plongée au cœur de la matière : la découverte, en 1953, de la structure en double hélice de l'ADN par Francis Crick et James Watson. Comment ? En analysant un cliché de diffraction d'une fibre d'ADN obtenue par la biologiste Rosalind Franklin. Ou encore l'élucidation de la structure du ribosome, gigantesque assemblage de protéines et d'ARN qui synthétise les protéines au sein de la cellule, qui a valu à ses auteurs, Venkatraman Ramakrishnan, Ada E. Yonath et Thomas A. Steitz, le prix Nobel de chimie 2009.

Une chose est sûre, les biologistes sont parmi les plus gros utilisateurs de la cristallographie. Certes, la matière vivante ne se présente pas sous forme cristalline. Mais les techniques de biochimie permettent de synthétiser des cristaux à partir de ses constituants élémentaires (ADN, ARN, protéines...), dont on peut alors déterminer la structure par diffraction de rayons X. « *Or la structure d'une molécule biologique est à l'origine de sa fonction*, explique Jacqueline Cherfils, du Laboratoire d'enzymologie et biochimie structurales du CNRS, à Gif-sur-Yvette. *D'où le rôle central de la cristallographie dans notre discipline.* » Par exemple, en 2013, le groupe de cette chercheuse a déterminé la structure des protéines qui permettent à la bactérie responsable de la légionellose de se jouer des défenses immunitaires d'une cellule infectée. « *En élucidant ces structures, nous avons révélé des aspects clés des processus biochimiques en jeu qui peuvent inspirer des approches thérapeutiques* », précise la biologiste.

### À la base de nouveaux matériaux

Autres adeptes de la cristallographie : les chimistes. « *Je ne connais pas un laboratoire de chimie qui ne dispose pas de moyens de diffraction X. Et toute publication sur une espèce chimique se doit aujourd'hui de présenter la structure de la molécule étudiée* », résume simplement Jean-Claude Daran, du Laboratoire de chimie de coordination du CNRS, à Toulouse. À cet égard, la façon dont Gérard Férey, médaille d'or du CNRS en 2010, a mis au point ses matériaux mésoporeux, caractérisés par la présence en leur sein de pores dans lesquels on peut loger différentes espèces chimiques, est exemplaire (*lire p. 21*). Comme l'explique Sébastien Pillet, « *c'est typique d'une démarche dans laquelle le lien entre la topologie de ces*

© C. ANAYA-GAUTIER/CNRS PHOTOTHÈQUE



**Par Patrick Couvreur**, professeur à l'université Paris-Sud, directeur de l'équipe Nouvelles stratégies de ciblage appliquées au cancer au sein de l'Institut Galien<sup>2</sup>, médaille de l'innovation du CNRS en 2012

« *Nous élaborons des nano-médicaments. Ce sont des particules d'une centaine de nanomètres qui piègent le principe actif pour le conduire jusqu'à sa cible, par exemple les cellules d'une tumeur résistante du foie. C'est pour cette indication qu'un de nos nano-médicaments vient d'entrer en essai clinique de phase III. Cette encapsulation de la molécule active permet de prolonger sa durée de vie dans l'organisme, en évitant qu'elle ne soit éliminée trop rapidement, notamment par les macrophages du système immunitaire. De*

*plus, le nano-vecteur peut jouer le rôle d'une clé biochimique capable d'ouvrir les portes de la cellule pour y faire pénétrer la molécule active. Nous avons observé que ces deux fonctions, et donc l'efficacité thérapeutique, sont intimement liées à la*

*“Progresser plus vite dans la mise au point de nano-médicaments.”*

*structure supramoléculaire du nano-vecteur. C'est pour cela que nous avons souvent recours à la cristallographie. Grâce à la cryo-microscopie électronique<sup>3</sup> et à la diffraction des rayons X, nous avons pu mettre en évidence une relation entre la structure ou la géométrie de nos particules et leur efficacité pharmacologique. Cela nous permet de progresser plus vite dans nos recherches en déterminant si telle ou telle forme mérite ou pas d'être étudiée de manière plus approfondie au niveau de la cellule ou de l'animal. »*

*matériaux, présentant des cavités ou des canaux plus ou moins alignés, et leurs propriétés d'adsorption de différentes molécules – médicaments, gaz... – a été établie grâce à l'outil cristallographique ».*

Un outil qui, depuis les découvertes du début du siècle dernier, a été métamorphosé. D'abord en raison de l'évolution des moyens expérimentaux. Ainsi, aux rayons X se sont adjoints les électrons dans les années 1930, ...

2. Unité CNRS/Univ. Paris-Sud. 3. Technique de microscopie dans laquelle l'échantillon est refroidi à des températures cryogéniques (celles de l'azote liquide).



Ce diffractomètre à rayons X, utilisé notamment pour caractériser des alliages, est équipé d'un détecteur rapide et d'un passeur d'échantillons à neuf positions.

© C. FRESILLON/CNRS PHOTO THÈQUE



Réplique céramique (« négatif ») de cristaux de glace. Cette étude pourrait aboutir à de nouveaux composés antigels.

© S. DEVILLE/CNRS PHOTO THÈQUE



... puis les neutrons dans les années 1940, comme sondes de la matière. Sans oublier le développement des sources synchrotrons, instruments permettant d'obtenir des faisceaux X ultra-énergétiques et très intenses, dont Soleil, inauguré en 2006 à Gif-sur-Yvette, est un représentant de la dernière génération. Mais aussi en raison d'une évolution constante des méthodes d'analyse. Ainsi, Herbert Hauptman et Jerome Karle ont, par exemple, partagé le prix Nobel de chimie en 1985 pour la mise au point des méthodes dites directes, grâce auxquelles on peut extraire plus d'informations à partir des signaux de diffraction. Jean-Claude Daran précise : « *L'évolution est telle en chimie que l'on obtient en moins d'une heure aujourd'hui ce qui demandait plusieurs jours il y a trente ans.* »

Une avancée obtenue à grand renfort de physique et de mathématiques, qui illustre à merveille le caractère éminemment interdisciplinaire de la cristallographie. De même que la découverte des quasi-cristaux par Dan Shechtman en 1982, lors d'expériences de diffraction électronique sur des composés métalliques. Une mise en évidence à laquelle a également contribué Denis Gratias, du Laboratoire d'étude des microstructures<sup>4</sup>, à Châtillon. Quasi-cristaux ? Des matériaux à la fois ordonnés comme un cristal et pourtant non périodiques comme le sont les matériaux désordonnés... Découverte qui a obligé à remettre en cause la notion mathématique de symétrie cristalline, et à inventer de nouveaux outils théoriques pour étudier leur structure et leurs propriétés.

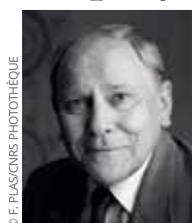
#### Les défauts des cristaux : une mine d'or

Dans certains domaines, dont ceux des lasers et de l'optique, c'est à travers le façonnage de cristaux toujours plus purs que les spécialistes entrevoient les applications futures. Comme le rappelle Sébastien Pillet, « *le silicium, qui est à la base de toute l'industrie électronique et photovoltaïque, représente 60 % de la production de cristaux dans le monde. Et c'est l'objectif de nombreux laboratoires de parvenir à des cristaux de silicium présentant des caractéristiques toujours meilleures.* »

Mais si la pureté cristalline reste recherchée, certains matériaux sont au contraire intéressants à cause de leur impureté. Soit parce qu'on y a inséré des défauts, c'est-à-dire des espèces chimiques étrangères en faible quantité qui s'intègrent tant bien que mal dans le réseau cristallin de base. Soit parce que ce réseau même présente des dislocations, des joints de grains ou des macles, bien connus par exemple des métallurgistes. Ainsi, les défauts dans certains oxydes sont à l'origine de leur propriété de supraconduction – c'est-à-dire de conduction du courant électrique sans la moindre résistance – à haute température.

Quant aux dislocations, ce sont elles qui confèrent leur solidité aux alliages et sont de ce fait les meilleures alliées des matériaux légers de l'automobile ou de l'aéronautique du futur. « *Bien souvent, c'est désormais l'écart à la perfection, au désordre et à la complexité qui ...*

## Ce que je dois à la cristallographie...



© F. PLAS/CNRS PHOTO THÈQUE

Par **Gérard Férey**, chimiste spécialiste des matériaux poreux, académicien et professeur émérite à l'université de Versailles, médaille d'or du CNRS en 2012

« *Déterminer une structure est un combat permanent entre la matière et notre intelligence, aidée en cela à la fois par les expériences de diffraction des rayons X, des neutrons ou des électrons. Si les rayons X et les neutrons ne donnent qu'une structure moyenne, seule la diffraction des électrons permet d'accéder aux défauts structuraux dans les solides, défauts qui sont souvent à l'origine des propriétés physico-chimiques d'un matériau. À cause de développements technologiques performants, la cristallographie*

« *La cristallographie montre que la nature privilégie souvent le beau.* »

*est souvent – et à tort! – considérée aujourd'hui comme une technique presse-bouton, alors qu'elle reste une science, la seule capable d'expliquer les origines structurales de ces propriétés.*

*De ce point de vue, elle est absolument indispensable aux progrès de la chimie, de la physique et de la biologie. J'en ai fait un outil privilégié pour mes études sur les matériaux poreux qui piègent le dioxyde de carbone ou des médicaments dans des endroits précis de la structure. Même si, mathématiquement, on peut trouver plusieurs solutions possibles au calcul de la structure, il est troublant de constater que c'est l'arrangement le plus esthétique qui correspond à la solution physique, parce que la nature semble souvent privilégier le beau. »*

4. Unité CNRS/Onera.



Polycristallisation d'une molécule organique étudiée pour le stockage de CO<sub>2</sub>.

© M. PINAUD/CNRS PHOTOTHÈQUE

Vue aérienne du synchrotron Soleil, à Gif-sur-Yvette.



© L. PERSIN/CNRS PRODUCTION

Dimanche 6 juillet,  
le CNRS présente  
**La journée cristallo!**  
au musée des Arts et Métiers  
de Paris, destinée à un public  
familial. Au programme,  
des ateliers et des animations  
autour de la cristallographie,  
des conférences, une fabrique  
de cristaux, un jeu de piste...

Entrée libre, à partir  
de 10 heures.



>> [www.cnrs.fr/cristallo/](http://www.cnrs.fr/cristallo/)



## Ce que je dois à la cristallographie...

... présente un intérêt pour la conception de nouveaux matériaux », confirme Marc de Boissieu, du Laboratoire de science et ingénierie des matériaux et procédés<sup>5</sup>, à Grenoble. Par exemple, pour la conception d'électrodes de batterie ou les têtes de lecture de nos joujoux électroniques. Le scientifique ajoute : « *Le rêve ultime d'un cristallographe serait de parvenir à identifier à l'avance la composition et la structure que doit avoir un matériau en fonction d'une propriété requise !* »

Cette démarche s'apparente à celle des spécialistes en sciences de la Terre, pour déterminer la structure interne des planètes, par définition inaccessible. Pour la Terre, ils disposent de certaines propriétés telles que la densité, la vitesse des ondes sismiques ou l'intensité du champ magnétique. Leur travail consiste alors à synthétiser en laboratoire des composés ayant les mêmes propriétés une fois placés dans les conditions de température et de pression censées régner dans les profondeurs planétaires.

« *Au milieu des années 1980, des sismologues ont montré qu'au sein du noyau ferreux de notre planète les ondes sismiques se propageaient plus rapidement le long de l'axe de rotation que dans les autres directions, raconte Guillaume Fiquet, de l'Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie<sup>6</sup>, à Paris. Encore fallait-il confirmer que les cristaux de fer présents dans la graine terrestre pouvaient effectivement avoir une structure autorisant ce phénomène. Cette structure a été déterminée il y a quatre ans par une équipe japonaise qui a réussi à recréer et à maintenir les conditions du noyau, soit 60 gigapascals [environ 600 000 fois la pression atmosphérique, NDLR] et 5 000 °C, tout en couplant l'expérience à une source de rayonnement synchrotron.* »

### Les promesses du laser à électrons libres

Pour identifier la structure interne des planètes géantes ou de certaines planètes extrasolaires plus massives que la Terre, il faudra faire encore mieux, ce dont seules sont capables des expériences où une impulsion brève d'un laser surpuissant, type laser mégajoule, engendre une onde de choc à travers un échantillon. « *Et il faut qu'un flash de rayons X traverse le matériau au même moment pour avoir accès aux propriétés pertinentes que sont la structure et la densité !* », ajoute Guillaume Fiquet.

Les autres disciplines concernées par les méthodes cristallographiques ne seront pas non plus en reste de nouveaux moyens. Ainsi, l'un des nouveaux horizons de la discipline est le laser à électrons libres, dont il n'existe actuellement que deux exemplaires dans le monde, aux États-Unis et au Japon, plus un troisième en construction,

à Hambourg, en Allemagne. « *C'est la source de rayonnements X du futur, détaille Marc de Boissieu. De quoi délivrer des impulsions X ultra-brillantes et ultra-courtes qui permettront d'accéder à la dynamique des protéines ou à celle de transitions entre différentes structures au sein d'un matériau.* » Et observer la structure de la matière en mouvement. D'un mot, parfaire l'image que nous nous faisons de ses mille et un visages. ■

© CNRS IMAGES/CINAPS TV



**Par Philippe Walter**, directeur du Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale<sup>7</sup>, à Ivry-sur-Seine, médaille d'argent du CNRS en 2008

« *Au 1<sup>er</sup> siècle, Pline l'Ancien disait que tous les blancs de plomb, la céruse, ne se valaient pas et que le meilleur provenait de l'île de Rhodes. Léonard de Vinci avait conscience de cette diversité, puisqu'il utilisait différentes céruses sur un même tableau en fonction de l'effet recherché, pour un ciel ou un visage par exemple. Pour le maquillage, les Égyptiens broyaient la galène,*

*un sulfure de plomb, en fonction du rendu de noir désiré : de gros cristaux donnent des reflets métalliques quand les petits sont mats. C'est la structure cristalline de ces pigments et leur forme à l'échelle du micromètre qui sont à l'origine de leurs couleurs, conditionnant la manière dont ils absorbent ou réfléchissent*

“Un outil indispensable pour l'histoire des arts.”

*la lumière. La cristallographie est donc indispensable aux recherches historiques sur les techniques et les matériaux utilisés par les artisans et les artistes. Au laboratoire, nous fabriquons depuis sept ans des diffractomètres X portables, et c'est une vraie révolution : nous pouvons étudier les tableaux dans les musées ou des manuscrits dans une bibliothèque, sans les déplacer et sans faire de prélèvements ! La cristallographie nous permet aussi d'étudier le vieillissement des matériaux pour remonter à leur couleur d'origine ou pour apprendre à mieux les préserver : les fresques noircies de Pompéi étaient d'un beau rouge, et les tournesols de Van Gogh, d'un jaune beaucoup plus vif ! »*

5. Unité CNRS/INP/UJF. 6. Unité CNRS/UPMC/IRD/MNHN. 7. Unité CNRS/UPMC.

# Rayons cosmiques : traque dans la pampa

UNIVERS

## Astrophysique.

L'observatoire Pierre-Auger, situé en Argentine, traque les rayons cosmiques, des flux de particules en provenance de l'espace. Reportage aux côtés de l'équipe française dirigée par Antoine Letessier-Selvon, en mission sur place en 2013.

TEXTE AUDREY DIGUET/

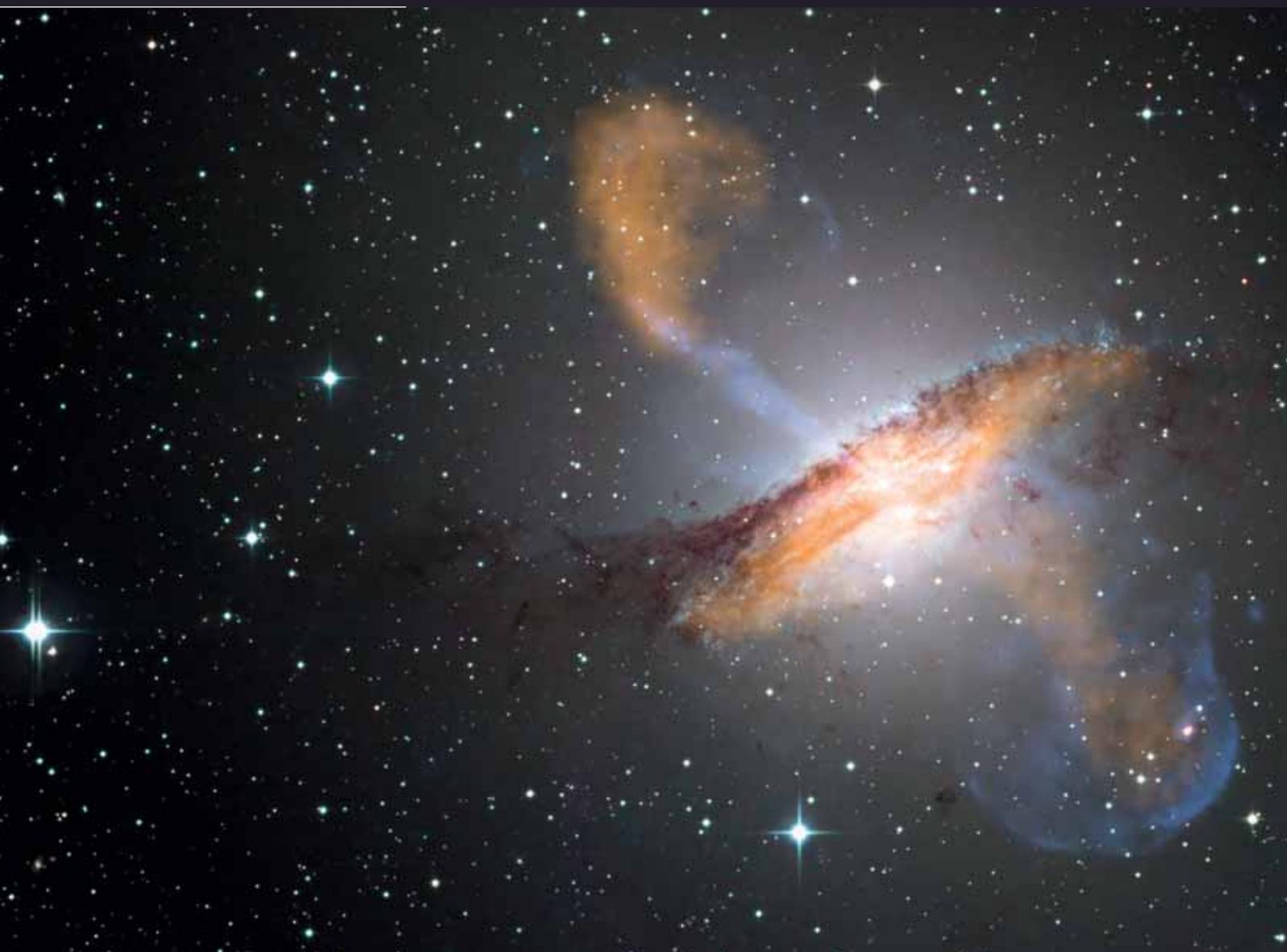
PHOTOS CÉLINE ANAYA-GAUTIER/  
CNRS PHOTOTHÈQUE ;

NASA/CXC/CFAR. KRAFT ET AL. ; MPIFR/  
ESO/APEX/A. WEISS ET AL. ; ESO/WFI

1. Avec 1 650 cuves, telle celle-ci, et 24 télescopes à fluorescence répartis sur 3 000 km<sup>2</sup> de pampa argentine, l'observatoire Pierre-Auger est le plus grand détecteur de rayons cosmiques du monde.







2. Objectif des chercheurs : déterminer l'origine des particules les plus énergétiques qui bombardent l'atmosphère. Les noyaux actifs des galaxies (ici au centre de Centaurus A) sont les objets astrophysiques parmi les plus lumineux connus. Ils pourraient être à la source de ces rayonnements.



3. Les grands miroirs de ce télescope à fluorescence concentrent la lumière émise par les « gerbes atmosphériques », cascades de particules générées par la collision des rayons cosmiques avec l'atmosphère, et la renvoient sur une caméra composée de tubes photomultiplicateurs qui comptent les photons émis.

4. Quatre bâtiments comme celui-ci abritent chacun six télescopes à fluorescence qui observent ces gerbes. Sur le toit de ces bâtiments sont installés plusieurs instruments qui servent à contrôler l'atmosphère et les conditions de prise de données des télescopes.



© 2014 BY NASA/CSC/CFR/USAF ET AL. - SUBMILIMETER, NEUTRINO, OPTICAL ESOMP, 34.1 CALIXTA-GAUGERONS PHOTOLOGIE



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



5 6

5. Toutes les données recueillies par les cuves et les télescopes sont transmises par ondes radio à la salle d'acquisition du centre de Malargüe.

6. Ce chercheur travaille sur un prototype de cuve. Actuellement, les cuves contiennent 12 m<sup>3</sup> d'eau pure. Les particules des gerbes atmosphériques qui les traversent sont repérées grâce à des détecteurs de lumière. Dans ce prototype, le volume d'eau est divisé en deux

couches superposées, chacune détectant différents types de particules, ce qui permet d'obtenir des mesures plus complètes.

7 et 8. En déplacement dans la pampa, les chercheurs installent sur une cuve une antenne dite papillon pour capter les émissions radio des particules générées par les gerbes atmosphériques. Un autre prototype d'antenne est testé en parallèle : une antenne micro-onde possédant un plus grand rayon de détection.





78



© 5678 : C. ANAYA GAUTIER/CNRS PHOTO THEQUE



# *Précieuses études de genre*

PAR STÉPHANIE ARC, LAURE CAILLOCE ET PHILIPPE TESTARD-VAILLANT  
ILLUSTRATIONS : COLCANOPA

SOCIÉTÉS



VIVANT



Loin de vouloir gommer les différences entre les sexes ou imposer une prétendue théorie, les études de genre montrent que ce que l'on pensait relever de la nature n'est parfois que pure construction sociale. Précieuses pour les sciences humaines, elles sont aussi capitales dans de nombreuses autres disciplines. Par exemple, une recherche en biologie et en médecine qui ne prendrait pas en compte le genre risque tout bonnement de produire des résultats tronqués ou faux ! Panorama et démonstration dans ce dossier.

**A**ttention, danger ! La prétendue « théorie du genre » enseignée dès le cours élémentaire via les « ABCD de l'égalité » transformerait les garçons en filles et vice versa... C'est du moins ce qu'ont clamé les rumeurs relayées en janvier, entre autres par des groupuscules autour de la Manif pour tous, au point que des parents ont retiré leurs enfants de l'école pendant quelques jours... Mais la « théorie du genre » n'existe pas. Seules les études de genre, elles, constituent bien aujourd'hui un champ de recherche. De quoi s'agit-il ? « *On peut définir le genre comme un outil, des regards, une méthodologie qui prennent en compte la construction sociale du masculin et du féminin et les rapports sociaux entre hommes et femmes, et ce dans toutes les disciplines* », précise Lola Gonzalez-Quijano, chercheuse associée au Centre de recherches historiques<sup>1</sup> qui travaille sur la prostitution au XIX<sup>e</sup> siècle. Et c'est pour bon nombre de chercheurs et de chercheuses une approche scientifique fondamentale.

### Un outil d'analyse indispensable

« *Pour l'historien ou l'anthropologue, l'outil genre permet d'étudier différentes sociétés sans que ne soient plaquées les représentations actuelles. Ainsi, il est inutile de chercher des "homosexuels" ou des "hétérosexuels" dans les sociétés antiques grecque et romaine, car elles ne connaissaient pas le dispositif social, médical, psychiatrique, scientifique et législatif qu'est la sexualité dans nos sociétés actuelles* », explique Sandra Boehringer, qui dirige l'opération « Normes, genre et sexualité » au sein du laboratoire Archéologie et histoire ancienne : Méditerranée-Europe (Archimède)<sup>2</sup>.

Autre exemple, l'anthropologie qui, jusqu'aux années 1970 en France, était androcentrée et souvent aveugle à l'observation des rites propres aux femmes en tant qu'acteurs sociaux qui comptent, comme en témoigne une célèbre citation de Claude Lévi-Strauss<sup>3</sup>. « *Or comment concevoir une étude de "l'homme" sans étude des femmes ?*



### De quoi parle-t-on ?

Le genre, c'est ce que la société dicte comme relevant du féminin (le rose, les robes...) ou du masculin (le bleu, les revolvers en plastique...). Tandis que les sexes sont définis par la biologie (chromosomes, hormones...). Les études de genre sont nées aux États-Unis dans les années 1960. Elles consistent notamment à décrypter les confusions entre sexe et genre. Ainsi, les filles ne sont pas biologiquement « prédestinées » à aimer le rose. Ce n'est qu'un stéréotype de genre, une construction sociale.

interroge Anne Berger, directrice du nouvel Institut du genre<sup>4</sup>, créé à l'initiative de l'Institut des sciences humaines et sociales du CNRS (INSHS). *En philosophie, les études de genre revisitent les grandes questions : la place du corps, son rapport avec le psyché, le rôle du langage... Tandis qu'en biologie elles permettent notamment d'interroger la notion de binarité sexuelle. La biologiste Anne Fausto-Sterling a ainsi essayé de montrer, à partir de son travail sur les intersexes, qu'il n'y a pas deux sexes, mais... cinq.* » En médecine, il est fondamental de ne plus prendre pour seule référence le corps masculin, considéré comme universel. Et cela, à la fois dans la recherche médicale (dans

l'expérimentation, le sexe du chercheur et celui de l'animal comptent), et dans les traitements (médicaments, etc.) (*lire p. 34*). En géographie, enfin, une étude récente propose de prendre en compte le genre (*lire l'encadré p. 33*).

La Mission pour la place des femmes au CNRS publie ce mois-ci, en collaboration avec l'INSHS, un recensement afin de mieux connaître et rendre visible les études de genre en France. Réalisé par la sociologue Sibylle Schweier, il montre que ces travaux mobilisent 2 000 chercheurs, dont trois quarts de femmes, et 180 équipes. « *Un quart des ...*

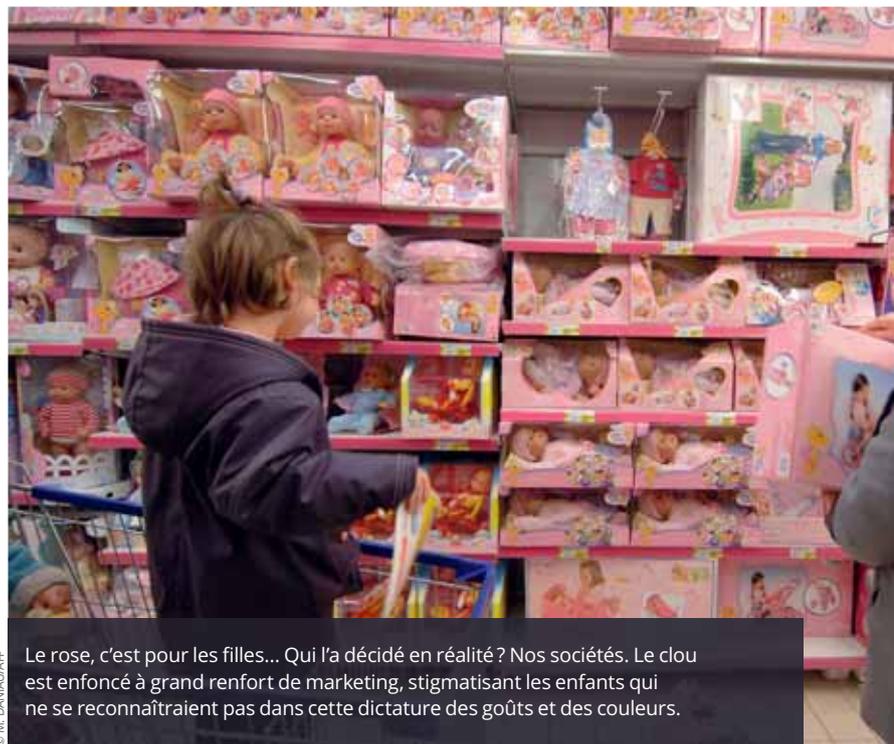
1. Unité CNRS/EHESS. 2. Unité CNRS/Univ. de Strasbourg/Univ. de Haute-Alsace/MCC/Inrap. 3. « *Le village entier partit [...], nous laissant seuls avec les femmes et les enfants dans les maisons abandonnées.* », « Contribution à l'étude de l'organisation sociale des Indiens Bororo », *Journal de la Société des américanistes*, 1936, n° 28, p. 283. 4. CNRS/Universités.



Lire le billet de Sandra Laugier  
« Le genre, c'est de la science »  
sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

# 2000

scientifiques et  
180 équipes travaillent  
actuellement sur  
le genre en France.



© M. DONALD/ARF

Le rose, c'est pour les filles... Qui l'a décidé en réalité? Nos sociétés. Le clou est enfoncé à grand renfort de marketing, stigmatisant les enfants qui ne se reconnaîtraient pas dans cette dictature des goûts et des couleurs.

... répondants sont des doctorants (540 thèses), ce qui traduit la vitalité de ces recherches », souligne ainsi Lola Gonzalez-Quijano. On a vu, par exemple, le développement des travaux sur les sexualités. » Si, en 2000, le premier recensement sur ces études évoquait déjà 400 cours, le genre figure aujourd'hui comme enseignement optionnel dans de nombreux cursus disciplinaires, à l'Université et dans les



© B. TESSIER/REUTERS

Février 2014, à Paris. Ces manifestants se trompent : il n'existe pas de « théorie du genre », uniquement des études qui tiennent compte de la notion de « genre ».

## Pourquoi tant d'incompréhension ?

Des discours et des actions anti-genre virulents ont, ces derniers mois, agité la place publique. Pour comprendre cette étonnante réaction, « il faut d'abord la replacer dans le contexte politique récent, notamment celui de la loi sur le mariage homosexuel, explique Anne Berger, directrice du nouvel Institut du genre. Comme c'est sur le terrain sociétal, et non économique, que le gouvernement a agi, c'est sur ces questions culturelles que se sont cristallisées les dissensions. »

Mais les études de genre sont aussi perçues comme subversives. Car elles remettent en question les modèles traditionnels de masculinité et de féminité qui sous-tendent la hiérarchie entre les sexes. Pour la chercheuse Lola Gonzalez-Quijano, présidente d'Efigies, association de jeunes chercheurs en études féministes, genre et sexualité, « ces détracteurs n'ont pas envie

d'entendre que certains déterminismes apparents dépendent de facteurs culturels bien plus que de causes biologiques ». Sans compter que les études de genre contribuent de facto à accroître l'égalité sociale entre hommes et femmes. Ainsi, « leur extension dans le cadre universitaire et leur reprise par la société civile ont engendré de profonds changements dans la société française, tels que, pour n'en prendre que deux exemples, la mise en œuvre de politiques de prévention des violences envers les femmes ou la lutte contre les inégalités professionnelles », illustre la sociologue Natacha Chetcuti, associée au Cresppa<sup>5</sup>, dans le Livre blanc que vient de leur consacrer l'Association nationale des études féministes.

**Le Genre dans l'enseignement supérieur et la recherche. Livre blanc. La Dispute, coll. « Le genre du monde », janvier 2014, 226 p., 20 €**

5. Centre de recherches sociologiques et politiques de Paris (CNRS/Paris-VIII/Univ. Paris-Ouest). 6. <http://petitionpublique.fr> 7. Laboratoire Aménagement, développement, environnement, santé et sociétés (Unité CNRS/Univ. Bordeaux-Montaigne/Univ. de Bordeaux).



© PLANPICTURE/APPLY PICTURES



Nos espaces urbains sont souvent construits par et pour des hommes.

grandes écoles ; six masters et deux diplômes interuniversitaires lui sont dédiés. En 2010, l'Institut de sciences politiques de Paris a inauguré un enseignement « genre » obligatoire (Presage). En termes de recherche, l'Institut Émilie-du-Châtelet, fédération d'établissements scientifiques dont le CNRS, financé par le conseil régional d'Île-de-France depuis 2006, promeut ces travaux, via, entre autres, des actions de communication (colloques, etc.) et de financement (allocations doctorales et post-doctorales). Et au CNRS, justement, l'Institut du genre a vocation à soutenir et à valoriser ces études sur tout le territoire national.

### Des recherches à promouvoir

Pourtant, l'institutionnalisation des études de genre reste fragile. Et c'est pourquoi « 15 000 personnes, dont de nombreux chercheurs, enseignants ou étudiants, ont réagi à ces attaques contre l'école publique et la mise en cause de la légitimité scientifique de ces études en signant la pétition "Le genre, la recherche, l'éducation : la bonne rencontre"<sup>6</sup> », explique Sandra Boehringer, l'une de ses initiatrices, maîtresse de conférences à l'université de Strasbourg. Une institutionnalisation fragile, car récente. « C'est d'ailleurs un paradoxe, car la France a fait partie des premiers pays, avec les États-Unis et l'Angleterre, à faire entrer les études de genre à l'Université ! Le premier doctorat en études féminines a ainsi été créé à Paris-VIII en 1974 », précise Anne Berger.

Mais ensuite, malgré un certain nombre d'initiatives (dont le Centre d'enseignement, de documentation et de recherches pour les études féministes), le retard s'est creusé « tandis que les programmes de women's studies ont très vite essaimé aux États-Unis dans 600 universités, puis se sont normalisées, en Angleterre, en Australie, en Inde... » Les raisons ? « En France, à cause de l'idéologie républicaine, on considèrerait ces études comme particularistes. Alors que les questions de conception des ...

## Une ville faite pour les garçons

EXTRAITS DU BILLET DU GÉOGRAPHE YVES RAIBAUD<sup>7</sup>

« [...] Une de nos études montre que les filles décrochent à partir de la classe de 6<sup>e</sup> des activités de loisir sportif, culturel ou généraliste proposées par les municipalités ou les associations mandataires. Tandis que se met en place une offre de loisir se disant neutre, mais qui est en réalité destinée aux garçons (skateparcs, citystades, activités liées aux « cultures urbaines », etc.). Tout simplement parce que, même si le foot et le skate ne sont pas réservés aux garçons, il faut reconnaître que les pratiques sont consacrées par l'usage. Pour justifier ces inégalités dans le financement des loisirs publics, les élus et les responsables municipaux rappellent souvent que leur objectif principal est de canaliser la violence des jeunes dans des activités positives, sans avoir besoin de préciser que ceux qui « posent problème » sont les garçons.

« [...] Nous préconisons de mettre en place des dispositifs d'observation et d'évaluation des politiques publiques sous l'angle du genre. [...] Le gender budgeting permet aux municipalités de prendre conscience de l'injuste redistribution de l'offre publique de loisirs. [...] Nous invitons les municipalités à réfléchir aux lieux d'accueil collectifs pour adolescents afin que les filles en retrouvent l'usage lorsqu'ils sont accaparés par des collectifs de jeunes garçons, ce qui produit du virilisme, du sexisme et de l'homophobie. [...] Un label récompensant les ambiances urbaines réussies sous l'angle des rapports sociaux de sexe pourrait être stimulant pour une démarche qualité, remarquant les villes qui offrent un bon coefficient de mixité dans les espaces publics, de jour comme de nuit, mais aussi un fort degré d'appropriation des affaires de la Cité par les femmes. »



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



... différences de sexes, de hiérarchie entre les sexes, de sexualité, concernent tout le monde », poursuit-elle. Sans compter que nombre de ces études sont menées par les femmes, dont les carrières professionnelles rencontrent des résistances profondes. Résultat, les études de genre se sont disséminées dans chaque discipline, ce qui a contribué à leur manque de visibilité. Dans l'Hexagone, de surcroît, les choses doivent venir « du haut » – des instances de l'État – pour être considérées comme légitimes. Et c'est pourquoi l'engagement du CNRS est primordial.

### Un besoin de structures pérennes

Car si les études de genre sont actuellement portées par une volonté scientifico-politique, cela pourrait changer. Elles ont donc besoin de structures pérennes : « *Nous essayons en ce moment de créer une Unité mixte de recherche genre, ajoute Anne Berger. Il serait bien également qu'au Conseil des universités soit créée une section genre à part entière.* » Et cela, notamment, pour que les jeunes chercheurs puissent accéder à des postes. « *Un des moyens d'institutionnaliser ces études consiste à faire une place à celles et ceux qui ont choisi de se former spécifiquement sur le genre* », conclut Lola Gonzalez-Quijano. Elle souligne, enfin, l'influence de l'Europe : « *Dans le cadre du programme Horizon 2020, l'Union européenne propose des financements pour l'intégration de la dimension du genre dans les projets de recherche, de manière transversale* » ou pour des réformes qui promeuvent l'égalité entre femmes et hommes (recrutement, promotion, etc.) dans les institutions de recherche, comme c'est le cas du programme Egera, lancé le 20 mars à l'Institut de sciences politiques<sup>8</sup>. Sur le même sujet, citons aussi le projet Integer<sup>9</sup>, lancé il y a trois ans et porté par le CNRS. Si les difficultés perdurent, donc, c'est un bel horizon qui s'ouvre pour ces précieuses études. ■ S. A.

**Les études de genre se sont disséminées dans chaque discipline, ce qui a contribué à leur manque de visibilité.**

# Les sciences du vivant ont aussi besoin du genre

Autant, sous nos latitudes, les sciences humaines et sociales (SHS) intègrent depuis des années la notion de « genre », autant les sciences du vivant (SDV) condamnent encore ce concept à la portion congrue. Or « *considérer sexe et genre dans la recherche n'a pas pour seul but d'obtenir une société plus égalitaire entre hommes et femmes, mais aussi d'obtenir une meilleure recherche scientifique* », souligne Donna Mergler, professeur émérite de biologie à l'université du Québec, à Montréal. Cette situation est d'autant plus regrettable qu'aux États-Unis et en Europe du Nord « *le binôme SDV-genre est mis à contribution dans de multiples domaines, ce qui explique que les publications internationales sur le genre en clinique, en santé et en biologie émanent pour l'instant de pays étrangers* », renchérit Anne-Marie Devreux, du Cresppa, coresponsable scientifique du Défi Genre lancé par la Mission pour l'interdisciplinarité du CNRS en 2012.

Mais d'abord, encore faut-il s'entendre sur les mots. C'est que la plupart des biologistes, quand on leur dit « genre », comprennent « sexe ». Or « *sexe et genre ne sont pas des termes interchangeable*, insiste pour sa part Françoise Moos, de l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives du CNRS et experte scientifique à la Mission pour la place des femmes de l'organisme. *Le sexe est une qualité biologique, le genre un processus socioculturel* », qui régit les divisions du pouvoir, du travail... au sein d'un groupe humain. Autrement dit, le sexe désigne l'ensemble des caractéristiques qui permettent la reproduction, et le genre, le fait que les comportements des hommes et des femmes sont le résultat de processus sociaux.

Une recherche « genrée » en sciences biologiques doit, par conséquent, a minima, s'interroger sur l'incidence des différences de sexe biologique et l'influence du sexe social sur les expériences et les résultats. Pour les biologistes, la tentation est forte de ne choisir qu'un

8. [www.programme-presage.com](http://www.programme-presage.com) 9. [www.cnrs.fr/mission-femmes/integer](http://www.cnrs.fr/mission-femmes/integer) 10. Les données statistiques indiquent le contraire : plus de femmes meurent de MCV entre 30 et 75 ans (Source : M.-J. Saurel-Cubizolles et al., « Social inequalities in mortality by cause among men and women in France », *J Epidemiol Community Health*, mars 2009).



seul sexe comme modèle expérimental, en général le sexe masculin. Et ce pour une raison simple : le sexe mâle est considéré comme plus stable, car permettant de s'affranchir des problèmes liés aux variations cycliques des hormones sexuelles de la femelle. Pourquoi renoncer à ce choix si pratique ? Parce que les travaux ainsi effectués conduisent à extrapoler à l'ensemble de la population les conclusions propres à un seul sexe. Et à produire « *une science éborgnée* », selon l'expression de Donna Mergler. Généraliser aux deux sexes des mécanismes étudiés chez un seul, plaide Françoise Moos, « *fausse les résultats de nombreux travaux et ne contribue pas à faire une science plus exacte et plus innovante* », comme le montrent les expériences relatives aux maladies cardiovasculaires (MVC).

### Les femmes, grandes oubliées des essais cliniques

De fait, les femmes sont exclues de la plupart de ces essais, au prétexte que les MCV frappent en priorité les hommes<sup>10</sup>. Résultat, « *les données obtenues chez les hommes sont transposées aux femmes alors que ces maladies, chez celles-ci, se présentent différemment*, argumente Françoise Moos. *Les symptômes, notamment, se manifestent sous la forme de mal de dos, de fatigue... Du coup, cela trompe souvent les médecins généralistes qui adressent des femmes proches de la crise cardiaque à un kiné ou un psy plutôt qu'à un cardiologue. Et cette prise en charge thérapeutique moins satisfaisante explique pourquoi les maladies cardiovasculaires constituent la première cause de mortalité féminine en France avant le cancer* ».

La sensibilité à la douleur s'avère un autre champ de recherche où scruter les interactions entre sexe et genre insuffle un « plus » indéniable. De fait, des facteurs non biologiques retentissent sur la tolérance à la douleur : par exemple, le niveau socioculturel ou l'appartenance ethnique. Mais les différences entre hommes et femmes, en la matière, ont aussi un fondement biologique lié, entre autres choses, aux hormones sexuelles. Et l'on ...



Lire « Ces recherches qui tiennent compte du genre » sur les lauréats du Défi Genre sur [lejournal.cnrs.fr](http://lejournal.cnrs.fr)

## En prison, le genre féminin nuit gravement à la santé

Et si l'organisation sociale de la prison, en particulier le fait que les hommes représentent 96 % des détenus, avait des conséquences directes sur la santé des femmes incarcérées ? C'est ce que pense Marie-Pierre Moisan, du laboratoire Nutrition et neurobiologie intégrée, lauréate du Défi Genre. Depuis deux ans, elle travaille avec un médecin et une sociologue sur le cas particulier de la maison d'arrêt de Seysses, au sud de Toulouse, où des hommes et un petit groupe de femmes sont incarcérés. La chercheuse dresse un état des lieux peu reluisant : la trentaine de femmes suivies dans le cadre de cette étude accusent une forte prise de poids accompagnée de troubles anxio-dépressifs sévères. « *L'une des explications est qu'elles pratiquent très peu d'activités physiques, contrairement aux hommes. Étant peu nombreuses, elles ne sont pas prioritaires pour utiliser les installations sportives – n'oublions pas que les hommes et les femmes ne doivent jamais se mélanger en prison – et y sont moins incitées. De plus, les repas distribués sont les mêmes pour les hommes et les femmes et ne tiennent pas compte des spécificités de ces dernières, notamment leurs plus faibles besoins caloriques*, indique la neurobiologiste, que ces premières recherches sur le genre ont passionnée. *C'est une problématique dont je tiendrai compte plus systématiquement dans mes travaux sur le stress et ses conséquences pathologiques, par exemple dans l'obésité de l'enfant.* » L. C.



Début du xx<sup>e</sup> siècle. Si les ouvrières américaines ont plus de plomb dans le sang que les ouvriers, ce n'est pas à cause d'une plus grande « susceptibilité » mais d'une plus grande exposition.

© UNDERWOOD & UNDERWOOD/CORBIS

... constate des différences sexuées dans les types de pathologies douloureuses : la migraine touche plus les femmes, la goutte davantage les hommes.

#### Le stress : une question d'hormones et d'éducation

Même chose au sujet des maladies liées au stress, dont certaines ont une plus forte prévalence chez les femmes (dépression, anxiété...), tandis que d'autres s'avèrent plus fréquentes chez les hommes (affections coronariennes, addictions...). Là encore, « des facteurs biologiques et sociaux interagissent pour expliquer ces différences, intervient la neurobiologiste Marie-Pierre Moisan, du laboratoire Nutrition et neurobiologie intégrée, à Bordeaux. Côté biologie, la principale hormone du stress (le cortisol) est augmentée par les œstrogènes (principales hormones sexuelles féminines) et diminuée par la testostérone (principale hormone sexuelle masculine) ». Mais l'éducation intervient elle aussi dans la réactivité au stress. Une étude menée par Laura Stroud, de l'université Brown, aux États-Unis, montre ainsi que les hommes, souvent conditionnés à réussir professionnellement, sont plus sensibles à un stress faisant intervenir la performance au travail, alors que les femmes, dont la formation insiste davantage sur la valeur d'entraide, sont plus sensibles au rejet social.

Plus surprenant : les chercheurs en sciences du vivant auraient tout intérêt à faire cas du sexe biologique et de l'environnement « social » des animaux gardés en animalerie. Comment ? En s'attardant sur quelques points clés.

## Le sexe de l'expérimentateur influe sur les résultats des études biologiques réalisées sur les animaux.

Une expérience fait-elle appel à des mâles ou à des femelles ? Les animaux sont-ils opérés, auquel cas ils émettent des signaux chimiques de souffrance qui modifient l'état basal (c'est-à-dire en l'absence de stress) des autres animaux ? Quid des odeurs, du niveau sonore ?, etc. « Ces paramètres ne figurent jamais dans les publications bien qu'ils aient un impact sur les variables biologiques que l'on mesure », déplore Françoise Moos, avant de rappeler que le sexe de l'expérimentateur, que perçoivent les animaux, interfère également dans les résultats des tests et leur analyse<sup>11</sup>. Et que les cellules cultivées in vitro possèdent elles aussi un sexe et, selon qu'elles ont été prélevées sur des organismes mâles ou femelles, réagissent différemment aux produits pharmacologiques qu'on leur applique.

#### Les filles surexposées au tabagisme parental

Comme les biologistes, les chercheurs en santé-environnement s'intéressant notamment à la neurotoxicité des polluants gagneraient à recourir plus souvent aux concepts de sexe et de genre. Dès le début du xx<sup>e</sup> siècle, ce type d'outils a permis de mieux comprendre et pouvoir agir sur

les relations complexes qui gouvernent les rapports entre l'environnement et la santé humaine. Dans les années 1920-1930, des recherches ont par exemple montré que, dans l'industrie américaine, les femmes présentaient un taux de plomb dans le sang supérieur à celui des hommes. Et que cette différence provenait non pas d'une plus grande « susceptibilité » des femmes à ce métal, comme le pensaient les médecins de l'époque, mais du fait qu'elles occupaient des emplois sous-qualifiés qui les obligeaient à inhaler de grandes quantités de poussières de plomb. « Il est intéressant de faire le lien entre ces études d'il y a presque cent ans

et celles qui, aujourd'hui, permettent de mettre en lien l'exposition des femmes aux substances chimiques dans plusieurs industries et le cancer du sein », commente Donna Mergler. D'autres enquêtes, telles celles conduites en 2008 par Sam Pattenden, de la London School of Hygiene and Tropical Medicine, mettent en évidence que, si les filles sont plus sensibles que les garçons aux effets du tabagisme parental, ce n'est pas dû à une prédisposition biologique. Mais parce qu'elles restent plus confinées à la maison, où la pollution de l'air est plus forte. Un effet clairement imputable au genre, donc... || P. T.-V.

11. « Olfactory exposure to males, including men, causes stress and related analgesia in rodents », *Nature Methods*, publié en ligne le 28 avril 2014.

# EN ACTION



*Quand nos scientifiques planchent  
sur la pollution, le Soleil,  
les baleines à bosse, les virus géants,  
les systèmes complexes...*

ILLUSTRATION : S. MILLET, POUR CNRS LE JOURNAL

# Incubateur de complexité

**Innovation.** Depuis le 6 mars, les chercheurs franciliens disposent d'un nouveau lieu entièrement dédié à une science émergente mais en plein essor : l'étude des systèmes complexes.

PAR YAROSLAV PIGENET

« Hormis la plaque discrète apposée au rez-de-chaussée d'un bâtiment cubique perdu dans les grands ensembles du XIII<sup>e</sup> arrondissement de Paris, nul autre indice n'avertit le visiteur impromptu qu'il est bien arrivé au pied d'un nouveau laboratoire de pointe : l'Institut des systèmes complexes - Paris Île-de-France (ISC-PIF). Ce même visiteur devra encore gravir deux étages et traverser un open space rempli de jeunes chercheurs s'affairant sur leur console d'ordinateur pour obtenir la réponse aux deux questions qu'il se posait en arrivant : qu'est-ce au juste que des systèmes complexes, et pourquoi un institut leur est-il consacré ?

« Un système peut être qualifié de complexe lorsque la multitude des interactions locales entre les éléments qui le composent fait émerger de nouvelles propriétés globales, celles-ci pouvant, dans certains cas, rétroagir sur ces mêmes éléments, explique David Chavalarias, directeur de l'Institut. On peut, par exemple, étudier le cerveau sous l'angle de la neurologie, de la psychologie, voire de la psychanalyse, mais lorsqu'on l'étudiera en termes de systèmes complexes, on va s'intéresser aux liens entre structures locales et globales, comme la manière dont la structure

des connexions neuronales permet d'engendrer des phénomènes de synchronisation pouvant correspondre à des traitements cognitifs de haut niveau. » L'ISC-PIF catalyse ainsi de nombreuses recherches interdisciplinaires, qu'il s'agisse d'étudier une loi mathématique liant abstention électorale et taille des communes, de visualiser, modéliser et simuler le développement embryonnaire du poisson zèbre, ou encore d'analyser en masse les références bibliographiques scientifiques pour établir des arbres généalogiques des thèmes de recherche, voire des cartographies de controverses.

Fondé en 2005 mais récemment installé au 113, rue Nationale, l'ISC-PIF est en France l'un des deux instituts pionniers (avec l'Institut rhône-alpin des systèmes complexes) autour desquels s'est constituée la communauté nationale et européenne travaillant sur les systèmes complexes. Porteur d'un Groupement d'intérêt scientifique dans lequel seize EPST<sup>1</sup> et universités sont actuellement impliqués, il est devenu en 2014 une Unité propre de service du CNRS.

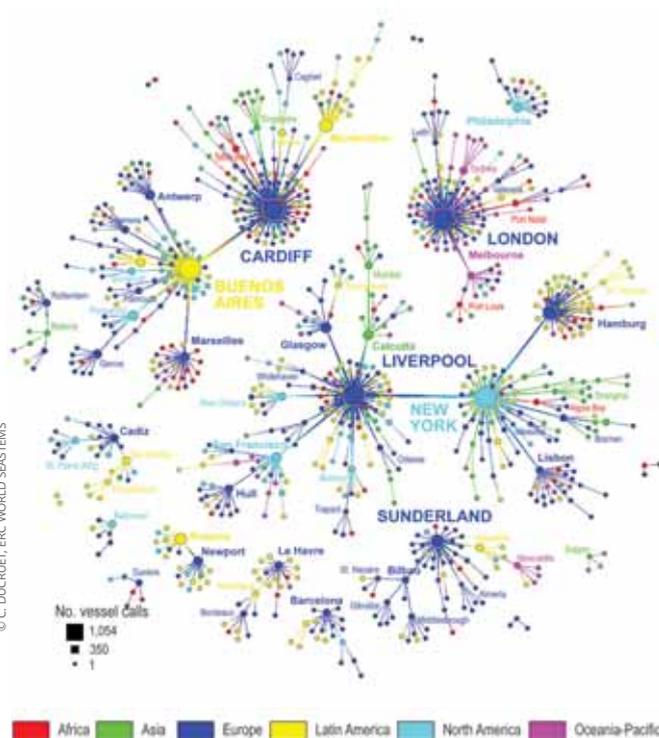
L'ISC-PIF a une double mission. D'une part, il anime un réseau régional regroupant tous les acteurs académiques ou privés concernés. Il coordonne notamment un des

1. Établissements publics à caractère scientifique et technologique. 2. Développé en partenariat avec l'ERC GeoDiverCity.



» [www.iscpif.fr](http://www.iscpif.fr)

## Deux projets menés à l'Institut des systèmes complexes



### World Seastems

Soutenu et financé à hauteur de 1,5 million d'euros par le Conseil européen de la recherche, le projet World Seastems vise à quantifier, à analyser et à cartographier l'évolution des échanges commerciaux maritimes depuis trois siècles. Il s'appuie sur les informations publiées par le journal *Lloyd's List*, qui référence depuis 1734 les escales des navires commerciaux.

Une masse de données qui n'avait jusqu'ici jamais été exploitée de manière exhaustive. L'objectif du projet est d'abord d'établir une cartographie dynamique des flux commerciaux maritimes ; ensuite d'analyser, à l'aide d'outils mathématiques tels que la théorie des graphes et des réseaux complexes, les relations – locales comme globales – entre l'évolution du réseau interportuaire et les changements socio-économiques qui ont marqué la période.

>> [www.world-seastems.cnrs.fr](http://www.world-seastems.cnrs.fr)

► Carte du réseau mondial des flux commerciaux maritimes en 1890.



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

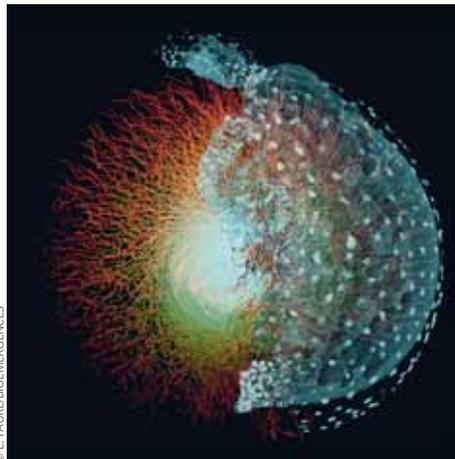
### BioEmergences

Associée à l'ISC-PIF, BioEmergences est une plateforme qui a pour but de reconstruire et de simuler, à toutes les échelles (cellules, tissus, organes, organismes), la dynamique des processus biologiques à partir de mesures *in vivo*. Ce cadre général requiert la conception et la mise au point de techniques, de méthodologies et d'outils inédits permettant d'acquérir et d'interpréter des données en 3D en temps réel à tous les niveaux du vivant. Cette démarche doit conduire à une compréhension approfondie des systèmes biologiques, de leur fonctionnement et de leur évolution

dynamique, notamment lors du développement embryonnaire et de la formation des organes. Une connaissance indispensable aux progrès de la médecine qui était jusque-là difficile à acquérir à l'aide de la simple observation ponctuelle de capteurs isolés et découplés dans le temps.

>> <http://bioemergences.iscpif.fr>

► Vue d'artiste montrant l'évolution des lignages cellulaires de l'embryon de poisson zèbre.



seize Domaines d'intérêt majeur définis par la Région Île-de-France pour la période 2012-2015. D'autre part, il constitue un pôle visible à l'international sur les systèmes complexes. Il accompagne ainsi plusieurs projets européens et participe au développement de la Complex Systems Society, principale société savante dans ce domaine au niveau mondial.

« Ce tiers lieu mutualisé propose de multiples services et permet notamment à des chercheurs de développer leurs projets dans un environnement dynamique qui leur offre une grande visibilité », précise David Chavalarias. Il héberge des projets résidents sur des périodes allant d'une à quatre années et offre un environnement de travail comprenant espaces de co-working, salles de séminaires et ressources pour le calcul intensif et le traitement de données.

Car l'étude des systèmes complexes requiert des moyens spécifiques pour leur analyse et leur modélisation. L'ISC-PIF met à disposition des ressources pour le stockage et la fouille de données massives, le calcul intensif ou la visualisation de données complexes. Par exemple, grâce au logiciel OpenMole<sup>2</sup>, l'ISC-PIF permet à des non-experts de formuler des plans d'expériences sur des ressources de calcul distribuées (grilles et clusters) tout en bénéficiant de formations à son utilisation. II

# La pollution sous haute surveillance

TERRE

**Environnement.** Les récents pics de pollution l'ont rappelé de manière frappante : il y a urgence à lutter contre ce phénomène. Un programme de recherche vient d'être lancé à Paris pour cinq ans.

PAR LAURE CAILLOCE



© T. COBVAFF

Un zeppelin, tel celui-ci survolant le Sacré-Cœur, doit effectuer des mesures de la pollution dans le ciel parisien.

Mesurer avec précision la pollution urbaine et évaluer son impact direct sur la santé des habitants : tels sont les buts de la chaire de mécénat inaugurée le 8 avril par l'université Pierre-et-Marie-Curie, PSA Peugeot Citroën et Renault. Consacrée plus précisément à la « Mobilité et qualité de vie en milieu urbain », elle revendique sa totale indépendance scientifique : « Si les constructeurs automobiles ont contribué à définir les objectifs de ce projet qu'ils financent à hauteur de 1,5 million d'euros, ils ne sont pas directement impliqués dans les travaux de recherche et n'auront pas de droit de regard sur les articles

publiés par les chercheurs », précise d'emblée Laurence Eymard, directrice de recherche au CNRS chargée de la coordination des activités scientifiques de la chaire.

#### Recueillir des données inédites

Le programme de recherche, qui implique cinq laboratoires et doit durer cinq ans, se veut particulièrement ambitieux. Premier volet : réunir un jeu de données inédit sur la pollution de Paris, la ville « laboratoire » choisie pour mener ces travaux. « Nous voulons aller au-delà de ce que fait un organisme comme Airparif, en regardant ce qui se passe à l'intérieur des

quartiers : quelles sont les sources de pollution (voitures à essence et diesel, chauffages, etc.), comment les polluants se disséminent, non seulement d'une rue à l'autre, mais aussi en hauteur, entre le sol et les derniers étages des immeubles », indique Laurence Eymard. Pour ce faire, des mesures seront effectuées dans deux quartiers de Paris, en continu et lors de campagnes de mesures ciblées.

#### Évaluer l'impact sur la santé

Second volet : déterminer l'impact des polluants mesurés sur la santé des habitants. Des suivis individuels vont être mis en place afin d'évaluer précisément le niveau de pollution auquel chaque individu est exposé. Près de 200 volontaires, enfants et adultes, vont être équipés de capteurs, et des mesures seront réalisées en temps réel au domicile et dans les salles de classe. Des personnes souffrant d'allergies et de maladies respiratoires seront également suivies. Plus original : la pollution sonore et son impact seront évalués et modélisés dans les mêmes conditions expérimentales que pour la pollution atmosphérique. La toute première initiative de la chaire aura pourtant lieu... dans les airs. Des capteurs de pollution vont embarquer à bord d'un ballon dirigeable qui sillonnera le ciel de Paris entre juin et octobre 2014 dans le cadre du projet Eurosentinelle. ||

## Gros succès pour la 10<sup>e</sup> édition des Masterclasses internationales

Fin mars et début avril, plus de 10 000 lycéens d'une quarantaine de pays, dont 1 500 lycéens français, ont participé à la 10<sup>e</sup> édition des Masterclasses internationales. Organisé chaque année depuis 2005, ce programme pédagogique a pour but de faire découvrir, l'espace d'une journée, la vie d'un chercheur en physique des particules. Cette année, les apprentis physiciens ont pu analyser, au sein de l'un des onze laboratoires du CNRS participants et du CEA/Irfu, de vraies données enregistrées sur le collisionneur LHC du Cern. « À la fin de chaque session, une vidéoconférence est organisée depuis le Cern afin de leur permettre de comparer leurs résultats et d'en discuter – en anglais – comme le font les chercheurs », explique Nicolas Arnaud, membre du Laboratoire de l'accélérateur linéaire, à Orsay, et coordinateur du projet pour l'Institut de physique nucléaire et de physique des particules. De quoi, sans aucun doute, inspirer des vocations...



© D. LONGIERAS, LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE, 2014

▼ Chaque année, 10 000 lycéens de 40 pays participent aux Masterclasses internationales.



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



### 3 questions à Xavier Morise, directeur du bureau du CNRS à Washington

PROPOS RECUEILLIS PAR CLAIRE DEBÔVES

#### Quel est le rôle du bureau du CNRS à Washington ?

Le bureau est la tête de pont du CNRS en Amérique du Nord, région couvrant les États-Unis, le Canada et le Mexique. Il joue un rôle important dans la promotion de l'expertise de l'organisme et dans le déploiement de sa politique internationale. Nous contribuons, entre autres, au rapprochement des acteurs, à l'émergence de partenariats et au suivi des coopérations structurées. Nous effectuons aussi un important travail de veille scientifique et technologique.

#### Concrètement, quelles sont les actions menées sur place par le CNRS ?

Dans cette région, le CNRS est le principal acteur français de la coopération scientifique. Notre dispositif repose, entre autres, sur douze Unités mixtes internationales (UMI) et une Unité mixte des Instituts français de recherche à l'étranger (Umifre) au Mexique, ainsi que sur une vingtaine de Laboratoires internationaux associés (LIA). Le nombre de missions de chercheurs du CNRS dans la zone, qui s'élevait à plus de 8 000 en 2012, traduit également l'intensité de cette coopération qui embrasse la quasi-totalité des thématiques couvertes par le CNRS.

#### Comment procédez-vous pour favoriser de nouvelles coopérations scientifiques ?

Avant tout, et au-delà de la promotion de l'expertise du CNRS, nous nous mettons à l'écoute de partenaires potentiels. Les rencontres à haut niveau permettent également de semer les graines de collaborations, comme ce fut le cas cet automne lorsque le président du CNRS, Alain Fuchs, est venu à San Diego et à Tucson. De même, lors du déplacement au Mexique du directeur général délégué à la science, Joël Bertrand, nous avons repéré des pôles d'excellence où plusieurs laboratoires sont demandeurs de nouvelles coopérations. Le dispositif des UMI suscite notamment beaucoup d'intérêt. À cet égard, l'ouverture en 2012 de l'UMI MSE au Massachusetts Institute of Technology (MIT) a eu un fort impact en termes d'image.

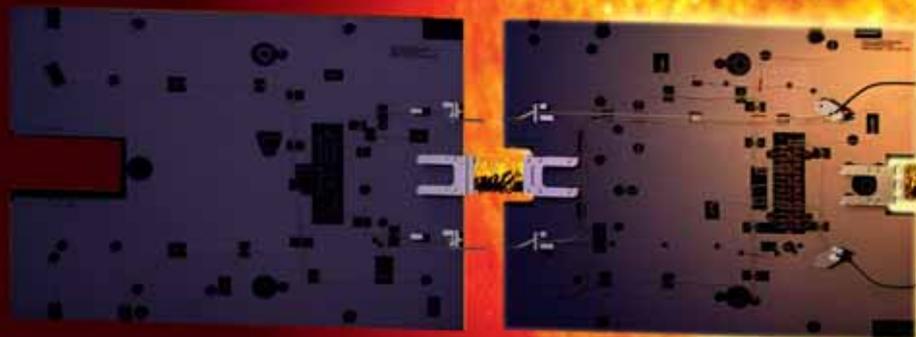
# Picard, sous le Soleil exactement...

La mission du satellite Picard, ainsi baptisée en l'honneur de l'astronome français Jean Picard, est arrivée à son terme le 4 avril. Lancé en juin 2010, ce satellite est le fruit d'une collaboration entre le CNRS, le Cnes, l'Institut royal de météorologie (Belgique) et l'Observatoire de Davos (Suisse). L'un de ses objectifs principaux était de comprendre l'influence des variations de taille et d'activité du Soleil sur le climat terrestre.

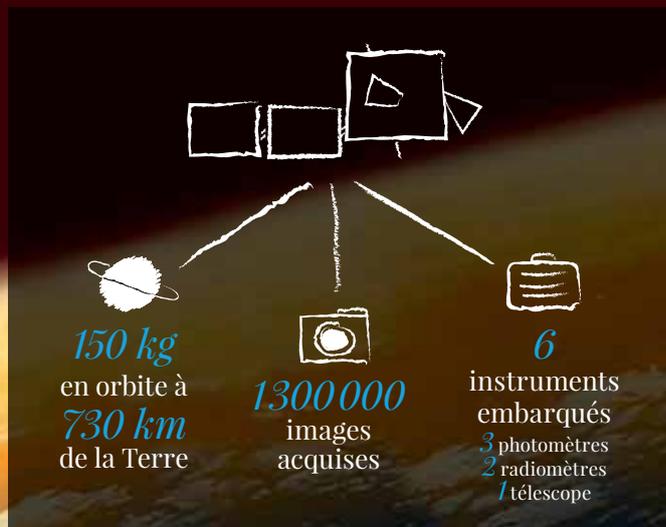
PAR YAROSLAV PIGENET



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



## Le satellite



## Les

Rayon du Soleil  
**696 164 km**  
soit  
**109 fois**  
le rayon terrestre

+/- **0,005%**  
de variation sur  
un cycle solaire  
de onze ans



*premiers résultats*



Énergie  
radiative  
transmise  
à la Terre  
**1362 W/m<sup>2</sup>**



**+/- 0,1%**  
de variation sur  
un cycle solaire

Vidéo



© CNRS IMAGES

SOCIÉTÉS

## Concert à l'âge de pierre

Pendant un siècle, les paléontologues ont pris ces pierres polies pour des piliers, jusqu'à ce qu'ils s'aperçoivent qu'il s'agissait en fait d'instruments de musique au timbre de cloche. Pour fêter cela, ils ont organisé, le 22 mars, avec la complicité des musiciens de l'Orchestre national de France, un concert au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris. Dans cette vidéo en ligne sur le site du journal, le paléomusicologue Erik Gonthier nous parle de cette découverte dont il est à l'origine.



➤ Visionner la vidéo  
sur [lejournald.cnrs.fr](http://lejournald.cnrs.fr)

## Trois nouvelles collaborations internationales

Le CNRS et la National Science Foundation ont signé en février un accord associant l'organisme français au programme Partnership in International Research and Education (Pire). Celui-ci soutient des projets internationaux interdisciplinaires visant à favoriser l'adaptation aux changements environnementaux, sociaux et culturels.

Par ailleurs, pour renforcer leur collaboration dans le domaine de l'écologie et de la biologie évolutive marine, le CNRS, l'UPMC et deux universités chiliennes ont signé en mars une convention créant une Unité mixte internationale. Nommée Ebea, Evolutionary Biology and Ecology of Algae, cette nouvelle structure est centrée sur l'écologie, l'évolution et la génomique des algues marines.

Le CNRS a également signé en mars un protocole avec l'université de Melbourne, en Australie. Il s'accompagne d'un appel incitatif à projets qui permettra aux chercheurs des deux établissements d'identifier, d'initier et de développer des activités de recherche en collaboration. Ce nouveau programme soutiendra trois bourses par an pour les candidats des unités du CNRS.

# Le CNRS prend place à Singapour

PAR CHRISTELLE GERVASONI

**International.** Alors que Singapour est devenue en quelques années une plaque tournante de la science en Asie, le CNRS a décidé de renforcer sa présence sur place.

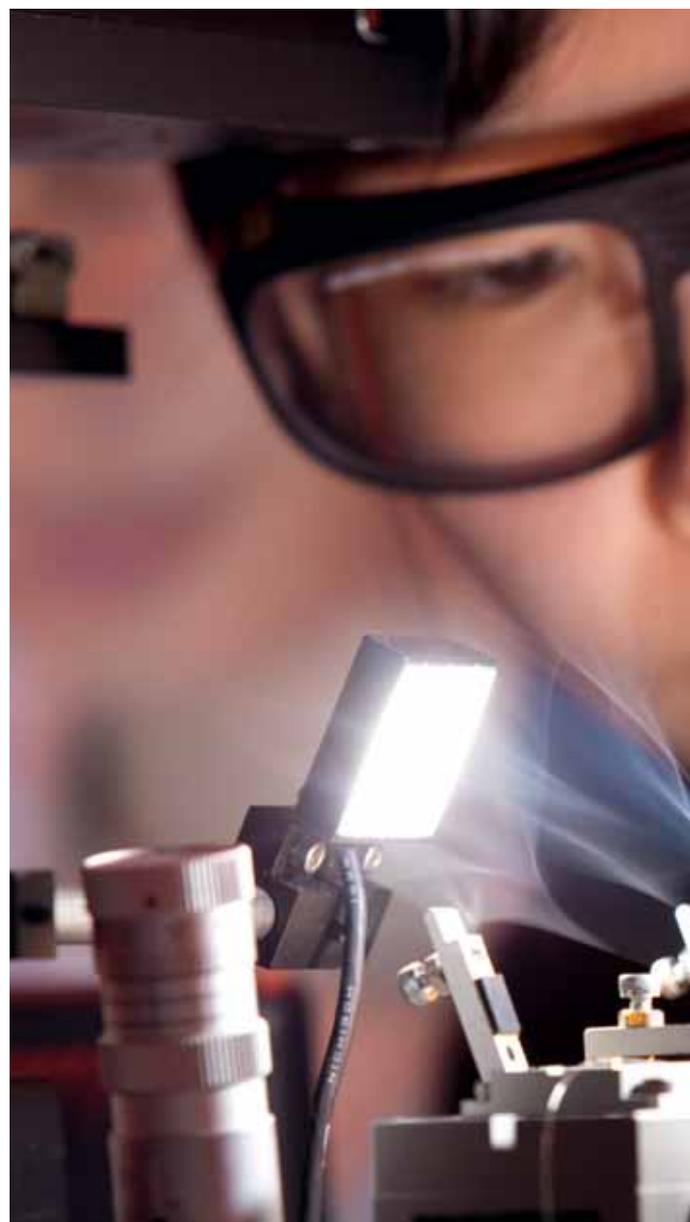
Charlotte sur la tête et masque sur le visage, un scientifique français plonge ses mains dans un dispositif de pointe pour collecter de précieux nano-fils. La scène se déroule à Singapour, et plus précisément à Cintra<sup>1</sup>, une Unité mixte internationale (UMI) du CNRS. Déjà très présent dans la cité-État, l'organisme français passe actuellement à la vitesse supérieure. « *Le CNRS a pris la décision d'y transférer son bureau de représentation pour la zone Asean [Association des nations de l'Asie du Sud-Est, NDLR] afin de renforcer sa visibilité sur la scène internationale,* explique Patrick Nédellec, à la tête de la Direction Europe de la recherche et coopération internationale de l'organisme. *Aujourd'hui, Singapour est incontestablement l'une des grandes plateformes mondiales où il faut être.* »

## L'essor fulgurant de la recherche

Mais comment ce petit État de quelque 5 millions d'habitants, certes idéalement situé au cœur de l'Asie du Sud-Est, s'est-il imposé comme un hub international attirant les meilleures institutions de la planète Recherche ? Comment est-il devenu, en quelques années seulement, une sorte d'eldorado pour scientifiques ?

La transformation prend racine dans les années 2000. Après avoir développé son secteur manufacturier dans les années 1990, le gouvernement singapourien décide de fonder sa croissance économique sur la recherche, l'innovation et l'entrepreneuriat. L'impulsion est d'abord financière : en quelques années, Singapour double son investissement consacré à la R & D pour atteindre environ 2,5 % du PIB. Et ce n'est pas fini : l'objectif est d'atteindre 3,5 % du PIB d'ici à 2015 ! Cet effort monumental aboutit notamment à la création d'infrastructures technologiques de pointe, concentrées en clusters. De leur côté, les deux principales universités locales figurent en bonne place dans les classements internationaux et proposent des cursus en partenariat avec les universités les plus renommées au monde.

« *Si Singapour est devenue une plaque tournante aussi spectaculaire en matière de recherche, ainsi qu'un*



*incubateur pour les scientifiques de haut niveau et pour les responsables R & D du monde entier, c'est aussi grâce à un choix judicieux de priorités scientifiques et technologiques », analyse Daniel Racoceanu, directeur de l'UMI Image Pervasive Access Lab (Ipal). Créés en 2009, les cinq Centres de recherche d'excellence (RCE) en sont l'illustration. Ceux-ci ont pour vocation d'attirer et de retenir des chercheurs de renommée internationale afin de*

1. CNRS International-NTU-Thales Research Alliance.

▲ Expérience sur des micro-fibres de silice réalisée à l'UMI Cintra.



© PROF. SHUM PING PERRY/CINTRA

## Les acteurs de la recherche à Singapour

Créée en 2006, la National Research Foundation, rattachée au bureau du Premier ministre et impliquant des personnalités internationales, a pour rôle principal de définir la stratégie du pays en matière de R & D dans des plans quinquennaux. Le dernier en date couvre la période 2011-2015 et est associé à un budget d'environ 9 milliards d'euros, avec une augmentation de 20 % par rapport au précédent plan. L'organisme coordonne, par ailleurs, les différentes agences gouvernementales et opérateurs de la recherche.

Parmi ceux-ci, l'Agency for Science, Technology and Research est le principal outil en matière de recherche appliquée, avec quatorze instituts organisés en deux clusters : Biopolis pour le secteur biomédical et Fusionopolis pour les sciences de l'ingénieur. Les laboratoires des deux principales universités, National University of Singapore et Nanyang Technological University, sont orientés vers la recherche plutôt fondamentale et couvrent un grand nombre de disciplines. La Singapore Management University se focalise sur la recherche en sciences humaines, et les cinq instituts polytechniques, sur de la recherche appliquée. Enfin, la Singapore University of Technology and Design, en partenariat avec le Massachusetts Institute of Technology, a ouvert ses portes en 2012 avec des programmes multidisciplinaires autour de l'ingénierie des systèmes et la conception de produits.

investissements privés et développer les recherches entre acteurs publics et industriels. Inauguré en 2012, le Campus for Research Excellence and Technological Enterprise (Create), constitué de dix centres, offre ainsi un espace de travail aux meilleures universités internationales et à des laboratoires privés travaillant en collaboration étroite avec les partenaires locaux. L'accent a été mis sur le développement de solutions répondant à des enjeux sociétaux tels que l'autonomie énergétique, le développement durable et la maîtrise de l'urbanisation.

### La Silicon Valley d'Asie

Pour compléter le tableau, Singapour a mis en place deux grandes initiatives pour soutenir sa croissance économique. D'une part, un ensemble de secteurs ont été définis comme prioritaires : les sciences biomédicales, les technologies de l'environnement et de l'eau, les médias numériques, les secteurs marins et offshore, celui des satellites et de l'espace, et enfin la cybersécurité. La cité-État se positionne aussi sur l'électronique et l'ingénierie de précision et des transports. D'autre part, le Cadre national pour l'innovation et l'entreprise attribue des moyens importants au transfert de technologie et à des incubateurs d'entreprises pour faciliter notamment la création de start-up. L'ambition est claire : faire de Singapour la Silicon Valley d'Asie. Quatre nouveaux ...

conduire des recherches fondamentales de très haut niveau. Et ce sur des thématiques allant de l'observation de la Terre à l'étude du cancer en passant par la physique quantique. On trouve plusieurs chercheurs du CNRS présents dans ces équipes.

Si une partie des programmes cible l'excellence académique, une autre vise clairement des résultats commercialisables à court terme. L'objectif : attirer des

... pôles d'innovation vont être soutenus financièrement autour du diagnostic médical, des technologies du langage et de la parole, des membranes, et enfin du secteur manufacturier des additifs.

Cette politique volontariste a fait de Singapour une plateforme qui intéresse actuellement de nombreux organismes de la planète. « *On assiste à une sorte d'effervescence démontrant un intérêt très fort de la communauté scientifique française pour Singapour*, explique Luc Le Calvez, directeur du bureau du CNRS pour l'Asean. *Nous voulons donc développer des partenariats institutionnels de mieux en mieux structurés pour offrir un cadre stratégique à ces collaborations.* »

*“La recherche de l'excellence a rendu les collaborations avec Singapour très exigeantes au niveau scientifique.”*



▼ L'UMI Ipal développe des outils d'assistance tel ce « lapin », utilisé comme interface pour les personnes âgées.

En la matière, l'organisme a pris de l'avance. Cela fait en effet longtemps que le CNRS investit de manière significative dans la zone Asean, et particulièrement à Singapour. Impliqué dans environ deux tiers des copublications franco-singapouriennes, l'organisme comptabilise même près de 1 000 missions de scientifiques dans la cité-État ces cinq dernières années. « *Notre stratégie d'investissement à l'international comporte un financement conséquent en ressources humaines, bien supérieur à un financement par projet plus classique* », précise Luc Le Calvez.

Ainsi, le CNRS a créé deux UMI avec les meilleurs instituts de recherche de Singapour. La première, Ipal, est née

en 1998 d'un partenariat entre le CNRS, l'université Joseph-Fourier, l'Agency for Science, Technology and Research (A\*Star) et la National University of Singapore (NUS), rejoints en 2011 par l'université Pierre-et-Marie-Curie et l'Institut Mines-Télécom. Y sont menées des recherches sur l'exploration et la compréhension des images biomédicales, ainsi que sur le développement d'outils intelligents pour assister les personnes diminuées mentalement ou visuellement. La seconde UMI, Cintra, a été créée en 2009 par le CNRS, Thales et la Nanyang Technological University (NTU), et se focalise sur les nanotechnologies et leurs applications en nano-électronique et en nanophotonique. Chaque UMI implique, selon les projets et les financements, entre 20 et 40 chercheurs, doctorants, postdocs ou scientifiques confirmés.

En novembre 2011, la coopération entre le CNRS et Singapour s'est encore renforcée avec la création de deux Laboratoires internationaux associés (LIA). D'une part, le LIA Cell Adhesion France Singapore, fruit d'un partenariat avec le RCE Mechanobiology de NUS. Et d'autre part, le LIA France-Singapore Quantum Physics and Information Laboratory, qui associe notamment le CNRS et le RCE Centre for Quantum Technologies de NUS. « *La recherche de l'excellence a rendu les collaborations avec Singapour très exigeantes au niveau scientifique*, témoigne Christian Miniatura, directeur de ce laboratoire. *Leur développement et leur succès constituent donc un véritable challenge.* » Celui-ci a visiblement été relevé, puisque ces deux laboratoires vont acquérir cette année le statut d'UMI. « *En nombre d'UMI, Singapour va ainsi devenir en 2014 le 2<sup>e</sup> pôle international du CNRS, derrière les États-Unis, aux côtés du Canada et du Japon* », précise Patrick Nédellec.

### Un nouveau bureau pour le CNRS

Enfin, le CNRS va ouvrir sur place un bureau de représentation. Sa vocation : animer et coordonner le réseau de l'organisme dans la zone Asean, et assurer l'accueil et le conseil de ses chercheurs. Il doit aussi permettre de mieux faire connaître l'organisme et ses activités, de faciliter le développement de relations pérennes avec les acteurs locaux et d'offrir une plateforme de portage pour les universités françaises qui souhaitent développer des collaborations scientifiques dans la région. « *En 2012, Singapour représentait déjà le 5<sup>e</sup> pays en matière d'investissements du CNRS, et pourrait devenir le 3<sup>e</sup> ex æquo avec le Canada pour les prochaines années, juste derrière les États-Unis et le Japon*, conclut Patrick Nédellec. *Je me réjouis des belles perspectives offertes à Singapour au CNRS pour promouvoir l'excellence de ses activités, se positionner comme acteur incontournable de la recherche et renforcer son rayonnement à l'international, tout en offrant un support institutionnel et opérationnel de haut niveau à ses chercheurs et partenaires.* » ■

# Graftys, le génie des os

PAR FUI LEE LUK

Longtemps, les patients souffrant d'ostéoporose ou ayant besoin d'implants dentaires n'ont eu d'alternative que de recourir à de lourdes opérations de greffe osseuse. Grâce aux biomatériaux mis au point par la société Graftys, des chirurgiens proposent désormais à leurs patients des interventions moins lourdes et permettant une cicatrisation accélérée de l'os. « *Les marchés dentaires et orthopédiques connaissent une croissance rapide en raison du vieillissement global de la population. Notre société entend bien croître avec eux* », indique Jean-Marc Ferrier, cofondateur de Graftys. La société a été créée en 2005 quand deux chercheurs spécialistes<sup>1</sup> des matériaux et trois hommes d'affaires se sont associés afin de développer un substitut aux greffes osseuses. Exploitée sous licence CNRS, l'invention a abouti au développement de céramiques poreuses et de ciments injectables qui se solidifient in situ une fois appliqués dans les anfractuosités osseuses. Ces matériaux sont ensuite progressivement remplacés par l'os naturel une fois colonisés par les cellules du patient. Les exportations vers l'Europe et l'Asie ont commencé en 2007, tandis qu'une succursale ouvrait en 2009 à Chicago afin d'investir le marché états-unien en pleine croissance. Aujourd'hui, Graftys compte 32 employés, exploite 8 brevets et réalise près de 95% de son chiffre d'affaires à l'export. Affichant une croissance de ses ventes de 3400% sur cinq ans, la société s'est vu décerner le prix Biotech & Health 2012 du Deloitte Technology Fast 50, qui récompense les firmes high-tech à croissance rapide. L'unité R&D de Graftys continue de collaborer avec le CNRS,



Injecté dans l'os, le ciment conçu par Graftys permet d'éviter la greffe.

notamment dans le développement de dispositifs médicaux permettant l'administration locale de principes actifs grâce à l'incorporation de ces derniers dans des ciments. Ainsi, un ciment combiné à une molécule antiostéoporose que l'on peut injecter dans la hanche ou dans les vertèbres doit être testé cliniquement en 2014. En s'attaquant à une pathologie dont les traitements coûtent chaque année près de 150 milliards d'euros, la solution proposée par Graftys comblera une lacune importante de l'arsenal thérapeutique « *quand une prévention systémique de l'ostéoporose ne peut être mise en œuvre efficacement* ».

1. Bruno Bujoli, du Ceisam (CNRS/Univ. de Nantes), et Jean-Michel Bouler, du Lioad (Inserm/Univ. de Nantes).

## Vidéo



SOCIÉTÉS ✦ VIVANT ○

## Le zoo des scientifiques

Après six ans de travaux, le Parc zoologique de Paris a rouvert ses portes au grand public le vendredi 11 avril. Les premiers milliers de visiteurs ont pu découvrir les cinq grandes zones géographiques et les seize milieux naturels qui structurent à présent le zoo. De nombreux scientifiques ont été impliqués dans cet immense chantier. Une trentaine de chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle et du CNRS ont, par exemple, été consultés en amont ; certains ont travaillé sur l'ensemble des panneaux pédagogiques. Dans cette vidéo à voir sur le site du journal, deux scientifiques associés à cette restauration, Guillaume Lecoindre et Pierre-Michel Forget, nous expliquent l'intérêt d'un tel lieu, notamment pour la conservation de certaines espèces.



▶ Visionner la vidéo sur [lejournalcnrs.fr](http://lejournalcnrs.fr)

# Un accord entre le CNRS et Pôle emploi

PAR LAURE CAILLOCE



**Le CNRS et Pôle emploi ont signé en avril un plan d'action national partagé.** Objectif : mieux accompagner les CDD en fin de contrat (il y a 8 000 personnes en CDD dans les laboratoires du CNRS), les aider à trouver rapidement du travail et améliorer la diffusion et la visibilité des offres d'emploi et campagnes de recrutement du CNRS sur le site Internet de Pôle emploi. Cet accord se déclinera localement par des partenariats sur mesure entre les délégations du CNRS et les antennes régionales de Pôle emploi.

« L'accord avec Pôle emploi comporte trois volets, décrit Emmanuel Méterreau, responsable des ressources humaines de la délégation Normandie du CNRS, qui a participé à l'élaboration du document : un volet accompagnement des CDD, un volet diffusion de nos offres et un volet axé sur la connaissance réciproque des réseaux CNRS et Pôle emploi afin de faciliter la coopération. » Concernant l'accompagnement des CDD, l'objectif est de diminuer la période de recherche d'emploi à la fin de leur contrat. « Sur ce point, chaque délégation CNRS sera invitée à conclure un partenariat avec les services locaux de Pôle emploi, précise Emmanuel Méterreau. Mais l'idée est que le contractuel accède facilement, si possible avant la fin de son contrat, à un accompagnement personnalisé par un conseiller Pôle emploi, comme cela se fait déjà à Grenoble ou en Normandie. »

Autre projet, la mise en ligne simultanée de toutes les offres d'emploi du CNRS sur son portail emploi et sur le site de Pôle emploi. À terme, les postes sur concours devraient aussi être diffusés. « Avant de brancher les deux systèmes d'information, il faut déjà parler le même langage », souligne Emmanuel Méterreau. Un vaste chantier d'harmonisation des référentiels métiers du CNRS et de Pôle emploi est donc en cours et devrait aboutir à la fin du printemps 2014. Enfin, la participation régulière du CNRS aux forums emploi organisés par Pôle emploi est également envisagée. ||



» <https://emploi.cnrs.fr/>  
» [www.pole-emploi.fr](http://www.pole-emploi.fr)

## EAUX SOUTERRAINES CARTOGRAPHIÉES

À l'aide d'une nouvelle méthode de mesure par satellite du niveau des nappes phréatiques, une équipe franco-brésilienne de chercheurs du CNRS et de l'Institut de recherche pour le développement est parvenue à cartographier pour la première fois les réservoirs d'eau souterrains de l'Amazonie. Ces cartes offrent un suivi des variations de la nappe sur cinq années. Elles constituent une source d'information essentielle sur la structure spatiale et temporelle de la nappe amazonienne. Elles permettent également de mieux comprendre les processus hydrologiques souterrains à grande échelle impliqués dans le cycle de l'eau, le cycle du carbone et le maintien de la biodiversité en Amazonie. L'eau souterraine demeurait en effet jusqu'alors une inconnue majeure dans les bilans.

## RECHERCHE ET ENTREPRISE

La délégation Île-de-France Est du CNRS et la Chambre de commerce et d'industrie du Val-de-Marne organisent sur le campus CNRS de Villejuif, le 5 juin à partir de 18 heures, la 5<sup>e</sup> édition des Rencontres CNRS de l'innovation en Val-de-Marne. La vocation de ces rencontres est de créer un lieu d'échange entre le monde de la recherche et celui de l'entreprise afin de mieux cerner le potentiel d'innovation de la région et de permettre d'identifier de nouveaux partenaires scientifiques. Cette année, Mickael Tanter, directeur de recherche CNRS et cofondateur des sociétés Séisme et Supersonic Imagine (entrée en Bourse en avril 2014), donnera une conférence sur le thème « De la physique fondamentale à l'innovation en médecine ».

» [www.dr3.cnrs.fr/spv/rencontres\\_innovation\\_2014.php](http://www.dr3.cnrs.fr/spv/rencontres_innovation_2014.php)

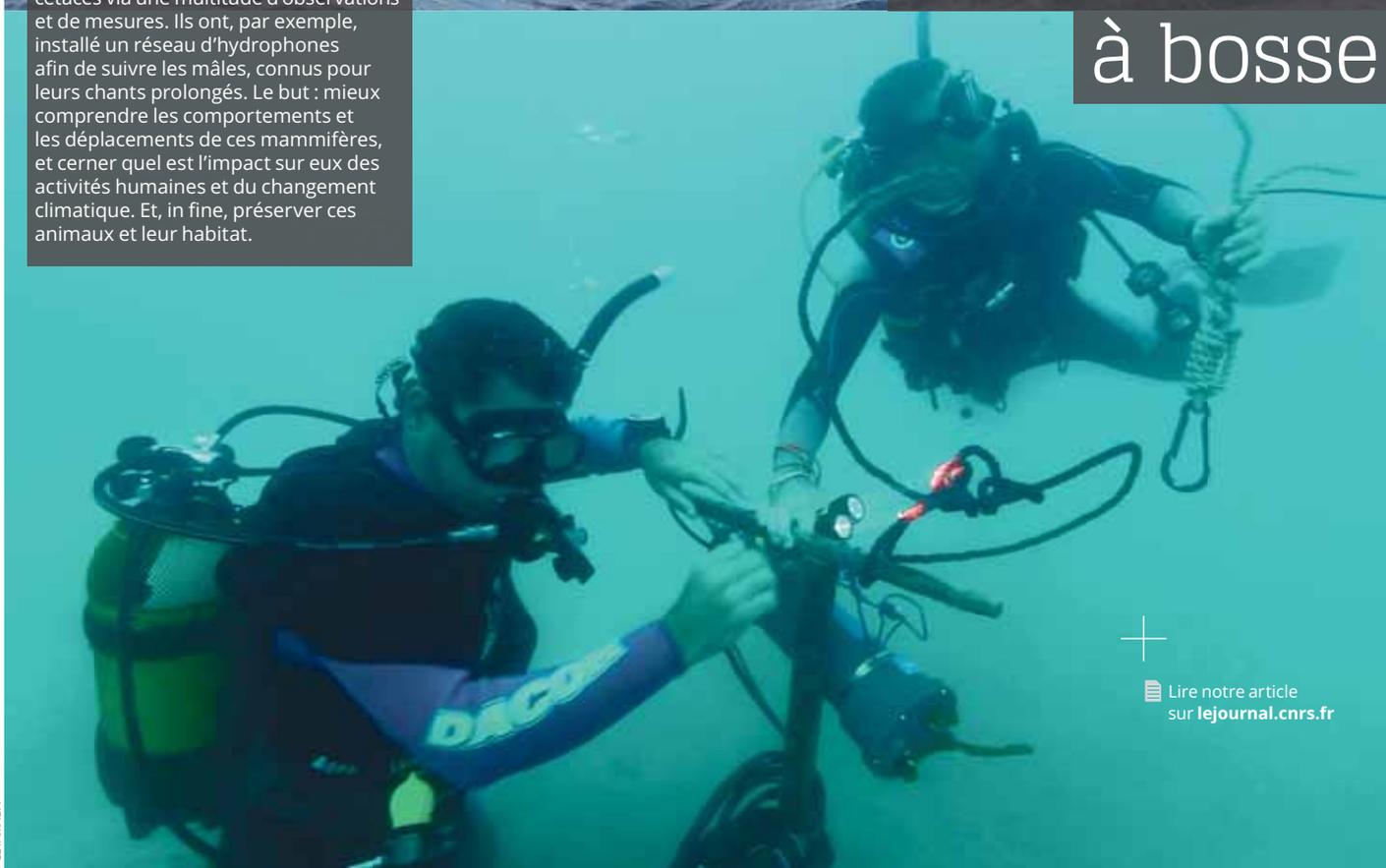
## QUAND LE CERVEAU S'ACCOÛTUME AU GRAS

L'équipe de Serge Luquet, de l'Unité de biologie fonctionnelle et adaptative, a mis en évidence que, chez la souris, les lipides agissent à la manière des drogues dures en perturbant le système dit de la récompense. Ils ont observé qu'en temps normal une perfusion de triglycérides dans le cerveau augmente la satiété – les souris sont moins tentées de manger gras et sucré – et diminue de moitié l'activité physique des rongeurs. En revanche, en cas d'exposition continue à ces mêmes triglycérides, le système de la récompense s'adapte : ce qui se traduit par une attirance prolongée pour les aliments gras, même après un bon repas. Un phénomène similaire à l'accoutumance aux drogues telles que l'héroïne, l'alcool ou la cocaïne.



**En juillet et en août, des centaines de baleines à bosse migrent vers les eaux de Madagascar** pour s'accoupler et mettre bas. Depuis 2012, les chercheurs du projet Baobab, initié par le bioacousticien Olivier Adam, étudient ces cétacés via une multitude d'observations et de mesures. Ils ont, par exemple, installé un réseau d'hydrophones afin de suivre les mâles, connus pour leurs chants prolongés. Le but : mieux comprendre les comportements et les déplacements de ces mammifères, et cerner quel est l'impact sur eux des activités humaines et du changement climatique. Et, in fine, préserver ces animaux et leur habitat.

## Dans le sillage des baleines à bosse



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

# Le mystère des virus géants



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

VIVANT

**Biologie.** En mars, des chercheurs ont annoncé avoir réveillé un nouveau type de virus géants. Découverts il y a une dizaine d'années, ces « monstres » biologiques défient les théories par leur taille et leur complexité.

PAR JULIEN BOURDET

L'histoire des virus géants, ou *Megavirus*, débute en 2003. L'équipe de Didier Raoult, de l'Unité de recherche sur les maladies infectieuses et tropicales émergentes<sup>1</sup>, à Marseille, identifie *Mimivirus* en collaboration avec l'équipe de Jean-Michel Claverie, directeur du laboratoire Information génomique et structurale (IGS)<sup>2</sup>, à Marseille. Puis, coup sur coup, en 2013 et en mars 2014, Jean-Michel Claverie met au jour avec ses collègues deux nouvelles familles : les *Pandoravirus* et, derniers en date, les *Pithovirus*, dont un seul représentant est connu à ce jour. « *Le fait d'avoir trouvé trois familles en dix ans seulement et dans des environnements variés – mer, eau douce, permafrost... – laisse penser que les virus géants sont extrêmement diversifiés et abondants dans la nature* », souligne Jean-Michel Claverie.

## Des gènes communs avec les animaux

Outre les mensurations impressionnantes de ces virus, c'est la taille de leur génome qui stupéfiait les chercheurs. Avec 2 500 gènes pour les *Pandoravirus*, le patrimoine génétique des virus géants dépasse en effet de loin celui des virus traditionnels et rivalise avec celui des bactéries. D'autant qu'un grand nombre de ces gènes sont totalement nouveaux pour la science. « *Deux tiers des gènes de Pithovirus ne correspondent à aucun de ceux déjà répertoriés chez les autres virus ou les organismes cellulaires. Et pour les Pandoravirus, cette proportion est même supérieure à*

90 % ! », explique Chantal Abergel, du laboratoire IGS, codécouvreuse de ces deux spécimens géants et médaille d'argent 2014 du CNRS.

## Une origine énigmatique

« *La présence chez les Megavirus de gènes qui sont normalement l'apanage des cellules vivantes n'est pas le fruit du hasard*, avance Jean-Michel Claverie. *Nous pensons que ces virus sont d'anciennes cellules vivantes qui auraient perdu peu à peu des morceaux de leur ADN, devenant ainsi des parasites.* » Une théorie controversée et qui raconte une histoire qui se serait déroulée il y a plus de deux milliards d'années, avant l'apparition des cellules telles qu'on les connaît aujourd'hui, lorsque la nature expérimentait encore différentes formes de vie rudimentaires.

Les virus sont généralement exclus du vivant car, à la différence des organismes cellulaires, ils sont incapables de se reproduire hors de la cellule qu'ils infectent. Avec les virus géants, cette définition arbitraire pourrait être revue, et une nouvelle branche du vivant créée spécialement pour eux, en plus des trois autres déjà existantes que sont les bactéries, les archées et les eucaryotes.

## Des virus dangereux pour l'homme ?

Reste une interrogation : ces virus sont-ils dangereux pour l'homme ? Malheureusement, la réponse est oui. « *Plusieurs études montrent un lien entre des pneumonies et la présence de Mimivirus chez des patients*, note Didier Raoult. *Et il n'est pas impossible que d'autres virus géants se révèlent eux aussi pathogènes.* »

Congelé durant 30 000 ans sous 30 mètres de permafrost, *Pithovirus* vient d'être « réveillé » par l'équipe de Jean-Michel Claverie. « *Nous étudions maintenant des échantillons de permafrost prélevés plus profondément encore, et donc plus anciens, dans l'espoir d'y découvrir des virus géants qui pourraient être âgés de plusieurs millions d'années* », s'enthousiasme Chantal Abergel. En remontant le temps, les chercheurs pourraient dévoiler bien des mystères sur ces virus d'un nouveau genre. **II**

## PERMAFROST

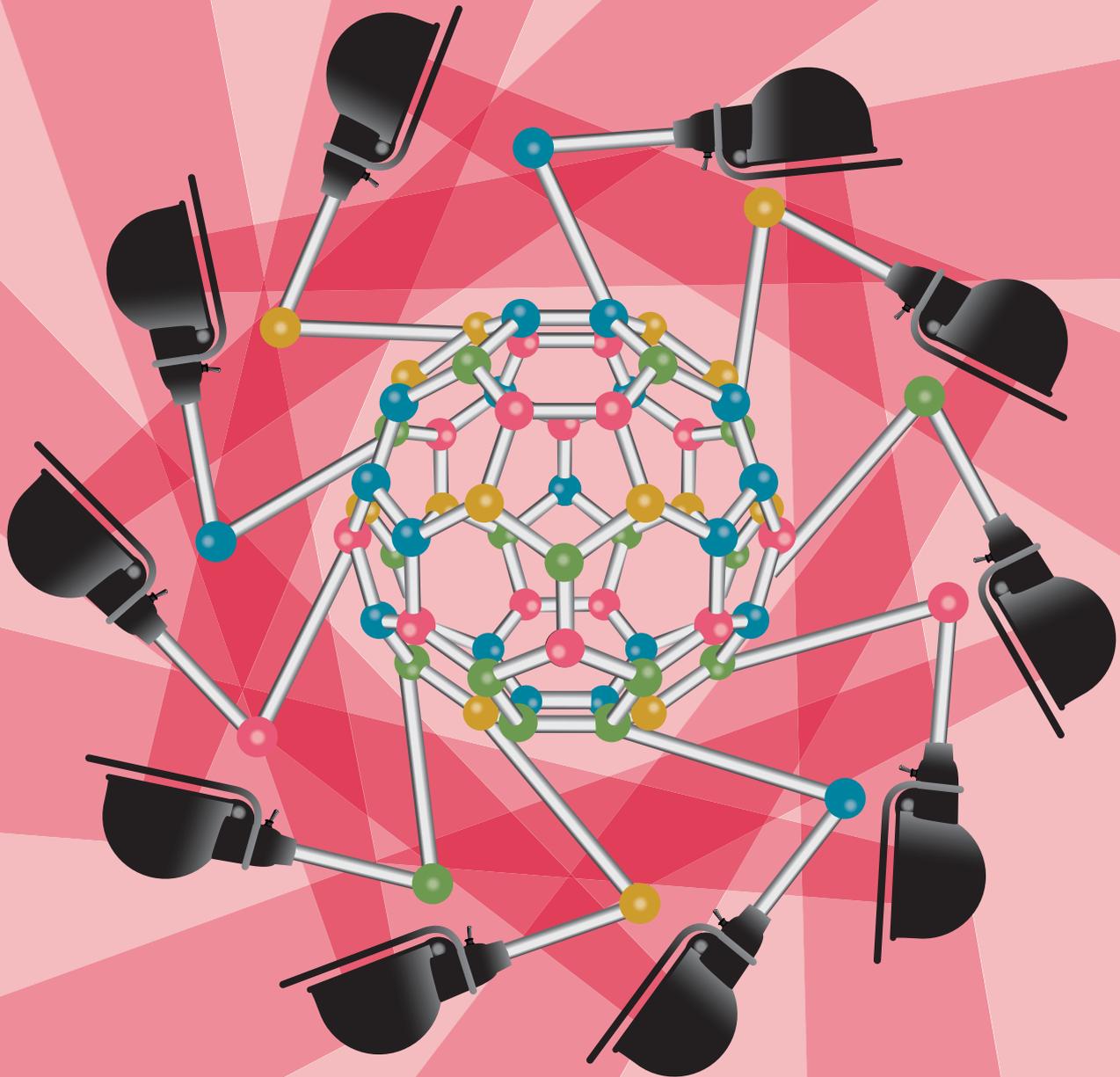
Partie du sol ou du sous-sol qui reste gelée en permanence dans les régions arctiques et subarctiques.



► Image colorisée de *Pithovirus sibericum*, découvert en 2014 et vu ici au microscope.

1. Unité CNRS/Inserm/IRD/Univ. Aix-Marseille. 2. Unité CNRS/Univ. Aix-Marseille.

# LES IDÉES



*On mobilise nos neurones sur  
la fabuleuse histoire de la médaille Fields,  
les promesses de la médecine darwinienne,  
les vertiges de l'évaluation...*

ILLUSTRATION : S. MILLET, POUR CNRS LE JOURNAL

# Jeunes docteurs cherchent entreprises

PAR MARC DANIEL

**Emploi.** L'insertion professionnelle des titulaires de doctorat dans le secteur privé ne va pas de soi en France. Mais les choses changent. Des pistes sont à l'étude pour accélérer le mouvement.

Dans une économie de la connaissance, les docteurs devraient être rois. Las !, alors que les mots « recherche », « innovation » et « compétitivité » fleurissent à longueur de rapports, entreprises et docteurs peinent encore à s'apprivoiser. « Dans un contexte où l'innovation est privilégiée, les docteurs sont appelés à prendre une place croissante dans les entreprises », explique Jean-François Pinton, directeur de l'Institut de physique du CNRS.

## Les profils d'ingénieur privilégiés

« La faible insertion en entreprise en France des titulaires de doctorat est due en partie à un sous-investissement en recherche et développement (R & D) privée », pointait le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP) dans une note publiée en octobre 2013. Mais « il existe bien une réticence de nombreuses entreprises à recruter un docteur, même pour des postes de recherche », remarque aussi le CGSP. « Même lorsqu'il s'agit de recrutement pour la fonction recherche, les entreprises privilégient les profils d'ingénieurs », ajoute l'auteur de l'étude. Dans les entreprises, 55 % des chercheurs ont un diplôme d'ingénieur, 16 % un master et seuls 12 % un doctorat.

Malgré ce constat, une part non négligeable des quelque 12 000 docteurs diplômés intègrent chaque

année les entreprises. Si la moitié des diplômés en 2010 travaillent dans la recherche publique et académique, 20 % exercent dans la recherche privée, et 19 % dans le secteur privé hors recherche, indiquent le Centre d'études et de recherches sur les qualifications (Céreq). Quant au « goût pour le privé », il existe chez les 65 000 doctorants français : plus d'un tiers envisagent de travailler en entreprise au moment de leur soutenance, selon le Céreq.

Pour autant, l'insertion dépend aussi des disciplines. Les doctorants en sciences de l'ingénieur se tournent davantage vers l'entreprise que ceux en sciences humaines et sociales. Et tous ne sont pas encore convaincus de vouloir exercer dans le privé. « En début de thèse, nos doctorants veulent devenir enseignants-chercheurs et travailler dans la recherche publique », constate Valérie Le Cann, chargée de mission au collège doctoral international de l'Université européenne de Bretagne. Le public, c'est historiquement le débouché naturel. Mais la compétition étant de plus en plus rude, les doctorants réfléchissent

plus facilement à d'autres voies. D'autant que « les universités ont entrepris de mieux les préparer à leur évolution professionnelle », explique Vincent Mignotte, directeur de l'Association Bernard-Gregory (ABG), qui rapproche les docteurs et le monde économique. Une dynamique encouragée par Geneviève Fioraso, secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, qui déclarait le 16 avril vouloir « développer la culture entrepreneuriale » des doctorants.

## PME ou grands groupes ?

« Les choses changent, les docteurs prennent conscience qu'ils peuvent avoir d'autres opportunités de carrière et être heureux ailleurs que dans la recherche académique », estime Barthélémy Durette, responsable de la R & D du cabinet Adoc Talent Management. « De plus en plus d'entreprises embauchent des docteurs, en particulier des PME, et nous diffusons de très belles offres », ajoute Vincent Mignotte. Même s'il faut distinguer les PME innovantes des PME traditionnelles où embaucher un docteur ne va pas forcément de soi.

Dans les grands groupes qui possèdent des départements de R & D, les opportunités vont bien au-delà de la seule recherche. « Chez Air Liquide, un nombre important de nos docteurs évoluent vers d'autres fonctions au cours de leur carrière, en devenant managers ou en prenant, par exemple, la responsabilité d'un centre de production. Mais ils peuvent ensuite réintégrer la recherche et développement », explique Régis Réau, directeur scientifique senior de la R & D du groupe et ancien directeur de l'Institut de chimie du CNRS.



Le site de l'Association Bernard-Gregory

» [www.intelligence.fr](http://www.intelligence.fr)



« Un jeune chercheur qui a fait de la recherche fondamentale se demande légitimement ce qu'il peut apporter à une entreprise. L'atout du chercheur, ce sont les méthodes et les compétences, techniques et humaines, qu'il a acquises, bien plus que son sujet de thèse », explique Vincent Mignotte. L'ABG constate la présence croissante de fonctions transverses dans les offres d'emploi et l'émergence de métiers du conseil, de l'expertise, mais aussi de la veille technologique. « Les entreprises de conseil considèrent le doctorat comme une très bonne expérience professionnelle pour comprendre rapidement un problème, formuler des hypothèses, savoir remettre en question des pratiques », confirme Barthélémy Durette.

### Une autre vision du doctorat

Au-delà de la carrière d'un docteur en entreprise, c'est aussi une autre image du doctorat qui se dessine. « Le doctorat n'est pas fait pour produire des enseignants-chercheurs, mais pour apporter des compétences multiples et pour irriguer tous les secteurs qui ont besoin de professionnels de très haut niveau », plaide ainsi Patrick

Fridenson, chargé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche de présenter des mesures concrètes pour favoriser les carrières

des docteurs dans l'entreprise, lors des Rencontres Universités Entreprises le 20 mars dernier. Une autre conception de la recherche. ||

## Des mesures pour faciliter les embauches

Le doctorat constitue encore « un diplôme aux compétences mal identifiées par les employeurs », selon le CGSP. Plusieurs mesures sont envisagées – notamment dans le rapport sur le doctorat du député Émeric Bréhier, publié en octobre 2013 – afin de remédier à ce problème. La loi du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche prévoit la mise en place de négociations pour la reconnaissance du doctorat dans les conventions collectives d'ici au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Pour expliciter les compétences d'un docteur, l'idée de définir un référentiel au niveau national est largement partagée, même si nombre d'écoles doctorales ont déjà bâti leur propre outil. « L'important, c'est de communiquer sur les compétences transversales du doctorat, mais pas d'ajouter un label, une mention ou une certification professionnelle propre à chaque université ou école doctorale », met toutefois en garde Carole Chapin, présidente de la Confédération des jeunes chercheurs. De son côté, l'ABG prépare la mise en place d'un référentiel de compétences des docteurs, en collaboration avec le Medef et la Conférence des présidents d'université (CPU), qui sera utilisable d'ici quelques mois sur un site Internet dédié.

Autre piste d'amélioration, le financement des thèses, alors qu'un doctorat sur trois n'est pas financé. Les docteurs qui ont bénéficié d'une thèse cofinancée par une entreprise présentent un taux de chômage plus faible que la moyenne et trouvent un emploi plus rapidement à cause des liens étroits noués entre le doctorant et l'entreprise. Plusieurs études proposent donc d'accroître la part des thèses financées, en s'inspirant notamment du modèle des thèses Cifre (Conventions industrielles de formation par la recherche).

Enfin, le Réseau national des collèges doctoraux envisage également de lancer une campagne nationale d'ampleur afin de changer l'image des titulaires de doctorat dans la société. Car la place des docteurs en entreprise se joue aussi dans les représentations que l'on s'en fait.

## À lire

## ESPACE

C'est à un captivant voyage dans l'espace que nous convie l'animateur et producteur de l'émission *La Tête au carré* sur France Inter. Le récit, émaillé de références cinématographiques et littéraires (dont l'œuvre de Jules Verne, pas étrangère au goût de l'auteur pour la science), débute par les premiers pas de Neil Armstrong sur la Lune. Mathieu Vidard fait ensuite le tour des grandes questions sur l'Univers, tout en nous entraînant sur les lieux clés de l'astronomie mondiale et en nous racontant ses rencontres avec des personnalités qui l'ont marqué, de Claudie Haigneré à Hubert Reeves en passant par Francis Rocard ou encore André Brahic.



*Dans les secrets du ciel. Rencontre avec des savants remarquables, Mathieu Vidard, Grasset, coll. « Documents », avril 2014, 288 p., 19 €*

## LIBRE ARBITRE

Les avancées récentes de la psychologie et des neurosciences semblent remettre en question l'existence du libre arbitre conçu comme capacité à choisir librement ou à déterminer notre propre volonté. Réexaminant les questions philosophiques posées par ces résultats empiriques, cet ouvrage en esquisse une solution nouvelle : « *Le libre arbitre au sens fort, s'il peut être exercé, nécessite que nous renoncions à l'illusion du contrôle absolu d'un soi conscient érigé en maître.* »

*Un nouveau libre arbitre, Krystèle Appourchiaux, CNRS Éditions, avril 2014, 320 p., 25 €*

## Parution

# Ils ont imaginé un autre monde

## 3 questions au paléontologue Jean-Sébastien Steyer<sup>1</sup>

PROPOS RECUEILLIS PAR FABRICE IMPÉRIALI

**Dans l'ouvrage *Exquise planète*, que vous avez coécrit avec deux autres chercheurs et un auteur de science-fiction, vous inventez une planète qui n'est pas la Terre mais qui aurait pu lui ressembler. Comment avez-vous procédé pour l'imaginer ?**

Nous avons repris le concept du cadavre exquis, un jeu consistant à écrire à tour de rôle un poème sur la base d'un seul fragment de texte visible. L'astrophysicien Roland Lehoucq a commencé la rédaction en imaginant une planète tellurique plausible. Il m'a ensuite transmis la fin de son texte pour que je prenne le relais en développant de la vie dessus. Et, parmi les formes de vies foisonnantes que j'ai pu inventer, il se trouve qu'une espèce développe une sorte d'intelligence. L'archéologue Jean-Paul Demoule a donc pris le relais pour imaginer, sur la base de cette espèce, une civilisation. Nous avons ensuite donné l'ensemble du manuscrit à l'auteur Pierre Bordage, qui en a fait un scénario.

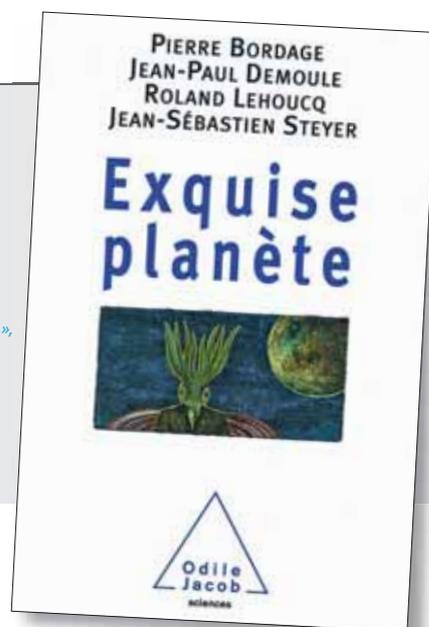
**Quelle matrice Roland Lehoucq vous a-t-il léguée ?**

Pour construire son exoplanète, il s'est basé sur la notion de zone d'habitabilité, c'est-à-dire sur des paramètres astrophysiques qui permettraient l'apparition de la vie telle que nous la connaissons sur Terre : par exemple, dans sa course, la planète en question passe ni trop près ni trop loin de son étoile afin d'éviter les températures extrêmes. Cette zone d'habitabilité dépend du type d'étoile, de la trajectoire de la planète, etc. Petit à petit, en fixant les paramètres dont certains sont liés par les lois de Kepler, il a construit une belle exo-Terre.

**C'est donc un exercice de science-fiction, mais très réaliste et avec des bases scientifiques très plausibles ?**

Nous sommes effectivement dans ce genre littéraire qu'est la science-fiction, plus précisément dans la planétologie et la biologie spéculatives : il s'agit d'imaginer,

*Exquise planète, P. Bordage, J.-P. Demoule, R. Lehoucq et J.-S. Steyer, Odile Jacob, coll. « Sciences », mars 2014, 176 p., 19,90 €*



à partir de nos connaissances scientifiques actuelles, des planètes réalistes mais non réelles sur lesquelles des formes de vie pourraient se développer. Après tout, les collègues exobiologistes qui imaginent à quoi pourraient bien ressembler les formes de vie que nous pourrions rencontrer dans l'Univers font la même chose ; ils spéculent cependant en se basant sur des paramètres bien réels d'exoplanètes observées et non pas imaginées, comme nous venons de le faire. C'est toute la différence... Dans notre cas, en fait, les anglophones parlent de hard science-fiction... Il faudrait inventer un terme français... Pourquoi pas « la fiction-science » ?



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

1. Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements (CNRS/MNHN/UPMC).



# Plaidoyer contre l'évaluation permanente

**Barbara Cassin**

Philologue et philosophe, directrice de recherche émérite au Centre Léon-Robin

© J. FOLEY/OPALE



**Derrière les grilles. Sortons du tout-évaluation,** Barbara Cassin (dir.), *Mille et une nuits/ Appel des appels*, février 2014, 368 p., 20 €

**L'ouvrage collectif que nous avons publié est d'abord un cri d'alarme, et même d'indignation, venu d'un ensemble de professionnels de tous les métiers.** Il s'élève contre le type d'évaluations auquel nous sommes tous soumis en France, en Europe, dans le monde anglo-saxon, dans le monde mondialisé. L'évaluation s'étend à tout, du risque financier et assurantiel au risque atomique, et du traitement de l'art au traitement fait aux Roms, tous les domaines, tous les métiers, tous les instants. Car c'est toujours à plus d'évaluation que conduit l'évaluation. L'évaluation, il ne s'agit pas de s'en passer, tout court. Il s'agit de comprendre à quels effets pervers conduit celle qu'on nous oblige à pratiquer ; il faut prendre du recul et donner une nouvelle inflexion aux politiques, à la politique.

pourquoi ? Hannah Arendt a raison de dire que le jugement, goût inclus, est la faculté politique par excellence : nous sommes là en pleine politique.

D'abord, notre vécu de citoyens, de chercheurs : nous étouffons derrière les grilles. Nous ne nous reconnaissons plus dans la représentation du monde que nous sommes contraints d'instruire : on *itemise* pour mettre en cases, avec des éléments de langage préformatés constituant une langue de bois universelle, exprimée en *globish*, car c'est d'abord la langue qui fait grillage. C'est la langue des administratifs qui fabriquent les tuyaux, tributaires de l'opinion reçue et en retard d'une évolution intellectuelle ; la langue des experts internationaux auxquels on a recours pour éviter tout conflit d'intérêts, toujours hors contexte ; c'est bon gré mal gré la langue des évalués, notre *novlangue* à tous.

## Quand la forme prime sur le fond

Le fond ne compte pas puisqu'il n'est pas notable, au propre comme au figuré, si bien qu'un cœur de projet de recherche de cinq feuillets bien formatés suffit pour obtenir quelques millions d'euros, à condition que le dossier fasse une centaine de pages en langue de bois copiée-collée, avec prolifération de sigles, de schémas camembert, de diagrammes et, cerise sur le gâteau, d'éléments de langage qui transforment des réquisits intéressants en signes de reconnaissance financiarisables, entre genre, résilience et durabilité. Nous nous accoutumons à parler par clichés – c'est le symptôme de ce qu'Arendt reproche à Eichmann : la banalité du mal. Pas de meilleure manière de laisser l'argent aux mains de ceux pour qui l'argent suffit à faire sens : les financements aux professionnels de la finance.



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

Le grand absent de tout ce dispositif, c'est l'invention. Facteur *h*, *impact factor*, le mal européen qui nous vient du Canada, avec sa dramatique inopérance en ce qui concerne la recherche pure (*publish or perish* ; *publish short and dirty* pour grimper plus vite) ! Les grilles ne saisissent que du déjà-connu ; par définition, la nouveauté ne rentre encore dans aucune case : on ne remarque pas l'absence d'un inconnu... Ce qu'on mesure, c'est la performance, fiction protéiforme très retorse puisqu'elle permet de transformer du non-mesurable en mesurable. Souvenons-nous : « *Moi, je vois dans l'évaluation la récompense de la performance. S'il n'y a pas d'évaluation, il n'y a pas de performance*<sup>1</sup>. »

Le modèle en est Google, car l'algorithme qui fait la fortune du moteur de recherche dépend du nombre de clics sur un item, promu par cette supériorité numérique en haut de la page comme *first one*. L'excellence est une tête de liste de la norme dans la *coopétition* mondiale qui implique *ranking*, classement-déclassement permettant alors de ne pas financer en toute objectivité. Qu'un moteur de recherche serve de modèle à la recherche n'est qu'une mauvaise homonymie : dans le monde de la recherche, la qualité n'est pas et ne peut pas être une propriété émergente de la quantité.

## Détournons les grilles !

Faut-il vraiment rester prisonnier de classements auxquels on ne croit pas parce que ces classements déterminent les aides que l'on reçoit ? Qui d'ailleurs y croit, si nous n'y croyons pas ? Pas Shanghai en tout cas, et quand nous en parlons autour de nous, en Europe comme ailleurs, nous rencontrons plus de sceptiques et de cyniques que de convaincus. Pourquoi alors ne pas exercer notre jugement, commencer la sortie du cercle vicieux, initier une ligne vertueuse ? Faisons connaître les critères, les catégories de jugements qui nous conviennent, fabriquons pour (et mieux avec !) les administrations la réflexion sur les grilles. La modification minime fera masse critique : dessinons le monde que nous voulons. ||

Les grilles ne saisissent que du déjà-connu ; par définition, la nouveauté ne rentre encore dans aucune case.

Toute politique, donc tout financement, passe par les grilles d'évaluation. Elles symbolisent l'objectivité et la transparence, outils démocratiques pour trouver un commun dénominateur. L'ouvrage montre que le modèle de toutes ces grilles sont les grilles de notation financière, celles mêmes des agences de notation qui dévaluent la note de la Tunisie au lendemain de la chute de Ben Ali. Qui décide des critères ? Qui juge, comment,

1. Discours de Nicolas Sarkozy à l'occasion du lancement de la réflexion pour une stratégie nationale de la recherche et de l'innovation, Élysée, 22 janvier 2009.

# La médecine darwinienne, un autre regard sur la santé

VIVANT 

**Biologie.** Comme la plupart des espèces, l'homme s'est adapté à son environnement pour maximiser sa reproduction. Un fait qui pousse à revoir les maladies à la lumière des lois de l'évolution.

PAR LAURE CAILLOCE

“ Les antibiotiques, c'est pas automatique ! » La rengaine serinée depuis plusieurs années par les autorités sanitaires est dans toutes les têtes. Destinés à éradiquer les infections d'origine microbienne, ces médicaments, largement prescrits contre des infections d'origine virale notamment, ont eu pour effet de sélectionner les souches microbiennes les plus résistantes. Un cas d'école de la théorie darwinienne de l'évolution appliquée à la santé !

L'homme, comme les autres espèces, a été façonné par l'environnement dans lequel il a évolué. Mieux comprendre ces adaptations fournit un éclairage nouveau aux problèmes de santé auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui. C'est le postulat de la médecine darwinienne, théorisée dans les années 1990 par les biologistes américains Nesse et

Williams. « *Durant des milliers d'années, l'homme a coévolué avec quantité de parasites, comme la flore bactérienne intestinale, contre lesquels il a développé un certain nombre de défenses. Dans le même temps, ces parasites ont connu leurs propres adaptations afin de maximiser leur reproduction à nos dépens* », indique Luc Perino, médecin et enseignant à la faculté de médecine de Lyon.

## Des maladies en recrudescence

La fièvre est l'exemple le plus connu d'adaptation : en élevant sa température, le corps met le parasite en zone d'inconfort. Si on supprime la fièvre en prescrivant un médicament, on enlève à l'organisme sa capacité à lutter contre l'infection. « *Avant de supprimer un symptôme, il peut être judicieux de savoir de quelle catégorie il relève* », note Luc Perino.

Les changements brutaux d'environnement entraînent des conséquences. Un individu peut alors se retrouver inadapté à son nouvel environnement. C'est l'une des explications apportées par la médecine darwinienne à la recrudescence actuelle des maladies auto-immunes et des allergies. « *Ayant évolué dans des environnements riches en parasites, nous avons développé un système immunitaire puissant*, explique Frédéric Thomas, chercheur en biologie évolutive au Mivegec<sup>1</sup>, à Montpellier, laboratoire spécialisé dans les maladies infectieuses.

1. Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle (CNRS/IRD/UM1/UM2). 2. Unité CNRS/IRD/UM2.



**Pourquoi tombons-nous malade ?**,  
Randolph Nesse et George Williams, De Boeck,  
coll. « Plaisir des sciences », 2013, 320 p.

**Cro-Magnon toi-même !**  
**Petit guide darwinien de la vie quotidienne**,  
Michel Raymond, Seuil, coll. « Point Sciences »,  
2011, 248 p.

Or, avec la vaccination, les progrès de l'hygiène, les antibiotiques, etc., celui-ci est beaucoup moins sollicité. » Sous-employé, le système immunitaire a tendance à sortir l'artillerie lourde pour des événements mineurs, tels quelques grains de pollen, voire à se retourner contre le corps qu'il était censé protéger. Comprendre ce mécanisme a permis de mettre au point un traitement inédit contre la maladie de Crohn, maladie inflammatoire chronique intestinale. L'idée est simple, mais a conduit chez les patients qui ont participé aux essais cliniques à une rémission de longue durée : il s'agit de donner à ingérer aux patients des œufs de vers intestinaux de porc. Ces œufs ne se développent pas dans l'intestin humain, mais focalisent toute l'attention du système immunitaire !

### Des aliments tolérés différemment selon les pays

Un certain nombre de désordres d'origine alimentaire peuvent s'expliquer aussi par des changements d'environnement. Le lait, face auquel nous ne sommes pas tous égaux, est un exemple : « À peine 2 % des Chinois adultes tolèrent le lait de vache, contre 98 % des Hollandais », indique Luc Perino. Cette différence s'explique par la sélection d'une mutation génétique intervenue il y a plus de six millénaires, aux premiers temps de l'élevage. Grâce à celle-ci, certains individus installés en Europe du Nord ont pu continuer à produire la lactase, l'enzyme qui dégrade le lactose après le sevrage. Un avantage pour la survie lors des périodes de disette. Ce phénomène n'est pas anodin à l'heure de la mondialisation. Le quinoa, plante de consommation courante en Amérique du Sud, comporte ainsi des substances mal tolérées par certains estomacs occidentaux. « C'est tout le problème de faire consommer à des individus des plantes avec lesquelles ils n'ont pas évolué », déplore Michel Raymond, chercheur à l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier<sup>2</sup>.

Autre champ où l'approche darwinienne se révèle d'un précieux secours : les problèmes de santé liés au vieillissement. « Au cours de l'évolution, les mécanismes ayant pour effet de maximiser la reproduction ont été systématiquement favorisés, même s'ils ont des effets délétères à plus long terme, analyse Luc Perino. Ainsi, le calcium renforce les os et produit des individus plus résistants, donc plus aptes à se reproduire, mais il se dépose aussi dans les artères, ce qui devient un problème quand l'homme vieillit. »

La recherche sur le cancer pourrait bénéficier de cette approche évolutive. « Grâce à l'action de la sélection naturelle, nos défenses contre le cancer sont globalement bonnes tant que nous sommes reproducteurs, observe Frédéric Thomas. C'est pourquoi les principaux cancers

## La théorie darwinienne de l'évolution

En raison d'infimes mutations génétiques, chaque individu d'une espèce diffère légèrement des autres. Les mutations qui confèrent un avantage de survie à un individu, et donc une plus grande chance de se reproduire, sont transmises aux générations suivantes et finissent par se répandre au sein de l'espèce. Ce mécanisme de sélection naturelle a été exposé par Charles Darwin au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle.



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

« À peine  
**2%**  
des Chinois adultes  
tolèrent le lait de  
vache, contre 98 %  
des Hollandais. »

(prostate, sein, colorectal) se déclenchent le plus souvent en phase post-reproductive. » Certains mécanismes favorables à la reproduction peuvent alors se retourner contre l'individu : ainsi, les hommes qui produisent énormément de testostérone ont un avantage reproductif, mais risquent plus de déclencher un cancer de la prostate...

### Un éclairage sur le cancer

La maladie elle-même, caractérisée par une croissance débridée des cellules tumorales, présente un fonctionnement typiquement darwinien. La cellule cancéreuse fait preuve d'un comportement égoïste, se reproduisant au détriment de ses voisines – un dysfonctionnement qui remonterait à l'apparition de la multicellularité, il y a un demi-milliard d'années. « Au début, la vie était unicellulaire, chaque cellule étant alors chargée de sa propre reproduction, précise Frédéric Thomas. Avec l'apparition des êtres multicellulaires, les cellules ont confié le soin de la reproduction à des cellules spécialisées, les gamètes. En théorie, elles n'assurent plus que le seul renouvellement cellulaire. Mais, en cas de dérèglement, il arrive que les cellules retrouvent leurs vieux réflexes d'organismes unicellulaires. » Un nouvel éclairage prouvant l'intérêt de considérer nos problèmes de santé à la lumière de la pensée darwinienne. ||



## René Gateaux, jeune mathématicien fauché par la Première Guerre mondiale

**Laurent Mazliak**

Mathématicien, membre du Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires



**Des mathématiciens et des guerres,** Antonin Durand, Laurent Mazliak et Rossana Tazzioli (dir.), CNRS Éditions, mars 2013, 126 p., 16 €

### La recherche a vu nombre de ses jeunes talents périr pendant la Grande Guerre. Tel fut le cas de René Gateaux.

Le destin de ce mathématicien est à la fois tristement banal et exceptionnel par la documentation que nous avons sur lui.

Né en 1889, René Gateaux a visiblement été un élève doué et précoce. Après avoir obtenu son bac à 15 ans, il intègre en 1907 l'École normale supérieure où les mathématiques sont alors à leur zénith, notamment celles d'analystes comme Jacques Hadamard et Émile Borel. Reçu à l'agrégation en 1910, il part faire son service militaire, avant d'être nommé au lycée de Bar-le-Duc en septembre 1912.

Voulant préparer une thèse, il dépose une demande de congé et de bourse pour aller étudier à Rome auprès de Vito Volterra. Mathématicien prolifique,

Volterra est un proche de Borel et d'Hadamard. Rentré en France en juin 1914, René Gateaux obtient une bourse pour retourner en Italie. Surpris par la mobilisation générale, il est incorporé au 269<sup>e</sup> régiment d'infanterie. Le 2 octobre au soir, il reçoit l'ordre de se placer en défense devant le village de Rouvroy, près d'Arras, où les Allemands arrivent. Il est tué à 1 heure du matin.

Début décembre, Borel, averti de la mort de Gateaux, prévient Volterra. Le proviseur de Bar-le-Duc signale que le mathématicien a probablement laissé des brouillons chez sa mère. Ils sont récupérés par Hadamard qui, impressionné par les travaux du jeune homme, propose, dès 1915, qu'un prix de l'Académie lui soit attribué à titre posthume. En 1916, le prix Francœur lui est décerné.



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

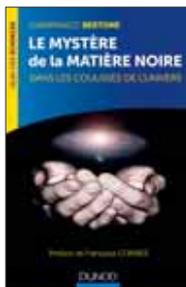
En janvier 1919, Hadamard confie les papiers de Gateaux à Paul Lévy afin de préparer une édition de ses travaux qui sera publiée en 1919-1920 dans le *Bulletin des sciences mathématiques*. Étendant considérablement les résultats de Gateaux, Paul Lévy rédige son livre *Leçons d'analyse fonctionnelle*, qui inaugure ses travaux en théorie des probabilités. En 1923, quand Norbert Wiener élabore sa théorie mathématique du mouvement brownien qui modélise l'agitation microscopique de particules en suspension dans un liquide, c'est aux travaux de Gateaux et de Lévy qu'il reconnaît la paternité de plusieurs idées.

On ne peut évidemment savoir si, sans la guerre, René Gateaux serait devenu un des grands mathématiciens français du xx<sup>e</sup> siècle. Mais on peut affirmer que le destin brisé de ce savant prometteur est le symbole de beaucoup d'autres, sacrifiés sur l'autel de la guerre. ||

## À lire

### MATIÈRE NOIRE

Plus de quatre-vingts ans après que les astronomes se sont rendus compte que seule l'existence d'une invisible mais pesante substance pouvait expliquer la cohésion des galaxies, le physicien Gianfranco Bertone invite les non-spécialistes à en découvrir les secrets. « Ce livre parle de la quête de la matière noire : les raisons qui poussent les scientifiques à admettre qu'elle existe, les théories qui ont été avancées pour l'expliquer et la course mondiale actuelle pour l'identifier. »



**Le Mystère de la matière noire.** Dans les coulisses de l'Univers Gianfranco Bertone, Dunod, coll. « Quai des sciences », avril 2014, 224 p., 18,90 €

### BANDE DESSINÉE

« En Afrique, la BD est un médium pour toutes les couches de la population, y compris pour celles qui n'ont pas la culture de la lecture ou qui n'ont pas la télé », apprend-on dans cet ouvrage signé par des chercheurs de toutes disciplines et des auteurs de BD. On y trouvera notamment une analyse du roman graphique *Persepolis* de Marjane Satrapi et des chapitres plus généraux qui décryptent le rôle de la BD en tant que lien social. Pour les amoureux du neuvième art et ceux qui doutaient encore de son importance comme représentation du monde.

**Bande dessinée et lien social,** Éric Dacheux (dir.), CNRS Éditions, coll. « Les Essentiels d'Hermès », mars 2014, 226 p., 8 €



### VRAI-FAUX

Dirigés par les sociologues Michel Maffesoli et Patrick Tacussel, *Les Cahiers de l'imaginaire* sont de retour. Cette nouvelle livraison nous entraîne dans une savoureuse exploration de la réalité en dépassant « les dichotomies les plus rigides entre le vrai et le faux, le matériel et l'immatériel, le fait et la fiction ». Les plumes de scientifiques de renom (Edgar Morin, Jean-Pierre Luminet, Jean-Didier Vincent...) se mêlent avec succès à celles de jeunes chercheurs, sur des thèmes allant des thèses conspirationnistes à la prolifération... des zombies.



**Le Fake,** Les Cahiers européens de l'imaginaire, n° 6, CNRS Éditions, mars 2014, 378 p., 30 €

# Aux frontières du vivant

VIVANT  SOCIÉTÉS 

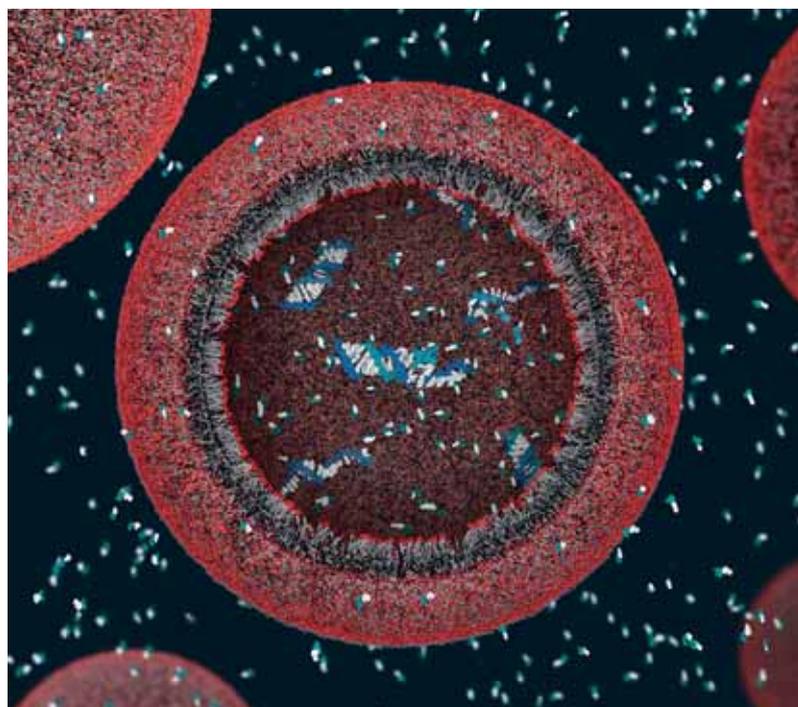
**Biologie.** Jamais l'homme n'avait atteint une telle capacité d'agir sur le vivant. Biologistes, chimistes, anthropologues... réfléchissent de concert à ces questions vertigineuses.

PAR LAURE CAILLOCE

Le 27 mars, l'information a fait l'effet d'une petite bombe : des chercheurs ont inséré un chromosome artificiel dans le génome d'une levure de boulanger ! Une première chez les eucaryotes – le groupe des animaux, des plantes... –, qui relance le débat sur la manipulation du vivant et la biologie de synthèse : jusqu'où est-il possible d'aller et pour quoi faire ? Et surtout, qu'est-ce alors que le vivant ? C'est notamment pour tenter de répondre à ces questions qu'une pépinière interdisciplinaire vient d'être lancée par le CNRS et l'université de recherche Paris Sciences Lettres. Celle-ci se compose de deux « actions », dont une intitulée « Domestication et fabrication du vivant »<sup>1</sup>, dirigée par Ludovic Jullien, à la tête du laboratoire Pasteur<sup>2</sup>. Son but : faire dialoguer chimistes, biologistes, physiciens mais aussi spécialistes des sciences sociales. Le premier colloque s'est tenu les 9 et 10 avril, au musée du quai Branly<sup>3</sup>.

Les projets de manipulation du vivant sont nombreux. Grâce au génie génétique, certains espèrent par exemple transformer les bactéries en véritables usines, en leur faisant produire en masse des colorants, des molécules thérapeutiques ou des biocarburants... La génétique pourrait permettre un jour de soigner des maladies comme la mucoviscidose, en remplaçant un gène déficient par un gène sain. Mais, dans leurs projections les plus folles, des chercheurs imaginent aussi un homme photosynthétique, capable comme les plantes de synthétiser lui-même des nutriments à partir de lumière.

Ces possibilités quasi infinies brouillent les frontières du vivant. « Si les pressions exercées par l'homme sur son environnement n'ont jamais été aussi fortes, cela fait des millénaires que les hommes agissent sur la nature et tentent de définir la vie, rappelle Perig Pitrou, directeur adjoint de



© J. IWASA, J. SZOSTAK/HARVARD MEDICAL SCHOOL

▼ En 2008, le futur Prix Nobel Jack Szostak a présenté ce type de cellules qui contiennent des informations leur permettant de se reproduire.



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

l'action et membre du Laboratoire d'anthropologie sociale<sup>4</sup>, à Paris. À ce titre, les sciences sociales peuvent apporter des concepts et un éclairage précieux. »

Avec sa connaissance des mythes de création dans les sociétés traditionnelles, l'anthropologie peut s'avérer d'un recours inattendu pour réfléchir à la manière dont les prothèses, membres artificiels robotisés et autres nouveaux mécanismes influent sur notre humanité. Tout comme la philosophie et ses concepts, dont celui de la parabole du bateau de Thésée, utilisée depuis l'Antiquité pour penser l'identité. « L'histoire veut que les Athéniens aient maintenu le bateau de Thésée en l'état durant des siècles, en changeant planche après planche, raconte Perig Pitrou. Et ce jusqu'à ce qu'aucune pièce d'origine ne demeure... S'agit-il toujours du même bateau ? »

Sans remonter à l'Antiquité, la connaissance des sociétés contemporaines est incontournable sur des questions liées à l'identité, dans le cas des greffes d'organes, par exemple, perçues bien différemment en France et au Japon. Des interrogations qui touchent également à la robotique, avec l'essor des robots humanoïdes. La pépinière tout juste née a d'ailleurs organisé un atelier sur ce thème au mois de février. Le dialogue promet d'être riche dans les années à venir... **II**

1. La seconde action s'intitule « Écologie, évolution, développement ». 2. Unité CNRS/UPMC/ENS. 3. Organisé avec le soutien de la ville de Paris. 4. Unité CNRS/Collège de France/EHESS.



► Ci-contre, la célèbre médaille Fields, Graal des mathématiciens.

► À gauche, John Fields (1863-1932), mathématicien à l'initiative de ce prix.

**Histoire.** La célèbre médaille Fields sera remise lors du prochain Congrès international des mathématiciens qui se tiendra à Séoul du 13 au 21 août. Le chercheur Martin Andler<sup>1</sup> nous raconte l'histoire de la récompense la plus prestigieuse en mathématiques.

PROPOS RECUEILLIS PAR JULIEN BOURDET

## Dans les arcanes de la médaille Fields

### Quelle est l'origine de la médaille Fields ?

**Martin Andler :** Cette médaille est née de la volonté d'un seul homme, John Fields. Ce mathématicien canadien proposa en 1924 de créer un prix pour récompenser des travaux majeurs en mathématiques. La première médaille a été décernée en 1936, après sa mort. Ce prix devait venir combler un manque. En effet, il n'y avait pas à l'époque de récompense prestigieuse dans cette discipline : les prix Nobel étaient attribués depuis 1901 en physique, chimie, biologie, littérature et pour la paix, mais pas en mathématiques ! Selon certains, c'est une histoire de jalousie qui serait à l'origine de cette absence : la femme de Nobel aurait trompé celui-ci avec un mathématicien. Mais cette explication tient plutôt de la légende, Nobel n'était même pas marié...

### Justement, on dit souvent que la médaille Fields est l'équivalent du prix Nobel. Est-ce justifié ?

**M. A. :** C'est clairement la récompense suprême pour les mathématiciens. D'où la comparaison. Pour autant, il y a des différences importantes. Tout d'abord, la médaille Fields est remise tous les quatre ans seulement, à

l'occasion du Congrès international des mathématiciens, à deux, trois ou quatre lauréats. Autre différence, la dotation : 10 000 euros pour chaque lauréat de la médaille Fields contre 800 000 euros à partager entre les lauréats d'un Nobel ! Surtout, la médaille Fields distingue des mathématiciens en pleine activité, qui ont 40 ans ou moins au moment du Congrès. Cette limite d'âge, instaurée pour que la médaille soit un encouragement à poursuivre des recherches, a exclu de grands scientifiques du palmarès, comme le britannique Andrew Wiles. Celui-ci a démontré en 1994, l'année de son 40<sup>e</sup> anniversaire, le dernier théorème de Fermat, qui résistait depuis trois siècles aux mathématiciens !

### Comment se décide l'attribution de cette récompense ?

**M. A. :** Le jury est composé de mathématiciens parmi les plus brillants de la planète. Sa composition change à chaque Congrès. À sa tête, on trouve le président du comité exécutif de l'Union mathématique internationale. Le nom des autres membres reste secret jusqu'à la cérémonie d'ouverture du Congrès. Les lauréats sont prévenus plusieurs mois à l'avance. Mais ils ont l'obligation absolue de ne rien dire, à l'exception de leur très proche

1. Laboratoire de mathématiques de Versailles (CNRS/UVSQ).



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

entourage. Du coup, les pronostics vont bon train. Pour les lauréats, le secret est tout de même lourd à porter. Dans les semaines qui précèdent la cérémonie, la tension est palpable entre les mathématiciens !

### Quand on regarde le palmarès des médailles Fields, quelles leçons peut-on en tirer ?

**M. A. :** La première, c'est que les domaines des médaillés reflètent souvent les tendances de la recherche mathématique. Par exemple, de plus en plus de lauréats travaillent sur des sujets en lien avec la physique. Autre indication, la prédominance de certains pays. Sur les 52 médailles attribuées depuis l'origine, quatre pays se détachent : les États-Unis (12 médaillés), la France (11), l'URSS et la Russie (9) et le Royaume-Uni (6). Depuis 1994, la France et la Russie font jeu égal avec 6 médailles, les États-Unis n'en ayant reçu qu'une seule. Mais la moitié des 22 lauréats depuis 1990 travaillent actuellement aux États-Unis. Alors qu'aucun des médaillés russes n'est installé dans son pays.

### Comment expliquer ce succès des mathématiques françaises ?

**M. A. :** L'école française mathématique a toujours été très bonne, ce qui a pour effet d'attirer les jeunes générations. Ensuite, les mécanismes de sélection des élites dans notre pays accordent aux mathématiques une place privilégiée. Enfin, plus que dans d'autres disciplines, il y a toujours un lien étroit entre recherche et enseignement : les étudiants y sont formés par des chercheurs actifs, souvent de premier plan, ce qui les encourage eux-mêmes à devenir des mathématiciens.

### Et que dire des pays émergents, la Chine notamment ?

**M. A. :** Si on considère le tableau des médailles, ce n'est pas très parlant : la Chine n'a obtenu qu'une seule récompense. En revanche, si on passe en revue les quelque 200 conférenciers invités aux Congrès, on peut se faire une idée plus fidèle du niveau de la recherche dans ce pays. En faire partie représente une forte marque d'estime de la communauté mathématique. Or on constate depuis 2010 une présence plus importante des conférenciers chinois, ce qui confirme la montée en puissance de ce pays.

### Reste un gros point noir dans le palmarès : l'absence des femmes...

**M. A. :** Oui. Tout d'abord, on peut penser que les stéréotypes sur le fait que les femmes seraient moins douées en mathématiques que les hommes doivent avoir un impact, même au plus haut niveau. Et puis, la limite de 40 ans joue sûrement en défaveur des femmes qui, lorsqu'elles ont choisi d'avoir des enfants, le font avant cet âge. Dans la liste des candidats possibles à la médaille Fields 2014, plusieurs femmes sont évoquées. Ce serait vraiment une très bonne nouvelle pour les mathématiques ! ▮

---

Les lauréats sont prévenus plusieurs mois à l'avance, mais ils ont l'obligation absolue de ne rien dire.

---



► Le Français Cédric Villani et sa précieuse médaille, remise lors du Congrès international des mathématiciens de 2010.



# Le malentendu démocratique européen

**Antoine Vauchez**

Historien et sociologue au Centre européen de sociologie et de science politique de la Sorbonne



**Démocratiser l'Europe**, Antoine Vauchez, Seuil, coll. « La République des idées », février 2014, 112 p., 11,80 €

**L'Europe est-elle vraiment si incompréhensible et illisible que le veut la ren-gaine ? Ou bien ne serait-ce pas plutôt du côté de nos habitudes de pensée qu'il faudrait chercher la faille ?** Car il y a assurément à propos de l'Europe un malentendu tenace. Les mots par lesquels on désigne communément ses institutions (Parlement européen, Cour de justice, etc.) et ses acteurs (société civile européenne, partis politiques européens, etc.) restent marqués par une profonde ambivalence. Forgés au fil des multiples traités qui ont tenté d'arracher l'Europe à ses origines technocratiques, ils sont à la fois instruments de description de l'Europe telle qu'elle se présente (un système d'institutions) et horizon programmatique de l'Europe telle qu'on voudrait qu'elle soit (une « authentique » démocratie).

supranationale, on n'a pas vu qu'il s'était formé sous nos yeux un centre de pouvoir européen aux formes irréductiblement singulières. Celui-ci s'est construit non pas autour d'institutions soumises au suffrage des citoyens, mais d'institutions « indépendantes » telles que la Commission, la Cour de justice ou encore la Banque centrale européenne.

Pour en prendre pleinement mesure, il faut revenir à cette matrice qu'a été pour l'Europe naissante la construction du Marché commun. Première politique publique européenne, la mise en place du Marché commun a en effet été historiquement le lieu où s'est inventée une première forme d'autorité politique spécifiquement européenne. Alors que les États ont toujours dénié aux institutions européennes la possibilité d'une expression ouvertement politique, c'est sur le terrain de la construction juridique et bureaucratique du Marché, et sous les auspices de la Commission et de la Cour de justice (et ultérieurement de la Banque centrale), que l'Europe a progressivement affirmé une capacité politique autonome.

## Un triptyque incontournable

Dans ce domaine, l'Europe n'a pas peur de son ombre. Dans une Union dont on dit si souvent qu'elle piétine et patine, elle avance même à grands pas, sanctionnant à coups de milliards d'euros les États et les grandes multinationales, soumettant l'ensemble de ces acteurs à des réglementations communes et s'arrogeant au fil des crises européennes de nouvelles compétences. En retour, ce gouvernement du Marché a marqué l'Europe de son empreinte. Institutionnelle tout d'abord, puisqu'en s'érigeant en « bâtisseur de marché » (de ses relances et de ses mesures d'accompagnement), le triptyque formé par la Commission, la Cour de justice et la Banque centrale européenne a acquis un

rôle de gardien et garant du projet européen. Politique ensuite, puisque ces institutions « indépendantes » ont ainsi défini une forme européenne de légitimité politique qui revendique son extériorité aux « égoïsmes nationaux » de la politique diplomatique et aux « passions partisans » de la politique électorale. Professionnelle enfin, puisqu'elles ont donné à l'Europe son ersatz d'espace public construit d'abord et avant tout autour du cercle étroit des ressortissants des politiques publiques européennes (lobbyistes, experts, avocats, etc.).

## Un défi posé à la démocratie

Telle est donc l'originalité politique de l'Union européenne et le défi particulier qu'elle pose à la démocratie : un pouvoir européen existe bien, mais il est né et a prospéré par l'action d'institutions qui, au niveau national, se tiennent à l'extérieur, voire en contrepoint, du circuit de la légitimité électorale. Une politique européenne existe bien également, mais elle prend la forme d'une lutte feutrée, mais pas moins vive, sur le terrain du droit et de l'économie, à coups de catégories juridiques, de théories économiques et de Livres blancs, verts ou bleus, etc. Du reste, en plaçant les « indépendantes » au premier rang du gouvernement économique de la zone Euro (Union bancaire, Mécanisme européen de stabilité, Pacte budgétaire, etc.) et en déplaçant les conflits politiques et diplomatiques sur le terrain des indicateurs statistiques (déficit structurel, compétitivité, etc.), la crise de l'euro a montré de manière cruelle la prégnance et la persistance de ce modèle politique européen.

En ce sens, l'enjeu démocratique européen tient sans doute moins aujourd'hui dans l'ardente obligation de mettre en branle une démocratie parlementaire majoritaire, qui risque d'être en perpétuel porte-à-faux, que dans l'invention de nouveaux liens démocratiques avec ces « indépendantes » qui constituent le socle du gouvernement de l'Europe et qui sont pourtant restées si longtemps au ban du débat public sur l'avenir de l'Union. II

Un centre de pouvoir européen s'est construit non pas autour d'institutions soumises au suffrage des citoyens, mais d'institutions « indépendantes ».

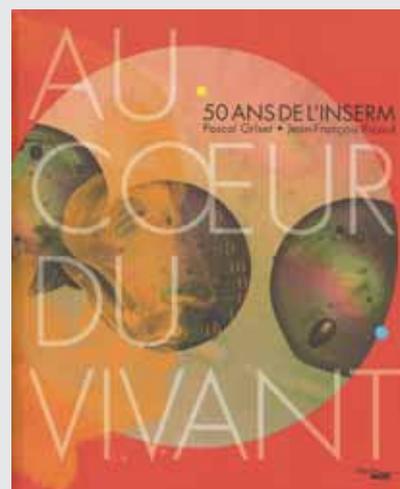
Au terme de deux décennies de réformes qui ont importé à l'échelon européen tout l'arsenal des démocraties représentatives nationales, cette ambivalence a contribué à répandre un épais brouillard qui nous empêche de voir l'Europe telle qu'elle est. Car à trop penser celle-ci en rapport à un à-venir politique, à trop chercher dans le présent les prémisses et les promesses d'une démocratie parlementaire

À lire

## Au cœur du vivant

Il y a tout juste cinquante ans, l'Institut national d'hygiène, créé pendant la Seconde Guerre mondiale, et l'Association Claude-Bernard, née après le conflit, réunissaient leurs efforts pour promouvoir la recherche au sein des hôpitaux. L'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) venait de naître. Dans cet ouvrage riche en images d'archives, Pascal Griset, professeur à l'université Paris-Sorbonne et directeur de l'Institut des sciences de la communication du CNRS, et Jean-François Picard, historien des sciences au CNRS, reviennent sur les grandes étapes qui ont jalonné les cinq décennies d'existence de l'Institut. Un voyage dans le temps captivant qui permet de mesurer l'apport scientifique, institutionnel et social de l'organisme, et de revivre les grandes avancées biomédicales du demi-siècle dernier en immunologie, en génétique, en neurosciences, en cancérologie ou encore en épidémiologie.

**50 ans de l'Inserm,**  
Pascal Griset et  
Jean-François Picard,  
Cherche midi,  
coll. « Beaux livres »,  
janvier 2014, 210 p.,  
34 €



## Que vaut le bitcoin ?

**Nicolas Houy**

Chercheur en économie au Groupe d'analyse et de théorie économique Lyon-Saint-Étienne



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

**Si vous avez déjà entendu parler de la monnaie électronique Bitcoin, c'était probablement en mal.** Pourtant, à l'origine, Bitcoin est la réponse à un problème informatique et économique : comment garantir, sans autorité centrale, des droits de propriété sur des objets produits en quantité contrôlée dans un réseau d'ordinateurs ? Un protocole satisfaisant ces contraintes et décrit comme un *electronic cash system* fut proposé dans un article publié en 2008 par Satoshi Nakamoto (certainement un pseudonyme).

Précisons d'emblée que, quand nous évoquons le protocole ou le réseau, nous écrivons Bitcoin, avec un B majuscule. En revanche, quand nous faisons référence à l'unité de compte qui circule sur le réseau Bitcoin, nous écrivons bitcoin(s), avec un b minuscule. La valeur de Bitcoin repose d'abord sur son utilité comme moyen de paiement : les bitcoins peuvent être transférés en quelques secondes entre deux points quelconques de la planète, sans frais bancaires, sans commissions de change, sans intermédiaires. Bitcoin pallie

ainsi la pauvre adaptation des moyens de paiement actuels au commerce électronique mondial ; à plus forte raison pour les 3,5 milliards d'individus qui n'ont pas accès aux services bancaires de base. D'autant que le réseau permet bien plus d'usages que les monnaies usuelles : mises en séquestre, preuves d'achat, actes notariés, émissions d'actions, etc.

Bitcoin constitue également un moyen d'épargne garanti sans inflation. Il impose en effet que jamais plus de 21 millions de bitcoins ne soient créés en tout. S'appuyer sur la rigueur d'un programme informatique plutôt que sur la gestion monétaire des États, soumise aux aléas politiques et économiques, constitue la principale valeur du réseau pour certains.

Actuellement, Bitcoin compte moins d'un million d'utilisateurs. Le prix de la monnaie reflète en partie les anticipations des acheteurs et vendeurs quant à son adoption future : un vendeur acceptera d'autant plus facilement ce moyen de paiement s'il sait que ses fournisseurs l'accepteront à leur tour. Plus les utilisateurs sont

nombreux, plus Bitcoin prend de valeur. Reste que, aujourd'hui, la volatilité considérable du cours du bitcoin freine son adoption. Et une faible adoption entretient une volatilité importante du prix. Bitcoin devra sortir de ce cercle vicieux s'il veut s'imposer au plus grand nombre.

Bitcoin fait aussi face à des défis en termes de sécurité. En cas de perte ou de vol de la clé privée associée à un portefeuille, les bitcoins du compte sont irrémédiablement perdus : gare aux logiciels espions ! De plus, en cas de transaction avec une personne peu scrupuleuse ou n'ayant pas su sécuriser son service, il n'existe pour l'instant ni protection du consommateur ni recours possible.

Enfin, Bitcoin évolue à l'heure actuelle dans un environnement légal très incertain. Décentralisé et sans frontières, il remet en cause le monopole des États ou des banques centrales sur les monnaies. Cela pourrait les amener soit à accepter Bitcoin et à repenser les politiques monétaires et fiscales, soit à l'interdire, avec une efficacité très incertaine. **II**

Eric Guilbert, entomologiste à l'Institut de systématique, évolution, biodiversité

PROPOS RECUEILLIS PAR CHARLINE ZEITOUN

# “Je me souviens...”

*... de mes chasses aux insectes dans le monde entier pour les missions Cafotrop (Canopée des forêts tropicales). Sur cette photo de 2013, je suis avec d'autres chercheurs-grimpeurs sur notre plateforme calée entre trois eucalyptus, à 20 mètres du sol, dans une forêt du Sud-Ouest de l'Australie. Nous restions là-haut quelques heures, pour récolter punaises, moucheron et autres arthropodes. Le but est de mieux connaître la façon dont ils ont évolué au cours de l'histoire de la Terre. Notamment à la suite du morcellement, il y a 152 millions d'années, du supercontinent Gondwana, qui regroupait l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Arabie, l'Inde, l'Antarctique, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Les arbres sur lesquels nous grimpons peuvent atteindre 90 mètres de haut ! Et ailleurs dans les tropiques, nous nous sommes déjà fait attaquer par des essaims d'abeilles qui nous faisaient redescendre très très vite de la plateforme.”*



Le site de la mission Cafotrop  
» [www.cafotrop.org](http://www.cafotrop.org)

PHOTO : P. PSAILA





de Denis Guthleben,  
historien au CNRS

# Germaine Tillion et Jean Zay au Panthéon

Le Panthéon s'apprête à accueillir quatre nouveaux « Grands hommes » : Jean Zay, Pierre Brossolette et, ce qui est en soi déjà un symbole, dépassant – et de loin ! – une simple préoccupation paritaire, deux femmes : Germaine Tillion et Geneviève de Gaulle-Anthonioz. « *J'ai voulu que ce soit l'esprit de Résistance qui puisse être salué* », a précisé le président de la République, François Hollande, au Mont-Valérien, haut lieu de notre mémoire nationale.

Deux de ces personnalités ont marqué l'histoire du CNRS. L'une a contribué à sa naissance, en créant les conditions favorables à l'émergence d'une politique nationale de la science : c'est Jean Zay. L'autre a incarné ce que la recherche a de meilleur lorsqu'elle est portée par des espoirs et des idéaux, lorsqu'elle devient combat et refuse les compromissions : c'est Germaine Tillion. Deux destins intenses qui ne se sont pas croisés, mais qui ont été étroitement liés...

## Éducation et recherche

Le premier rendez-vous aurait pu avoir lieu en mai 1936, après la victoire du Front populaire. Léon Blum fait alors le pari de confier le ministère clé de l'Éducation nationale à un avocat brillant, élu du Loiret, qui n'a pas encore fêté son 32<sup>e</sup> anniversaire. Et ce choix audacieux a porté ses fruits : Jean Zay a marqué d'une empreinte profonde l'hôtel de Rochechouart. Y compris dans des domaines où on l'attendait peut-être moins, celui de la recherche scientifique en particulier, où il a profité des conseils éclairés de Jean Perrin.

recherche, jusqu'à la création du CNRS, se répercute sur le terrain. Les missions ethnographiques sont encouragées et soutenues. Et Germaine Tillion rejoint l'établissement dès sa création en 1939. Gageons même qu'elle aurait donné sa voix au Front populaire, si elle avait voté. Mais les femmes ne le pouvaient pas encore...

## Résistance

L'année 1940 aurait pu être celle de la rencontre. Jean Zay et Germaine Tillion sont en métropole. L'un a quitté son ministère pour s'engager dans l'armée, l'autre finalise ses travaux à Paris. La débâcle et la capitulation les guident vers la Résistance. Germaine Tillion contribue à la mise en place de l'un de ses tout premiers réseaux, au musée de l'Homme. Jean Zay tente, pour sa part, de rallier l'Afrique du Nord – étonnant chassé-croisé ! – où il est finalement arrêté.

Ce n'est plus une mer qui les sépare alors, mais des murs : ceux de la maison d'arrêt de Riom pour Jean Zay, dès 1940 ; ceux de Fresnes puis de Ravensbrück pour Germaine Tillion, deux ans plus tard. Mais, là encore, un lien semble subsister. Du fond de sa geôle, Jean Zay rédige ses *Souvenirs et solitude* : « *Malheur à celui sur lequel se referme la porte d'une prison et qui n'a point de vie intérieure.* » Germaine Tillion, elle, analyse de l'intérieur le système concentrationnaire. Ce sera sa planche de salut : « *Pour mieux condamner le système, je l'ai étudié comme une société de sauvages, une famille de chacals.* »

## L'hommage de la nation

Le 20 juin 1944, Jean Zay est assassiné par la Milice. Dix mois plus tard, Germaine Tillion est libérée. Alors qu'une vie est fauchée, l'autre va s'employer à entretenir une mémoire indispensable : avec le soutien du CNRS, Germaine Tillion entreprend une vaste étude sur les femmes déportées. « *J'avais dit adieu à l'Algérie* », pense-t-elle alors. Mais ce n'était qu'un au revoir : l'ethnologue traversera encore à de très nombreuses reprises la Méditerranée, construisant une œuvre scientifique considérable et, surtout, ne refusant aucun combat, contre la guerre, contre la misère, pour l'éducation, aux côtés des exclus de tous bords... En les faisant entrer dans son temple, la nation s'apprête à croiser une nouvelle fois deux destins dont le CNRS peut s'honorer... II

---

Deux destins intenses qui ne se sont pas croisés, mais qui ont été étroitement liés...

---

C'est la recherche, précisément, qui a mis une mer entre Jean Zay et Germaine Tillion lorsque survient le « joli mois de mai ». Diplômée de l'Institut d'ethnologie, la jeune femme parcourt le massif algérien des Aurès, parmi une tribu semi-nomade qu'elle étudie. Déjà les deux vies paraissent imbriquées : l'action de Jean Zay en faveur de la

28 & 29 JUIN 2014  
**LES JOURNÉES  
DE L'INGÉNIERIE  
ÉCOLOGIQUE**  
2<sup>e</sup> ÉDITION

ENTRÉE GRATUITE SUR INSCRIPTION



23 sites de recherche écologique à découvrir !  
Plus d'informations sur : [www.cnrs.fr/manifestations](http://www.cnrs.fr/manifestations) ou [www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)



**Le CNRS recrute 182\* ingénieurs,  
cadres et techniciens (h/f)**

Mécaniciens

Administrateurs des  
systèmes informatiques,  
réseaux et télécom

etc.

Gestionnaires  
administratifs  
et financiers

Ingénieurs en techniques  
d'études des milieux  
naturels et ruraux

**Vos talents  
sont nombreux,  
nos métiers  
aussi.**



\*dont 37 par examens professionnalisés réservés.  
Les travailleurs handicapés peuvent aussi être recrutés par voie contractuelle.



Concours ouverts du 3 au 27 juin 2014  
Plus d'informations : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

suivez **Emploi CNRS**



UNIVERSITÉ DE LORRAINE

UN ÉVÉNEMENT CNRS ET UNIVERSITÉ DE LORRAINE

# FESTIVAL DU FILM DE CHERCHEUR

NANCY | 10 > 15 JUIN 2014

PARC DE LA PÉPINIÈRE

Entrée gratuite

ouvert à tous

MAIS DANS QUELLE ÉPOQUE VIVONS-NOUS ?  
OU BIENVENUE DANS L'ANTHROPOCÈNE

PROGRAMME COMPLET SUR  
[www.filmdechercheur.eu](http://www.filmdechercheur.eu)

suivez film de chercheur



ville de Nancy

Grand Nancy

MEURTHE & MOSELLE



La Région Lorraine

