



**Le système
solaire
plus habitable
que prévu**

**Reportage
en Arctique,
là où dégèle
le pergélisol**

**PARIS-
SACLAY,
la naissance
d'un géant**

**ENQUÊTE
SUR CES
ENTREPRISES
NÉES AU CNRS**

Semaine du Cerveau

16-22 mars 2015

MANIFESTATION GRAND PUBLIC
ACCÈS LIBRE ET GRATUIT

Le CNRS, partenaire de
la Semaine du Cerveau

Plus d'informations sur :
<http://www2.cnrs.fr/public/>

Consultez les programmes :

www.semaineducerveau.fr

EXPOSITIONS

CINÉ-DÉBATS

CAFÉ SCIENCES

ATELIERS

RENCONTRES

CONFÉRENCES

ANIMATIONS SCOLAIRES

VENEZ DÉCOUVRIR
LE CERVEAU !

Société
des
Neurosciences



Cerveau & Psycho

innovatives

VOITURE DU FUTUR

Mardi 31 mars 2015 à Paris

Conférences, débats, tables rondes, expositions



www.cnrs.fr

Informations et inscription sur
www.cnrs.fr/innovatives

En partenariat avec



Rédaction :

3, rue Michel-Ange – 75794 Paris Cedex 16

Téléphone : 01 44 96 53 88**E-mail :** journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr**Le site Internet :** <https://lejournal.cnrs.fr>**Anciens numéros :**<https://lejournal.cnrs.fr/numeros-papiers>**Directeur de la publication :**

Alain Fuchs

Directrice de la rédaction :

Brigitte Perucca

Directeur adjoint de la rédaction :

Fabrice Impériali

Rédacteur en chef :

Matthieu Ravaud

Chef de rubrique :

Charline Zeitoun

Rédacteurs :Laure Cailloce, Claire Debôves,
Yaroslav Pigenet**Assistante de la rédaction**

et fabrication :

Laurence Winter

Ont participé à ce numéro :Stéphanie Arc, Nicolas Baker,
Kheira Bettayeb, Julien Bourdet,
Taina Cluzeau, Grégory Fléchet,
Léa Galanopoulou, Sylvain Guilbaud,
Denis Guthleben, Martin Koppe,
Carina Louart, Louise Mussat,
Aurélié Sobocinski**Secrétaire de rédaction :**

Isabelle Grandrieux

Conception graphique :

Céline Hein

Iconographes :Anne-Emmanuelle Héry,
Marie Mabrouk**Impression :**

Groupe Morault, Imprimerie de Compiègne

– 2, avenue Berthelot – Zac de Mercières

– BP 60524 – 60205 Compiègne Cedex

ISSN 0994-7647 AIP 0001583

Dépôt légal : à parution

Photos CNRS disponibles à :
phototheque@cnrs-bellevue.fr ;
<http://phototheque.cnrs.fr>La reproduction intégrale ou partielle
des textes et des illustrations doit
faire obligatoirement l'objet d'une demande
auprès de la rédaction.En couverture : mares
de thermokarst sous la neige
dans la région du Nunavik.

PHOTO : L. CAILLOCE/CNRS PHOTOTHÈQUE

Pour ceux qui l'ignorent encore, le journal que vous tenez entre vos mains est, pour l'essentiel, une reprise des articles que nous publions, jour après jour, sur Cnrslejournal.fr. Le 4 mars, nous soufflerons la première bougie de ce site d'informations scientifiques qui enrichit considérablement notre palette puisqu'il nous permet de diffuser des vidéos, des diaporamas et des émissions de la Wikiradio du CNRS. Vous êtes nombreux parmi les ingénieurs et les chercheurs de l'organisme à l'avoir repéré. Avec un total de près de 800 000 visites et plus de 1 400 000 pages vues en un an, Cnrslejournal.fr s'est installé dans le paysage des médias en ligne et nous en sommes fiers. Notre ambition est d'aller plus loin en bâtissant une version anglaise de ce site à la hauteur de la notoriété internationale du CNRS. Elle est aussi d'ouvrir de nouveaux lieux d'échanges pour les chercheurs avec la création d'un espace « blogs » qui sera mis à leur disposition.

Les événements tragiques que vient de traverser notre pays montrent l'absolue nécessité de plus de sciences, de plus de partages des connaissances pour faire reculer l'obscurantisme et l'ignorance. La société française éprouve un besoin de comprendre qui n'a jamais été aussi manifeste. C'est pour répondre à cette demande que Cnrslejournal.fr

publiera prochainement des analyses sur la laïcité, les religions et les phénomènes de radicalisation produites par des philosophes, des sociologues, des historiens et des chercheurs de toutes les disciplines aptes à nous éclairer.

L'année qui s'ouvre sera aussi celle du climat, avec la 21^e Conférence des parties sur le changement climatique (COP21), qui se déroulera, en France, du 30 novembre au 11 décembre, sous l'égide de l'ONU. Ce rendez-vous politique international doit être l'occasion pour le CNRS de mettre en avant l'importance de la science et de la recherche pour répondre aux enjeux des changements

globaux qui s'imposent à la planète, mais aussi de diffuser des connaissances et de dialoguer avec la société.

C'est pourquoi le prochain forum des Fondamentales, les 13 et 14 novembre 2015, à La Sorbonne, sera entièrement consacré à ces questions qui seront traitées, comme toujours, à plusieurs voix, celles de climatologues, chimistes, chercheurs en ingénierie, économistes, sociologues, mathématiciens, écologues..., au-delà des frontières disciplinaires. Nous vous y donnons rendez-vous nombreux, comme chaque année.

“La société française éprouve un besoin de comprendre qui n'a jamais été aussi manifeste.”

Par *Brigitte Perucca*,
directrice de la communication du CNRS



© F. VERNHET



© NASA/JPL CALTECH/HISS

GRAND FORMAT

13

Vie extraterrestre : la traque continue	14
Le musée des invisibles	24
Pergélisol, le piège climatique	30

Aurore Avarguès-Weber,
un regard
sur les abeilles

9



© S. CARDINALE/FOUNDATION L'ORÉAL

EN PERSONNE 5

Thomas Ebbesen, chercheur de lumière	6
Jérôme Chappellaz, l'homme qui fait parler la glace	8
Jean-Michel Coron, théoricien du contrôle	10
Virginie Orgogozo, sur la piste de l'évolution	11
Future Earth, un programme pour la planète	12



49

Un robot
pour explorer
les épaves

© T. SÉGUINIE/OSD/VIDEASSIMAGES EXPLORATIONS

EN ACTION 39

Paris-Saclay, la naissance d'un géant	40
Volcans sous surveillance	42
Le port antique de Rome revit grâce au virtuel	43
Entretien avec Philippe Baptiste sur les start-up issues du CNRS	44
La biologie entre en Seine	46
Les robots ont-ils le sens de l'humour ?	47
Une langue électronique plus forte que nos papilles ?	48
Les grandes lignes du budget 2015 du CNRS	50
Les coureurs de l'extrême	52
Où est passé le parfum des roses ?	53
First Folio de Shakespeare : le regard d'un expert	54

« Les camps
sont un monde
dans le monde »

56



© P. GORRIZUN/PHOTO

LES IDÉES 55

Le mythe de l'humain augmenté	59
Faut-il rouvrir la mine d'or de Salsigne ?	60
Les nouveaux chemins de l'ethnologie	61
En Syrie, un patrimoine en péril	62
Pourquoi il faut relire <i>Les Atomes</i>	63

CARNET DE BORD

Luc Illusie nous raconte un souvenir de recherche 64

LA CHRONIQUE DE DENIS GUTHLEBEN

De l'indispensable interdisciplinarité 66

EN PERSONNE



*Où l'on rencontre un chercheur de lumière,
un mathématicien dompteur de rivières,
une spécialiste du cerveau des abeilles
et un climatologue qui fait parler la glace.*

ILLUSTRATION : EIKO OJALA/LA SUITE ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL

Thomas Ebbesen, chercheur de lumière

PAR LOUISE MUSSAT

MATIÈRE

Portrait. En septembre dernier, ce physico-chimiste a vu son travail honoré par le prix Kavli 2014, plus haute récompense pour les nanosciences.

Tenter de planifier des découvertes est un non-sens. Toute vraie découverte est faite par accident, dans le cadre de la recherche fondamentale. » Le Franco-Norvégien Thomas Ebbesen, administrateur de l'Institut d'études avancées de Strasbourg (Usias), est l'illustration parfaite de ce qu'il avance. En septembre 2014, il a reçu le prestigieux prix Kavli en nanosciences, pour avoir mis en évidence, de manière tout à fait fortuite, des propriétés de la lumière jusqu'alors insoupçonnées. Avant ce jour chanceux de 1989 qui le mènera à une découverte majeure, Thomas Ebbesen a bourlingué. Fils d'une artiste peintre et d'un officier de la Royal Norwegian Air Force, il grandit en Norvège dans un environnement familial paisible. En 1964, son père étant muté à la délégation norvégienne de l'Otan, toute la famille déménage à Paris. Excepté un séjour de dix-huit mois à Bruxelles, il y vivra jusqu'à l'obtention de son baccalauréat en maths et en physique, en 1972. Après une année passée à sillonner la planète à bord d'un cargo norvégien pour « prendre l'air », il choisit d'intégrer, parmi les universités américaines auxquelles il s'est vu admis, le Collège Oberlin (Ohio). « Le meilleur choix de toute ma vie », se félicite-t-il. Et pour cause : là-bas, il se prend de passion pour la physique-chimie, développe son âme d'artiste, notamment en créant une coopérative de photographie, et rencontre sa future femme, avec laquelle il partage toujours sa vie : la pianiste japonaise Masako Hayashi.

Après son diplôme d'Oberlin, une thèse sur la photosynthèse artificielle à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris) et un post-doctorat au Notre Dame Radiation Laboratory (Indiana), sa carrière le mène à l'université Tsukuba, au Japon,

où il est rapidement recruté par la société privée NEC, qui cherche de jeunes talents pour son laboratoire de recherche fondamentale. « Les conditions de travail étaient extraordinaires, se souvient Thomas Ebbesen, le visage constamment animé d'un sourire. Nous jouissions des gros moyens financiers du privé, mais avions une grande liberté, comme si nous étions dans un institut public. Nous pouvions mener absolument toutes les recherches que nous souhaitions. »

Une persévérance à toute épreuve

Un jour de 1989, il tombe sur un article du physicien Serge Haroche (Prix Nobel 2012) décrivant l'électro-dynamique quantique en cavité. Puisqu'il est « curieux comme un enfant », comme nous a confié son épouse, il décide de mener une expérience sur le sujet et demande à un collègue de lui confectionner des nano-épreuves. Comprenez : une microscopique plaque de métal percée d'un réseau de trous de chacun 300 nanomètres de diamètre espacés régulièrement, le tout assemblé sur une plaque de verre.

Surprise immédiate : la lumière traverse le dispositif. Comment est-ce possible ? Les trous sont en effet plus petits que la longueur d'onde de la lumière visible. Les ondes de cette dernière, dont la longueur varie de 400 à 700 nanomètres (nm) du violet au rouge, devraient normalement se heurter aux trous de 300 nm et rester bloquées derrière la plaque. Interdit, tout comme ses collègues, Thomas Ebbesen multiplie les vérifications, mais la lumière s'obstine à traverser la plaque. Plus troublant encore : elle semble traverser une aire trois fois plus grande que celle



© C. SCHROEDER/UNISTRA

Son parcours en 5 dates

- 1954** Naît le 30 janvier à Oslo, en Norvège
- 1964** Déménagement à Paris avec sa famille
- 1988** Rejoint la société NEC, à Tokyo, où il découvre l'année suivante une nouvelle propriété de la lumière
- 2005** Dirige l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Isis) jusqu'en 2012
- 2014** Reçoit le prix Kavli en nanosciences

occupée par les trous, comme si elle parvenait à franchir le métal ! Huit années durant, le chercheur va s'évertuer à percer ce mystère, en même temps qu'il mène d'autres types de recherches au sein de NEC. Sans relâche. « *J'avais suffisamment d'expérience pour savoir que je ne faisais pas d'erreur de manipulations*, raconte-t-il. *Par ailleurs, certains collègues, comme Shunji Kishida, n'ont eu de cesse de m'exhorter à continuer, à ne pas me décourager.* »

Et la lumière fut !

Grand bien leur en a pris. Car, grâce à leur soutien et à l'entêtement de Thomas Ebbesen, le curieux phénomène est aujourd'hui bien compris : le réseau de trous se comporte en réalité comme une antenne. En effet, sur la surface conductrice – la plaque de métal –, les électrons libres se rassemblent aléatoirement en groupes appelés plasmons. Ces plasmons se calent sur le rythme du réseau, c'est-à-dire l'espacement entre les trous. On dit qu'ils entrent en résonance avec lui. Tout se passe alors comme si ces plasmons formaient une loupe au-dessus de chaque trou : ils concentrent les photons qui tombent sur les trous et les réémettent. « *Si, au départ, la probabilité qu'un photon passe entre les trous est très faible, les "loupes" augmentent fortement cette probabilité*, résume le physicien. *La concentration est telle qu'on se retrouve avec plus de lumière transmise que ne l'autorise la seule surface occupée par les trous.* » De l'amélioration de la qualité des lasers à l'augmentation du rendement des fibres optiques, les applications de cette découverte sont évidemment très nombreuses...

Une nouvelle propriété de la lumière découverte à la fin des années 1990, alors même que l'on croyait tout savoir sur cette messagère depuis des décennies ! Lors du discours de Thomas Ebbesen à la remise du prix Kavli, les lauréats dans le domaine de l'astrophysique, qui utilisent la lumière pour sonder l'Univers, en étaient très surpris... « *Je dis toujours à mes étudiants qu'ils ont encore bien des choses à découvrir dont on n'a pas la moindre idée aujourd'hui*, ajoute-t-il. *D'ailleurs, Richard Feynman, selon moi un des plus grands physiciens du xx^e siècle, avait apparemment dit que "si la sphère des connaissances augmente, la frontière de ce que l'on ne connaît pas augmente encore plus vite !"* »

Son dernier dada : les états hybrides

Depuis sa découverte sur les réseaux de trous, Thomas Ebbesen n'a jamais cessé d'explorer l'inconnu. Il est aujourd'hui lauréat de plusieurs distinctions prestigieuses en plus du prix Kavli (dont le Agilent Europhysics Prize, pour ses travaux sur les nanotubes) et codétenteur d'une trentaine de brevets. À tout juste 60 ans, il n'a pas l'intention de s'arrêter là. « *Actuellement, je travaille sur les états hybrides lumière-matière, et je m'amuse comme je ne me suis jamais amusé de ma vie !* », lance-t-il en riant.

L'histoire se répète : c'est après relecture du même article de Serge Haroche, dont les travaux, comme ceux de Claude Cohen-Tannoudji, sont pour lui source d'inspiration, qu'il commence à jouer à ce nouveau jeu : « *Avec mes équipes, nous sommes parvenus à changer les propriétés de la matière (la conductivité, la vitesse d'une réaction chimique...) en plaçant des molécules sur un réseau de nano-trous ou en utilisant des miroirs*, explique-t-il. *Nous n'avons même pas besoin de lumière : les fluctuations quantiques du vide, celles-là mêmes qui sont peut-être en partie à l'origine de l'énergie noire, se chargent de faire entrer la matière en résonance avec le réseau, un phénomène qui a pour effet de modifier les molécules.* » De belles publications en perspective... Et une autre belle démonstration, s'il en fallait encore une, que toute vraie découverte procède non pas d'une recherche appliquée, téléguidée, mais de la simple soif de comprendre. Celle des grands enfants. ▮

“Je dis toujours à mes étudiants qu'ils ont encore bien des choses à découvrir dont on n'a pas la moindre idée aujourd'hui.”

Jérôme Chappellaz, l'homme qui fait parler la glace



Lire l'intégralité de l'article
sur lejournal.cnrs.fr

TERRE

Climatologie. Portrait du lauréat 2014 de la médaille Niels Bohr, qui récompense les contributions exceptionnelles dans le domaine de la physique.

PAR AURÉLIE SOBOCINSKI

Depuis vingt-cinq ans, Jérôme Chappellaz, directeur de recherche au Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement de Grenoble¹, fait parler les bulles de gaz piégées dans les carottes de glace millénaires. Il a ainsi contribué à la compréhension du système climatique en reconstruisant l'évolution temporelle de la composition atmosphérique en gaz à effet de serre. C'est ce long travail d'enquête qui lui a valu de

▲ Jérôme Chappellaz admirant un morceau de socle rocheux inséré dans une carotte de glace.

recevoir en novembre, à Copenhague, la médaille d'honneur Niels Bohr² 2014.

Sur les traces du méthane

Enfant, déjà, Jérôme Chappellaz était fasciné « *par la beauté de la nature et l'envie de comprendre ce qui se cache derrière* ». Après un parcours universitaire en géologie et en géophysique, c'est « *un peu par hasard* » qu'il rencontre la glaciologie, en 1985, à Grenoble : ce fut « le » déclin. « *J'ai découvert dans l'environnement polaire, à travers les archives essentielles et pourtant si éloignées du reste du monde que constituent la glace et la neige, un moyen fascinant d'appréhender l'étude du climat présent, mais aussi des évolutions passées de la composition de l'atmosphère.* »

Alors que les premières analyses de traces de dioxyde de carbone (CO₂) dans des carottes de glace sont conduites par Claude Lorius, en 1986,

Jérôme Chappellaz s'intéresse à un autre gaz à effet de serre, le méthane. Grâce au développement de nouvelles méthodes de mesure, il parvient à retracer l'évolution du méthane sur l'ensemble d'un cycle climatique. Il met en évidence son rôle minoritaire au niveau climatique, mais il relève aussi des variations très fortes dans le temps. Avec déjà deux publications à son actif dans *Nature* à la fin de sa thèse, Jérôme Chappellaz est recruté en 1990 par le CNRS. Il a 25 ans...

Après une année d'initiation à la modélisation au Goddard Institute for Space Studies, à New York, le scientifique élargit son enquête à l'analyse d'autres gaz traces. Il introduit notamment, dès 1996, la géochimie isotopique au sein de son laboratoire, une technique qui permet de retracer l'origine de la formation des gaz.

Une sonde révolutionnaire

La volonté de « faire parler » les signaux atmosphériques enregistrés dans les carottes de glace a également orienté le scientifique vers l'étude de la dynamique du système climatique. Grâce au signal du méthane dans la glace, sa collaboration avec un collègue danois lui a permis de découvrir l'origine océanique des très rapides variations climatiques observées pendant la dernière période glaciaire.

Actuellement à la tête du projet Ice and Lasers, financé par le Conseil européen de la recherche, il travaille à la mise au point d'une sonde révolutionnaire en matière de forage qui devrait permettre d'atteindre des glaces datant de 1,5 million d'années... Un retour vers le passé encore jamais atteint, « *l'accomplissement d'une œuvre qui ne peut être que collective* », et dont le scientifique et son équipe pourraient bien être les héros à l'hiver 2017. ■



© L. SIMON

1. Unité CNRS/UJF. 2. Physicien danois, pionnier de la mécanique quantique.



Aurore Avarguès-Weber, un regard sur les abeilles

PROPOS RECUEILLIS PAR CHARLINE ZEITOUN

Vous avez reçu, en décembre dernier, une bourse L'Oréal-Unesco « Pour les femmes et la science » pour vos travaux sur la cognition des abeilles et pour votre capacité à transmettre votre passion pour la science. Que pensez-vous de ces prix réservés aux femmes ?

Aurore Avarguès-Weber¹ : C'est une bonne chose car, de manière générale, on constate toujours que plus on monte en responsabilité, plus les femmes sont rares dans la recherche scientifique. Ces récompenses, attribuées à des doctorantes et post-doctorantes, sont aussi très encourageantes à ce moment clé de nos parcours, si l'on souhaite, comme moi, passer les concours pour intégrer la recherche publique. En tant que lauréates, nous devenons par ailleurs ambassadrices d'un programme qui me tient à cœur : « Pour les filles et la science ». Nous allons notamment dans les lycées pour lutter contre les vieux stéréotypes qui font croire aux étudiantes que les métiers des sciences ne sont pas pour elles.

Vos travaux prouvent que les abeilles sont capables de traitements cognitifs de haut niveau. Lesquels ?

A. A.-W. : Nos derniers résultats² montrent que, contrairement aux autres animaux jusqu'alors étudiés (primates, oiseaux et souris), les abeilles préfèrent traiter une image de façon globale au lieu de se focaliser sur ses détails. C'est aussi le cas chez les humains. Cela montre la capacité des abeilles à accéder à des niveaux cognitifs élevés malgré la

taille minuscule de leur cerveau. Reste à comprendre les mécanismes neuronaux qui leur confèrent de telles facultés, là où des structures cérébrales infiniment plus complexes semblent nécessaires dans le cerveau humain.

Comment cette bourse de 20 000 euros va-t-elle faciliter vos recherches ?

A. A.-W. : Je vais pouvoir prendre des étudiants en stage rémunéré et financer notamment une nouvelle mission en Australie. Aller là-bas permet de profiter d'une seconde période d'observation des abeilles chaque année, au moment de la saison chaude, puisqu'elle correspond à l'hiver dans notre hémisphère.

Vos travaux ouvrent aussi des perspectives pour développer des robots miniatures...

A. A.-W. : Cette stratégie – privilégier la vision globale à la vision locale – pourrait inspirer de nouveaux logiciels de reconnaissance visuelle. Actuellement, ils ne fonctionnent qu'en faisant de l'analyse pixel par pixel. Or cette approche est coûteuse en temps de calcul et peu robuste vis-à-vis de certaines variations de contraste ou d'angle de vue dans les images. Les connaissances à venir sur le cerveau de l'abeille pourraient aider les informaticiens à mettre au point une vision artificielle capable d'analyser les images de manière globale. Puisque l'abeille y arrive avec seulement 950 000 neurones – les humains en ont 100 milliards ! –, on peut imaginer réaliser un jour des systèmes assez petits pour équiper des robots miniatures. ||

1. Post-doctorante au Centre de recherches sur la cognition animale (CNRS/Univ. Toulouse-III-Paul-Sabatier). 2. Lire notre communiqué : www2.cnrs.fr/presse/communiquel/3833.htm?theme1=7

Jean-Michel Coron,

théoricien du contrôle

PAR CHARLINE ZEITOUN

Lauréat du prix Maxwell 2015, l'un des cinq prix de l'Iciam (Conseil international pour les mathématiques appliquées et industrielles), Jean-Michel Coron recevra sa récompense en août, à Beijing, en Chine. Son collègue de Shanghai, Li Ta-Tsien, avec lequel il coordonne le nouveau Laboratoire international associé sino-français de mathématiques appliquées (LIASFMA), est aussi honoré par l'Iciam cette année : il recevra le prix Su Buchin.

1 THÉORICIEN DU CONTRÔLE

Membre du Laboratoire Jacques-Louis Lions¹, ce mathématicien est spécialiste des systèmes de contrôle. Ce sont des systèmes dynamiques que l'on amène d'une position à une autre à l'aide d'une commande. Exemple : un réservoir d'eau que l'on déplace en limitant la formation de vagues.

2 ROI DU FEEDBACK

Il a proposé de nombreuses méthodes pour construire des feedbacks. Le feedback, cela peut être, par exemple, le mouvement imprimé à un balai que l'on veut faire tenir à la verticale sur son doigt. On bouge le doigt plus ou moins vite en fonction de la position et de la vitesse du balai. Sinon, le balai, en équilibre instable, finit par tomber. Le chercheur a montré l'importance des feedbacks qui dépendent du temps pour stabiliser les systèmes de contrôle.

3 DOMPTEUR DE RIVIÈRES

Grâce à ses résultats, il a contribué à construire des feedbacks pour réguler automatiquement le niveau d'eau de rivières. Ces feedbacks ont été implémentés sur les rivières La Sambre et La Meuse (voir photo), en Belgique.

4 MATHÉMATICIEN PROLIQUE

Conférencier plénier au Congrès international des mathématiciens en 2010, il est entré à l'Académie des sciences en 2014. À son actif : 100 publications scientifiques qui ont suscité 3 000 citations dans d'autres publications.

1. Unité CNRS/UPMC/Univ. Paris Diderot.

Nominations



© F. FERNANDEZ/CNRS

Alain Schuhl a été nommé directeur de l'Institut de physique par Alain Fuchs, président du CNRS. Il succède à Fabrice Vallée.

Né le 29 août 1957, à Paris, cet ancien élève de l'École normale supérieure a commencé sa carrière au Laboratoire de physique des solides d'Orsay avant de rejoindre, en 1988, le laboratoire central de Thomson-CSF (aujourd'hui Thales).

Il a ainsi participé à la création d'une unité mixte de physique (CNRS/Thales), avant de constituer une équipe de dix chercheurs et un parc instrumental adapté à la spintronique au sein de l'université Henri-Poincaré de Nancy. Spécialiste des nanosciences et professeur à l'université Joseph-Fourier depuis 2006, Alain Schuhl dirigeait depuis quatre ans l'Institut Néel (CNRS), à Grenoble, l'un des plus importants laboratoires de physique du CNRS. Il est à l'origine de 21 brevets et coauteur de 140 publications scientifiques, sans compter 7 ouvrages de vulgarisation, la plupart destinés au jeune public.



© F. PIAS/CNRS PHOTO THÈQUE

Lors du conseil des ministres du 4 février 2015, Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources du CNRS, a été nommé préfet, secrétaire général de la préfecture du Rhône.

Cette nomination s'inscrit dans le cadre d'une réorganisation du corps préfectoral qui commence par le département du Rhône.

Il s'agit d'anticiper la fusion des régions Rhône-Alpes et Auvergne et de tenir compte de la création de la métropole de Lyon, intervenue au 1^{er} janvier 2015. Cette nouvelle donne justifie que, pour la première fois, le préfet du département chef-lieu de la région soit secondé par un secrétaire général également préfet. Xavier Inglebert sera aussi préfet chargé de la politique relative à l'égalité des chances pour la métropole de Lyon et le département du Rhône. Il faisait partie, depuis 2010, du directoire du CNRS, aux côtés du président de l'organisme, Alain Fuchs, et du directeur général délégué à la science, Philippe Baptiste.

Virginie Orgogozo, sur la piste de l'évolution

Comment est-on arrivé à la diversité actuelle du monde vivant ? C'est l'un des thèmes phares de recherche de Virginie Orgogozo, biologiste à l'Institut Jacques-Monod¹, qui a reçu, en novembre, le prix Irène Joliot-Curie de la « Jeune femme scientifique ». Spécialiste de l'évolution, à la tête de sa propre équipe depuis quatre ans, la chercheuse est particulièrement heureuse que des distinctions tentent « d'améliorer la place des femmes dans le monde de la recherche scientifique ». « Cela ne m'avait jamais effleurée lorsque j'étais étudiante ou à mes débuts dans la recherche, mais aujourd'hui je constate que le nombre de femmes nommées aux postes clés, invitées en tant que conférencières ou expertes dans les médias, est réduit à la portion congrue », commente-t-elle. Elle est aujourd'hui récompensée pour ses travaux sur les mécanismes de l'évolution, à savoir comment les espèces ont changé au cours du temps. « Il s'agit de retracer les mutations génétiques responsables de ces évolutions », explique-t-elle. Ses indices, elle les cherche dans le génome de différentes espèces de drosophiles – ou mouches du vinaigre – qu'elle croise pour obtenir des hybrides : « On essaie ensuite d'établir des corrélations entre les caractères observés dans un hybride (caractères anatomiques, physiologiques, etc.) et les gènes, mutés ou non, qu'il a reçus. » Mais la mouche est un moyen, pas un but en soi. « On utilise les drosophiles car leur patrimoine génétique est très bien connu, ajoute la biologiste, mais l'enjeu est plus général : il s'agit de mieux connaître l'ensemble des mécanismes évolutifs, passés et futurs, ainsi que l'influence des facteurs environnementaux, et ce en particulier chez les êtres humains. » La brillante chercheuse a connu une année 2014 particulièrement faste, puisqu'elle a aussi reçu la médaille de bronze du CNRS et a été sélectionnée par le journal *Cell* qui, pour célébrer ses 40 ans, a invité dans ses colonnes 40 chercheurs prometteurs de moins de 40 ans. ■ C.Z.

1. Unité CNRS/Univ. Paris Diderot.



© S. WERZINGER/COLAGÈNE.COM POUR CNRS LE JOURNAL

Future Earth, un programme pour la planète



Qu'est-ce que Future Earth ?

Sandrine Paillard : Il s'agit d'un programme international de recherche sur dix ans lancé en 2012 à la conférence internationale des Nations unies sur le développement durable (Rio + 20). Il a pour objectif de fournir aux sociétés les connaissances requises pour faire face aux défis posés par les changements globaux. Future Earth répondra aux questions fondamentales telles : comment et pourquoi l'environnement mondial change-t-il ? Quelles sont les évolutions futures probables et les conséquences pour le développement humain et la diversité de la vie sur Terre ? Le programme définira les possibilités de réduire les risques et vulnérabilités et explorera les opportunités de transition vers un développement durable de nos sociétés. Il devra innover avec une recherche orientée vers des solutions.

Quelles seront les grandes disciplines concernées ?

S. B. : Le spectre des disciplines est aussi large que les objectifs à atteindre, mais trois grands axes sont privilégiés : l'étude dynamique du système Terre, comprenant, par exemple, l'étude du climat, du cycle du carbone, de la dynamique des océans et de la biodiversité ; les questions liées au développement des sociétés et à ses interactions avec l'environnement, à travers, par exemple, la réduction de la pauvreté, les capacités de résilience, les villes durables, la sécurité alimentaire, l'eau ou la santé ; et les transformations requises pour un développement durable des sociétés, à travers, là aussi par exemple, la transition vers l'économie verte ou les technologies renouvelables.

Comment le programme va-t-il être structuré ?

S. P. : Le secrétariat, distribué dans cinq pays (France, Japon, Suède, Canada et États-Unis), doit faciliter les synergies entre les projets issus des programmes internationaux existants. Il doit également venir en soutien aux projets pour les activités transversales de communication, de synthèse pour les décideurs, de développement des capacités de recherche... Le comité scientifique et le comité des parties prenantes s'assurent que ces activités participent à la cohérence globale du programme et définissent les axes prioritaires de recherche. Le bureau français sera notamment chargé du pilotage avec le Canada des activités de synthèse et de prospective.

Comment les pays du Sud seront-ils impliqués ?

S. B. : Les défis environnementaux sont encore plus prégnants au Sud. Future Earth ne pourra donc atteindre son but qu'en les impliquant très largement. Une des principales missions du secrétariat est de susciter l'essor des capacités de recherche dans les régions en développement (éducation et formation, financements spécifiques...).

Future Earth aura-t-il un rôle dans l'aide à la décision publique pour faire face aux changements globaux ?

S. P. : C'est bien l'ambition ! Il s'agit aussi d'informer les acteurs privés, les entreprises et les consommateurs. Le but n'est pas seulement d'être utile aux acteurs des grandes négociations internationales, mais aussi d'interagir avec tous les décideurs, que ce soit au niveau international, régional ou local. Les changements environnementaux globaux trouvent, pour l'essentiel, leurs solutions au niveau local. ||

TERRE

Environnement. Stéphane Blanc et Sandrine Paillard, membres du secrétariat permanent de Future Earth, nous présentent ce nouveau programme.

PROPOS RECUEILLIS PAR FABRICE IMPÉRIALI

Sur quelles bases ce programme a-t-il été lancé ?

Stéphane Blanc : Future Earth ne part pas de rien. Le Conseil international pour la science (ICSU), le Conseil international pour les sciences sociales (ISSC), le Belmont Forum – consortium international des principaux financeurs de la recherche environnementale –, les Nations unies et l'Organisation

météorologique mondiale se sont engagés dans un processus de fusion des programmes dans le domaine des changements environnementaux globaux. Ces recherches alimentent la majorité des travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le Giec, et ceux de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, l'IPBES. Future Earth devient le principal outil de coordination de la recherche dans le monde pour le développement durable et d'aide à la décision.

Pourquoi Future Earth a-t-il été créé ?

S. P. : Pour renforcer la collaboration internationale et l'interdisciplinarité en regroupant les programmes existants. Une recherche orientée vers des solutions permettra en effet à la communauté scientifique de contribuer davantage à la résolution des problèmes environnementaux et à la conception des innovations pour un développement durable. Il s'agit d'abord de fournir une recherche intégrée sur les grands défis du changement global et les transformations vers la durabilité, de renforcer les partenariats entre les chercheurs, les bailleurs de fonds et les porteurs d'enjeux.



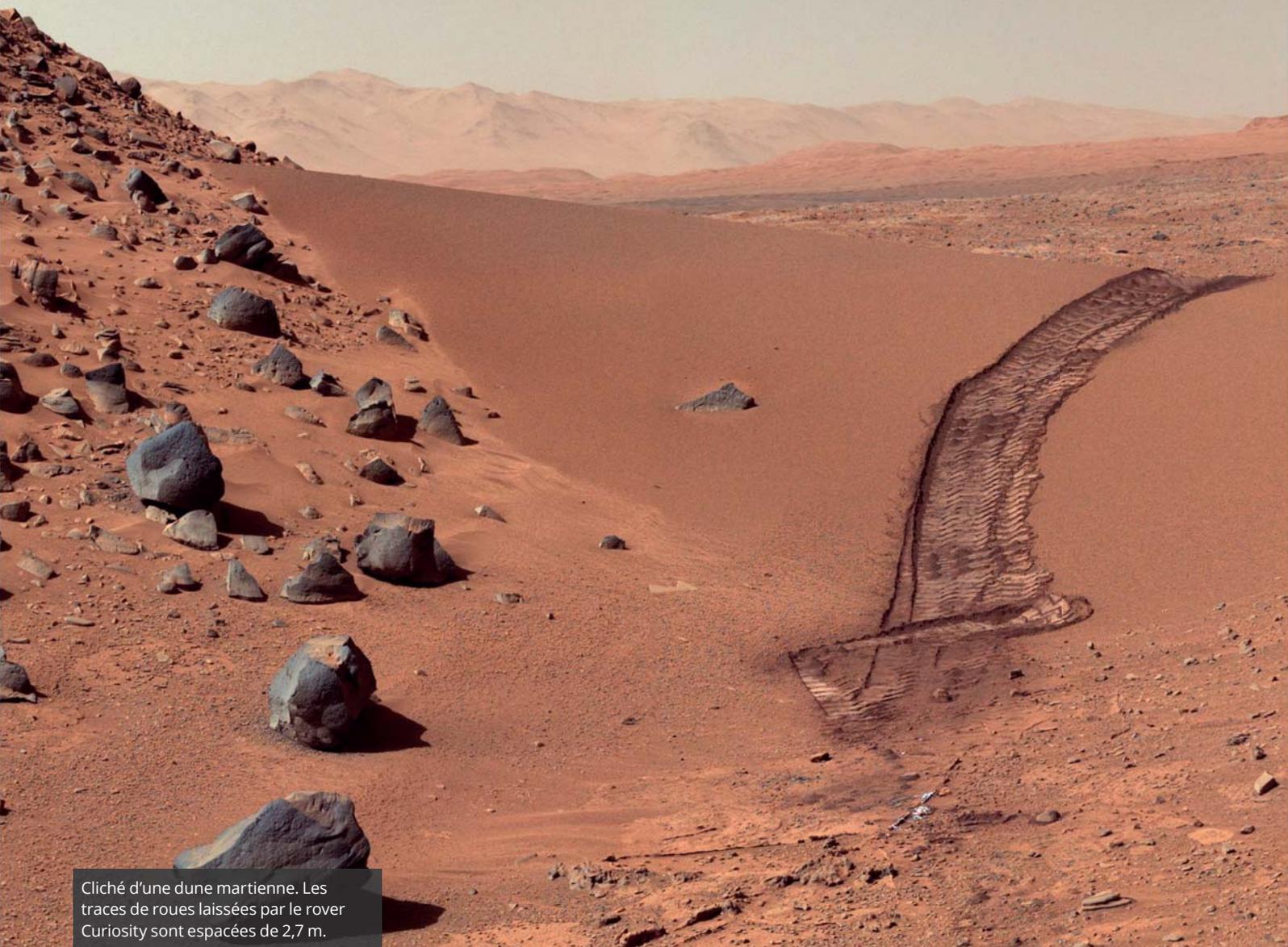
>> www.futureearth.org

GRAND FORMAT



*On cherche la vie dans le système solaire,
on visite un musée de la taille d'un
grain de sable et on part en Arctique
étudier le sol qui dégèle peu à peu.*

ILLUSTRATION : EIKO OJALA/LA SUITE ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL



Cliché d'une dune martienne. Les traces de roues laissées par le rover Curiosity sont espacées de 2,7 m.

Vie extraterrestre : la traque continue

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR JULIEN BOURDET, YAROSLAV PIGENET ET TAÏNA CLUZEAU



UNIVERS

En près de soixante ans d'exploration spatiale, notre planète demeure la seule où l'on ait observé la vie. Pourtant, jamais l'espoir de trouver sa trace sur d'autres corps du système solaire n'a été aussi grand. Les missions chargées de la traquer vont ainsi se succéder dans les dix prochaines années : qu'il s'agisse de visiter les comètes pour retracer l'origine des constituants primitifs de la vie, d'explorer des vallées martiennes pour détecter d'éventuels indices d'une activité passée ou d'envoyer des sondes afin d'inventorier les environnements extraterrestres.

Les comètes à l'origine de la vie sur Terre?

Longtemps considérées comme anecdotiques, les comètes, ces petits astres de glace et de poussières qui passent périodiquement près du Soleil, sont devenues les coqueluches des astronomes. La raison ? Elles auraient pu, selon certains, apporter sur la Terre primitive les molécules nécessaires à l'apparition de la vie. En près de trente ans, les sondes spatiales envoyées observer ces objets sont venues donner du poids à ce scénario. Dernière en date, la sonde européenne Rosetta, de loin la plus ambitieuse de toutes, a accumulé depuis son arrivée en août dernier autour de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko les indices en faveur de cette hypothèse. Tout commence en 1986. Lors de son survol de la comète de Halley, la sonde Giotto analyse alors les poussières émises par celle-ci et met en évidence la



Lire l'intégralité de l'article
sur lejournal.cnrs.fr

présence de matière organique – c'est-à-dire constituée de carbone –, sans toutefois pouvoir déterminer sa nature. Puis, en 2006, dans les échantillons recueillis par la sonde Stardust dans la queue de la comète Wild 2, on identifie la présence de glycine, l'acide aminé le plus simple qu'on retrouve dans tous les organismes vivants.

Des vestiges de 4,5 milliards d'années

« Dans le même temps, bon nombre de travaux menés par les chimistes spécialistes de la Terre primitive sont arrivés à la conclusion que les molécules nécessaires à la vie, à base de carbone, n'ont pas pu être créées sur notre planète, explique Hervé Cottin, membre de l'équipe scientifique de Rosetta au Laboratoire inter-universitaire des



Avant les comètes...

On soupçonne les comètes d'avoir été le principal vecteur des molécules prébiotiques qui ont ensemencé les planètes du système solaire, notamment la Terre. Mais, pour confirmer cette hypothèse, il reste à expliquer par quel processus cette matière organique a pu se former dans les nuages denses et froids du milieu interstellaire, bien avant que la condensation de ces derniers n'aboutisse à la formation du Soleil, des comètes et des planètes. Une équipe interdisciplinaire de l'Institut d'astrophysique spatiale² et de l'Institut de chimie de Nice³ vient de démontrer que ce processus de synthèse spontanée n'a rien d'exceptionnel et peut même être reproduit en laboratoire. Ainsi, en soumettant à une irradiation ultraviolette des glaces similaires aux glaces interstellaires – qui mêlent molécules d'eau, de dioxyde de carbone, d'éthanol et d'ammoniac – les chercheurs ont observé la formation de molécules de la famille des sucres. Dix composés organiques



© ESO/L. CALÇADA

ont été identifiés, et en particulier deux sucres potentiellement importants pour la chimie prébiotique : le glycolaldéhyde et le glycéraldéhyde. Or ces deux composés sont des précurseurs des ribonucléotides, les briques de base de l'ARN, la molécule qui, avec l'ADN, assure le stockage et le transport de l'information génétique dans le monde vivant. La détection de telles molécules renforce ainsi l'hypothèse selon laquelle la matière organique extraterrestre aurait permis d'ensemencer la Terre primitive en molécules essentielles pour le fonctionnement de la chimie prébiotique menant à l'origine de la vie. || Y. P.

Vue d'artiste d'une jeune étoile entourée de son disque protoplanétaire.

La comète de Halley, photographiée ici lors de son dernier passage, en 1986, est la plus connue des comètes.

© CTEINSCIENCE FACTION/CORBIS

systèmes atmosphériques¹, à Créteil. *Il a donc fallu qu'elles soient apportées par des corps extraterrestres. Et les comètes, dont on sait qu'elles sont riches en composés organiques, sont ainsi devenues les candidates idéales.* »

Mais d'où viennent ces composés qu'on retrouve dans les comètes ? Et pourquoi étaient-ils absents sur la Terre primitive ? C'est que les comètes constituent les vestiges de l'époque qui a vu se former le système solaire, il y a plus de 4,5 milliards d'années. En raison de leur petite taille et du fait qu'ils orbitent dans des régions très éloignées du Soleil – au-delà de la planète Neptune –, et donc très froides, ces objets glacés auraient en effet gardé la trace presque intacte de la matière contenue dans le nuage de gaz et de poussières qui a donné naissance à notre étoile et à son cortège de planètes. C'est dans ce nuage primordial qu'auraient été engendrés ces composés organiques, sous l'effet probablement des basses températures qui y régnaient alors et de l'intense radiation des étoiles environnantes. Comme en témoignent les nombreuses détections par les télescopes au sol et dans l'espace de molécules carbonées complexes au sein de nuages denses de matière présents dans le milieu interstellaire.

Détruites par la chaleur sur les planètes en formation, ces molécules auraient ainsi subsisté dans les comètes avant d'être amenées sur Terre, à la faveur d'un énorme bombardement auquel on sait que notre planète et les autres objets du système solaire ont été soumis peu de temps après leur genèse. Dès que l'eau a été stable à l'état liquide, la chute des comètes a pu ainsi les ensemencer avec ces molécules organiques complexes. Et certaines ont pu alors jouer un rôle clé dans l'évolution vers le vivant.

Les précieux résultats fournis par Rosetta

Mais, pour tester cette hypothèse, il faut pouvoir identifier avec certitude ces molécules encore intactes dans les comètes. « *Les précédentes missions ont fait un pas dans cette direction, note Hervé Cottin. Mais Rosetta doit aller plus loin encore en dressant un inventaire complet de toutes ces molécules. De cette façon, on saura quels ingrédients constituaient la soupe primitive et comment la vie a pu en émerger.* »

Déjà, la sonde européenne, qui étudiera la comète jusqu'en décembre 2015 grâce à sa batterie d'instruments scientifiques, a fourni de précieux résultats. Ainsi, ...

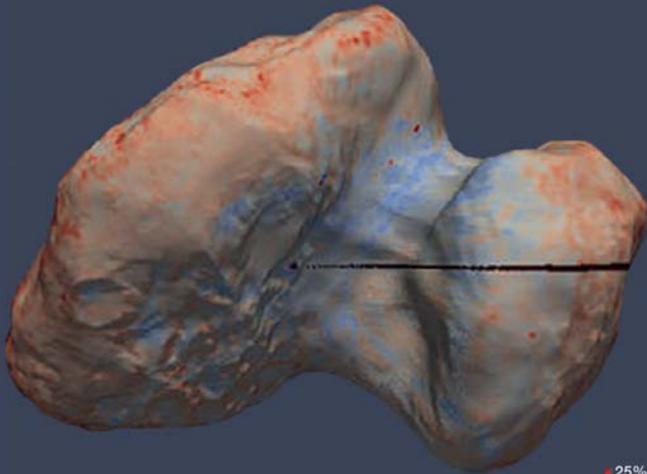
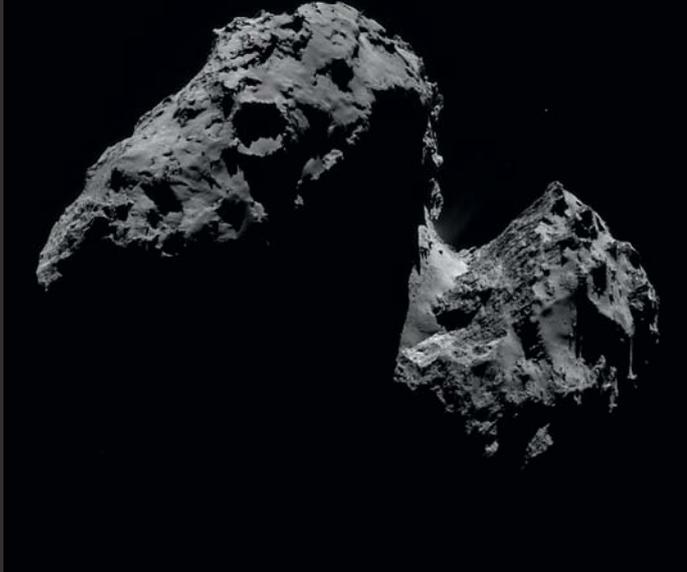


Retrouvez notre dossier
« Philae s'est posé sur Tchouri »
sur lejournal.cnrs.fr

La surface de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko est de composition homogène, à l'exception de la région du cou, qui semble recouverte de glace.



Cliché de l'astéroïde Lutetia, qui mesure 100 kilomètres de diamètre, pris par Rosetta.



© ESA/ROSETTA/MIRIS/NAF-AS/OBS. DE PARIS/LESIA/DLR

© ESA 2010. MPS FOR OSIRIS TEAM MPS/URD/LAM/IAVRSSD/INTAV/IMP/DASPI/IDA

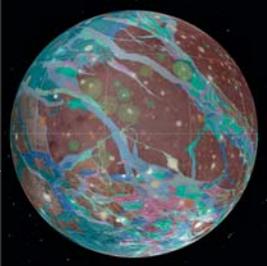
Tchouri. Car, dans la molécule d'eau, de formule chimique H_2O , les hydrogènes, symbolisés par un H, ne sont pas toujours exactement les mêmes. Ces atomes ont en effet des cousins, appelés isotopes, deux fois plus lourds, les deutériums, qui peuvent de temps en temps remplacer un hydrogène léger. Dans nos océans, on trouve ainsi trois atomes de deutérium sur 10 000 molécules d'eau. Sur Tchouri, Rosina vient de calculer ce ratio : il est trois fois supérieur à celui de la Terre⁶. L'eau de la comète est donc très différente de celle de nos océans.

Les astéroïdes, candidats alternatifs

Un résultat qui semble indiquer que ces astres glacés ne sont pas la source principale de l'eau terrestre. Et qui, du coup, donne plus de poids à d'autres petits objets du système solaire, les astéroïdes, qui gravitent plus près du Soleil, entre Mars et Jupiter, et qui constituent eux aussi des vestiges du système solaire. De fait, jusqu'à présent, les mesures effectuées sur des météorites récupérées sur Terre – dont on pense qu'elles proviennent d'astéroïdes –, ne montrent pas de différence dans la composition de leur contenu en eau avec celle des océans.

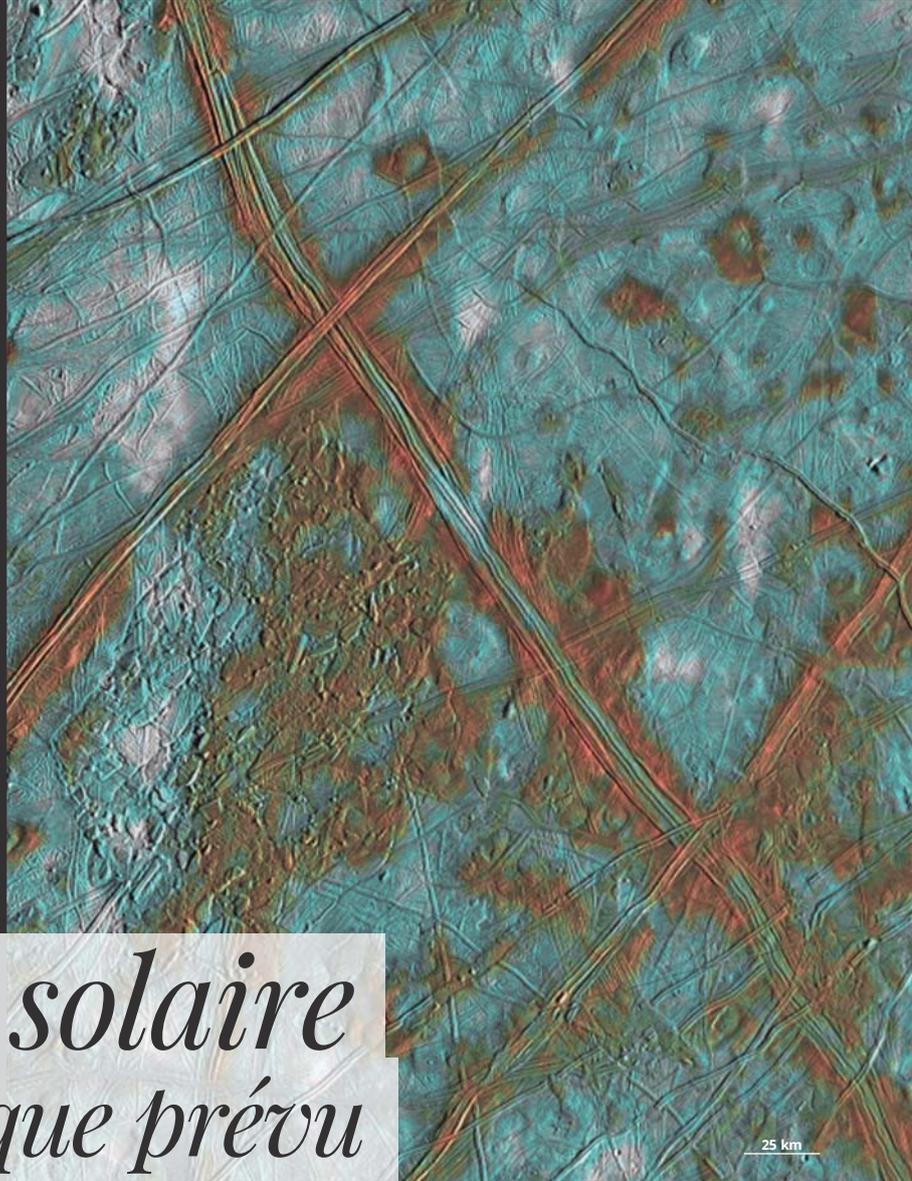
“De nombreux travaux ont établi que les molécules nécessaires à la vie n'avaient pas pu être créées sur notre planète.”

Mais cette conclusion est peut-être prématurée. « Nous avons effectué des mesures sur une dizaine de comètes seulement, précise Dominique Bockelée-Morvan. Et parmi elles, deux présentent un rapport en deutérium proche cette fois de celui de l'eau terrestre. Il est donc encore trop tôt pour trancher le débat. » Il est même possible que, dans les mois à venir, qui verront la comète devenir de plus en plus active, celle-ci éjecte, depuis d'autres régions, de la vapeur d'eau à la composition différente de celle déjà mesurée par Rosina. Pour Rosetta, la quête des origines de la vie ne fait que commencer. **|| J. B.**

© USGS ASTROGEOLOGY SCIENCE CENTER
WHEATON/NASA/JPL-CALTECH

© NASA/JPL/DLR

Clichés de Ganymède (à gauche) et de Callisto (à droite) pris par la sonde Galileo.



Un système solaire plus habitable que prévu

La recherche de vie extraterrestre est depuis longtemps synonyme de recherche d'eau liquide. Et pour cause : partout où il y a de l'eau liquide sur Terre, on trouve quasi systématiquement de la vie. Ce principe a conduit les exobiologistes à lier la zone d'habitabilité des systèmes planétaires à l'éloignement de leur étoile : n'étaient habitables que les corps situés à une distance où l'énergie apportée par les radiations de l'étoile permettait le maintien d'une eau à l'état liquide. Ce qui, dans le système solaire, correspond à une bande située entre les orbites de Vénus et de Mars.

Une planète rouge aride mais remplie d'eau

Or, si l'on n'a pas trouvé la moindre trace d'humidité sur Vénus, les missions martiennes qui se sont succédé depuis le milieu des années 1990 ont apporté la preuve que la planète rouge regorge d'eau, que ce soit sous forme de glace, de vapeur ou de minéraux hydratés. « Si on combinait tous les dépôts de glace d'eau détectés à ce jour, ce qui inclut notamment la calotte de 1 000 kilomètres de diamètre qui

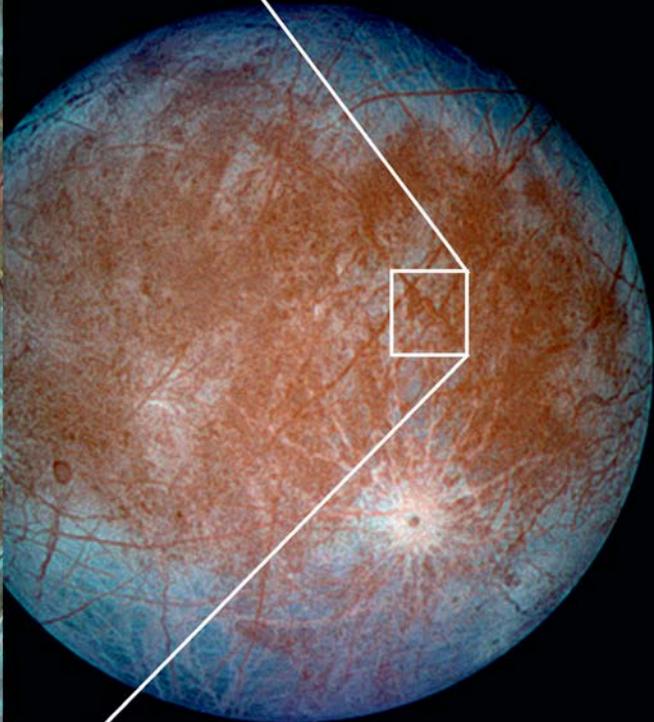
recouvre le pôle Nord de Mars, note Franck Montmessin, du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos)⁷, on obtiendrait une masse d'eau équivalente à celle d'un océan global de 30 mètres environ de profondeur. » La découverte de formations géologiques similaires aux réseaux fluviaux terrestres indique que, par le passé, l'eau a abondamment coulé et que la planète a donc un jour été habitable, si ce n'est habitée. Malheureusement, aujourd'hui, on ne trouve plus d'eau liquide stable à la surface de Mars. En effet, la très faible pression atmosphérique martienne fait que la glace d'eau, quand elle fond, ne s'y transforme pas en liquide, mais se sublime directement en vapeur d'eau.

Les chercheurs n'ont toutefois pas abandonné la traque aux indices d'une vie martienne, présente ou passée. Sur tout depuis que plusieurs équipes indépendantes ont détecté des bouffées de méthane dans l'atmosphère martienne. Or, si la présence de méthane est souvent liée à une activité biologique, elle peut aussi résulter de processus géophysiques comme le volcanisme. La sensibilité des appareils actuels ne permet pas de déterminer l'origine de ce gaz. « L'orbiteur de

7. Unité CNRS/UPMC/UVSQ/Cnes.



Lire notre article « Vie sur Mars : l'enquête progresse » sur lejournel.cnrs.fr



Cliché d'Europe avec zoom sur sa croûte glacée qui recouvre un océan profond d'une centaine de kilomètres.

© NASA/JPL/UNIVERSITY OF ARIZONA



Vue d'artiste du rover européen ExoMars 2018, aussi appelé Pasteur.

Mars : quatre allers pour préparer un retour

« On a changé de paradigme, affirme Franck Montmessin, du Latmos. La seule recherche d'eau n'est plus la priorité. On s'intéresse désormais à l'environnement géochimique martien actuel et aux indices qu'il fournit sur l'évolution de son habitabilité, voire de son activité biologique. » Ainsi, au cours des cinq prochaines années, pas moins de quatre missions complémentaires sont programmées qui s'intéresseront à la structure interne, à la chimie du sol et à l'atmosphère de la planète. Deux seront pilotées par la Nasa, Insight en 2016, puis Mars 2020 ; et deux autres seront issues d'une collaboration entre les agences spatiales européenne (ESA) et russe, ExoMars 2016 et ExoMars 2018. Outre la mise en orbite par ExoMars 2016 du satellite TGO (Trace Gas Orbiter), équipé d'instruments de détection des gaz de l'atmosphère, toutes ces missions prévoient un atterrissage sur Mars, qu'il s'agisse d'une station fixe (l'atterrisseur européen Schiaparelli et l'américain Insight en 2016) ou des rovers européen puis américain. Ces explorations doivent conduire à une mission assurant le retour d'échantillons martiens sur Terre. Le lancement d'ExoMars 2016 est prévu en janvier 2016, pour une mise en orbite martienne de TGO et un atterrissage de Schiaparelli le 19 octobre 2016 ; une première pour l'Europe depuis l'échec de la sonde Beagle 2 en 2003. **II Y. P.**

la mission ExoMars 2016 sera équipée de deux spectromètres qui augmenteront les seuils de sensibilité d'un facteur 10 à 100, précise Franck Montmessin. Ils permettront d'établir un premier inventaire détaillé des gaz présents sur Mars et pourront apporter des éléments pour contraindre les hypothèses sur l'origine du méthane détecté. » Les rovers des missions ExoMars 2018 et Mars 2020 se chargeront ensuite d'analyser des roches vieilles de plus de 3 milliards d'années, quand la planète disposait d'une atmosphère bien plus dense et que l'eau liquide y abondait. Avec l'espoir d'y trouver les traces d'une chimie prébiotique, voire d'une activité biologique.

De la vie sous la glace ?

Parallèlement aux efforts déployés pour autopsier notre voisine, les données collectées par les sondes Galileo et Cassini ont montré que Mars n'était peut-être pas le seul corps du système solaire à avoir pu abriter une vie extraterrestre. « De récentes découvertes sur les lunes de Jupiter et de Saturne ont complètement remis en cause nos notions d'habitabilité, reconnaît Athéna Coustenis, planétologue au Lésia. Les effets de marée qu'exercent les géantes gazeuses sur leurs lunes glacées leur procurent une source d'énergie

constante qui entretient leur activité géologique et permet l'existence d'océans liquides sous la glace, ce qui les rend potentiellement habitables. » Rien qu'autour de Jupiter, si Europe apparaît comme la candidate la plus prometteuse, avec son océan de 100 kilomètres de profondeur, Callisto pourrait, elle aussi, cacher un océan sous une épaisse couche de glace ; quant à Ganymède, le plus gros satellite du système solaire, on le soupçonne d'être recouvert d'un millefeuille alternant couches glacées et liquides.

C'est dans ce contexte que l'Agence spatiale européenne (ESA) a validé, en novembre dernier, la mission Juice (Jupiter Icy Moon Explorer), la première grande mission du programme Cosmic Vision 2015-2025. « Juice permettra, entre autres, de déterminer l'habitabilité des satellites de Jupiter Europe, Callisto et Ganymède, explique Athéna Coustenis. L'orbiteur emportera une dizaine d'instruments, certains développés par des équipes du CNRS, destinés à l'étude de l'atmosphère et de la magnétosphère jovienne ainsi qu'à la caractérisation de ces lunes, de leur exosphère et de leur océan enfoui sous la glace. » Le lancement est prévu en 2022, pour une mise en orbite autour de Ganymède en 2030, juste après le survol d'Europe à deux reprises. **II Y. P.**

Exoplanètes : quels climats pour quelle vie ?

Véritables fournaies, rafales de vent ou encore saunas permanents, le climat des **exoplanètes** pourrait se révéler très exotique. C'est ce que montre le travail de prospective de François Forget et Jérémy Leconte, chercheurs en météorologie dynamique⁸. Ils développent depuis 2008 un modèle numérique permettant d'imaginer le climat de ces planètes en dehors du système solaire. « *C'est un travail fondamental qui ouvre un nouveau champ de recherche, affirme Vincent Coudé du Foresto, astronome spécialiste des exoplanètes à l'Observatoire de Paris. Car, si on est tout à fait capable de déterminer à quoi ressemble une étoile, ce n'est pas encore le cas pour les exoplanètes.* »

« *Pour simuler le climat d'une exoplanète, on a besoin de connaître au moins trois paramètres : son insolation, les mouvements qu'elle effectue et la composition de son atmosphère* », explique François Forget. L'insolation de la planète varie en fonction de sa distance à l'étoile et à la taille de cette dernière. Plus l'étoile est proche et massive, plus il fera chaud. L'orbite de la planète et sa rotation sur elle-même

influencent sur la météo et peuvent provoquer des variations climatiques à l'image des saisons sur Terre. D'ailleurs, certaines exoplanètes pourraient montrer en permanence une seule face à leur Soleil, comme la Lune avec la Terre. Une face resterait donc dans l'obscurité et le froid permanent. L'atmosphère, elle, est composée de différents gaz, azote, soufre, oxygène, vapeur d'eau... qui, en fonction de leur nature et de leur concentration, jouent sur le climat.

Des atmosphères encore mal connues

Le but de ces recherches est notamment de déterminer s'il existe beaucoup de planètes dont le climat permet à la vie de se développer. La présence d'eau est nécessaire, mais pas suffisante, car celle-ci peut, en fonction des conditions climatiques, être totalement gelée ou n'exister que sous forme de vapeur. Or l'eau à l'état liquide est indispensable pour la vie telle que nous la connaissons. Plus de 1 800 exoplanètes ont déjà été répertoriées⁹, mais les observations restent très incomplètes. « *Pour l'instant, on connaît plusieurs planètes évoluant dans des zones d'habitabilité par rapport à leur*

EXOPLANÈTE

Planète en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil, appelée aussi planète extrasolaire.

8. Laboratoire de météorologie dynamique (CNRS/École polytechnique/ENS/UPMC). 9. Source : The Extrasolar Planets Encyclopaedia : <http://exoplanet.eu>



étoile, mais on ne sait pas concrètement si leur atmosphère, elle, est habitable », constate François Forget.

L'atmosphère, c'est donc le paramètre le plus problématique pour nos chercheurs. En effet, il est très difficile de déterminer la composition de l'atmosphère de corps célestes qui se trouvent à des années-lumière de la Terre : 4,3 années-lumière pour la planète la plus proche, Alpha Centauri B, soit une distance 40 000 fois plus importante que celle qui nous sépare de Jupiter. La technologie actuelle permet d'analyser les atmosphères par spectroscopie quand la planète passe devant son étoile. À partir du spectre, on détermine les espèces chimiques présentes dans l'atmosphère et on estime leur concentration. Mais cela n'est réalisable que pour des exoplanètes relativement grosses, de type Jupiter chaud, et qui tournent autour d'étoiles plus petites que le Soleil. Des conditions qui expliquent qu'on ne connaisse encore l'atmosphère d'aucune exoplanète rocheuse, plus similaire à la Terre.

Un défi pour l'imagination

Ce manque de données n'a pas suffi à arrêter François Forget et Jérémie Leconte. Au contraire, ils ont commencé par bâtir une classification des atmosphères : « *Nous avons essayé de déterminer quelles pouvaient être les atmosphères possibles des exoplanètes*, raconte le météorologue. *Cette classification est très certainement fautive, mais on a beaucoup de mal à anticiper ce qui changera avec les futures données.* » Pas facile, en effet, de deviner les propriétés d'atmosphères encore jamais rencontrées dans le système solaire. « *Si on ne connaissait pas Saturne, personne n'aurait pensé que les planètes pouvaient être entourées d'anneaux* », fait remarquer en souriant François Forget. Comme point de départ, les chercheurs ont donc utilisé les paramètres atmosphériques des planètes de notre système, mais ils savent que ce ne sera pas suffisant. « *Par exemple, on ne s'attendait pas du tout à observer des planètes de type Jupiter si près du Soleil* », souligne le météorologue.

Dernière étape, les chercheurs n'ont plus qu'à utiliser le modèle générique de climat global, le programme développé pour prévoir les climats. « *On crée une sphère à laquelle on applique nos paramètres, l'insolation, le mouvement planétaire, la composition de l'atmosphère, mais aussi le relief, les règles appliquées à la propagation de la lumière... Puis on lance la simulation* », décrit François Forget. Il est alors possible de constater la formation de couvertures nuageuses, de glaciers ou encore d'océans. Le logiciel, similaire à ce qui existe pour prévoir la météo sur Terre, génère des scénarios climatiques qui correspondent plutôt bien à ce qui se passe sur les planètes du système solaire. « *Mais cette comparaison nous permet aussi d'identifier les phénomènes que nous avons du mal à simuler, comme la circulation des vents sur Vénus ou les tempêtes de poussières sur Mars* », explique le chercheur.

Mais alors, quel climat règne sur nos lointaines exoplanètes ? La simulation permet d'extrapoler les conditions climatiques de plusieurs planètes déjà répertoriées. Pour des planètes rocheuses très proches de leur soleil et qui ne lui montre qu'une face, des océans de lave se formeraient côté ensoleillé. Le côté opposé présenterait, lui, une perpétuelle nuit. La différence de température entre les deux faces serait alors à l'origine de vents de plusieurs centaines de kilomètres par heure. Corot-7b, dont la découverte avait été très médiatisée en 2009, pourrait être une de ces planètes. Les chercheurs imaginent aussi des planètes recouvertes d'eau qui, si leur température était suffisamment élevée, deviendraient des planètes sauna, c'est-à-dire enveloppées de vapeur d'eau. Ce pourrait être le cas de Gliese 1214b. On peut aussi trouver des planètes yoyo, dont l'orbite est très excentrique, comme 16 Cygni Bb. Elles connaîtraient des hivers très longs et des étés très

“Pour simuler le climat d'une exoplanète, il faut connaître son insolation, les mouvements qu'elle effectue et la composition de son atmosphère.”

courts. Pour perfectionner la simulation, il faut maintenant recueillir un maximum de données sur les exoplanètes et les confronter au modèle.

La stabilité du climat nécessaire à la vie

Au-delà de l'incroyable diversité des simulations, les scénarios météorologiques générés par François Forget et son équipe montrent surtout combien l'équilibre du climat est fragile. « *Le climat d'une planète peut basculer brutalement à la suite des plus infimes variations de paramètres*, explique-t-il. *Or un des critères permettant à une planète de contenir de la vie, c'est aussi de conserver un climat stable pendant longtemps car, dès qu'il penche vers un extrême de température, c'est toute l'eau liquide qui disparaît.* » La Terre, qui a réussi à retenir son eau pendant 4 milliards d'années, est-elle une exception ? En tout cas, les chercheurs du Laboratoire de météorologie dynamique ont montré qu'il suffit de l'éloigner légèrement du Soleil pour qu'en vingt-cinq ans elle se transforme en boule de neige. « *Il n'est pas impossible que le climat terrestre soit une exception* », affirme le météorologue. La plus étrange des planètes pourrait bien être la Terre. ■ T. C.



1

Le musée des invisibles

MATIÈRE

Nanosciences. Van Gogh avait ses pinceaux, Rodin, ses burins. L'artiste Michel Paysant et les physiciens Giancarlo Faini et Christian Ulysse, du Laboratoire de photonique et de nanostructures du CNRS, utilisent, eux, la lithographie électronique haute résolution. Leur exposition itinérante OnLab dévoile une sélection d'œuvres qui tiendraient sur un grain de sable : reproductions de sculptures du Louvre, standards de l'art moderne, réalisations inspirées de l'architecture et pièces contemporaines originales de Michel Paysant. Coup de projecteur sur ces œuvres d'art invisibles à l'œil nu, exposées récemment à Pékin.

TEXTE NICOLAS BAKER

PHOTO MICHEL PAYSANT, CHRISTIAN ULYSSE ET GIANCARLO FAINI/LPN/ONLAB

1. Une étape en salle blanche est indispensable au processus de fabrication de ces œuvres d'art nanoscopiques. Les échantillons y subissent divers traitements chimiques : utilisation de solvants, attaque acido-basique, chimie électrolytique.

2. Ce génie ailé à tête d'oiseau reproduit le relief gravé sur un palais assyrien du premier millénaire avant notre ère. Cette œuvre en or sur silicium a une dimension de $194 \mu\text{m} \times 225 \mu\text{m}$... Un véritable exploit, sachant qu'un micromètre (μm) est égal à 0,001 millimètre !

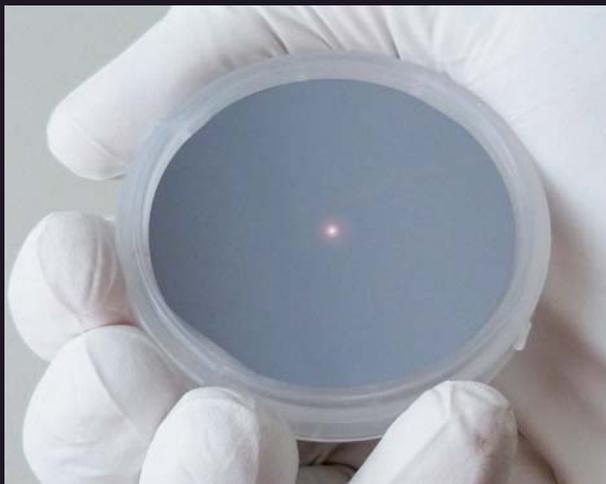


50 µm



3

3. Cette reproduction d'un masque maori en or sur une surface de silicium (359 µm x 368 µm) ne se laisse admirer qu'au microscope optique.



4

4. Invisibles ou quasiment à l'œil nu, ces reproductions interrogent sur les limites de la connaissance d'une œuvre à l'échelle de la seule perception rétinienne.

5. Vues au microscope électronique et optique d'une reproduction de *La Grande Danse macabre des hommes et des femmes* (original de Nicolas le Rouge, 1496).

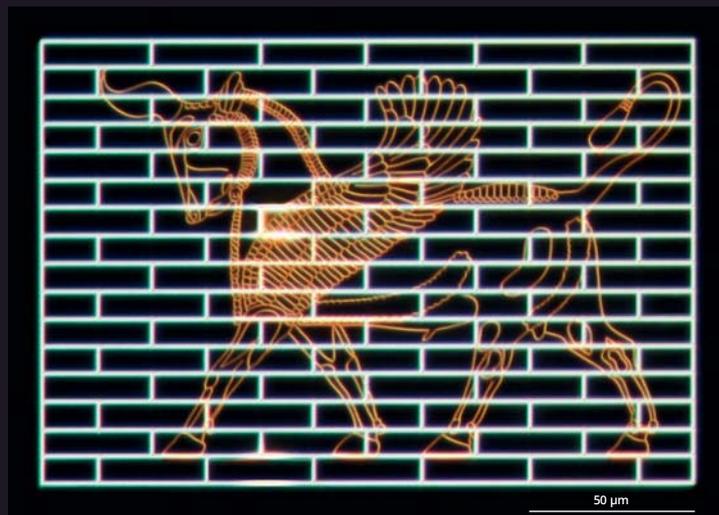
5



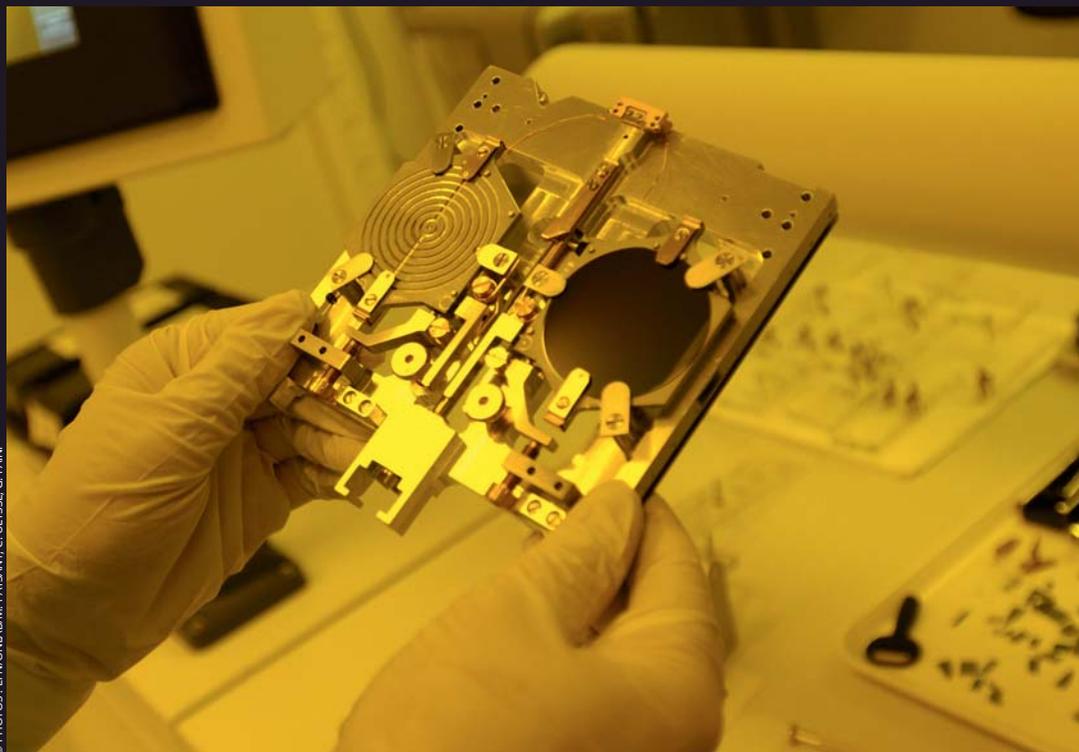
© PHOTOS: LIPWONLAB.M, PAYSANT, C. ULYSSE, G. FAINI

6. Représentation d'un panneau décoratif en briques moulées du site archéologique de Suse, en Iran, datant de 510 avant J.-C. Or et polymère sur silicium (175 μm x 119 μm).

7. La lithographie électronique utilise un faisceau d'électrons d'une dizaine de nanomètres de diamètre (un cheveu humain possède un diamètre d'environ 100 000 nm). La technique sert avant tout à la réalisation de circuits microélectroniques industriels.



6



7

© PHOTOS : LERMONIABIM, PAVISANT, C. ULYSSE, G. FAINI

50 μm

8

8. Représentation de l'Arche de Noé d'après une illustration d'une Bible de Luther datant de 1564. Or sur silicium (227 μm x 164 μm).



Visionner le diaporama sur lejournald.cnrs.fr



Pergélisol, le piège climatique

UNE ENQUÊTE RÉALISÉE PAR LAURE CAILLOCE,
ENVOYÉE SPÉCIALE AU NUNAVIK

TERRE

Caractéristique des régions arctiques, le pergélisol, le sol gelé depuis des milliers d'années, dégèle peu à peu sous l'effet du réchauffement climatique, libérant dans l'atmosphère de puissants gaz à effet de serre. Alors que Paris s'apprête à accueillir la prochaine Conférence climat (COP21), *CNRS Le journal* s'est rendu à Kuujjuarapik, dans l'Arctique canadien, pour mieux comprendre ce phénomène aujourd'hui largement sous-estimé par les modèles climatiques.

Conséquence de la fonte du pergélisol, les mares de thermokarst (ici sous la neige) seraient plusieurs millions en Arctique.

© L. CAILLOCE/ONIS PHOTOGRAPHE

Kuujjuarapik

Zones de pergélisol



© NASA EARTH OBSERVATIONS

Du bleu foncé au bleu clair :
zones de pergélisol continu
(90 % de la surface) à
sporadique (moins de 10 %).

Les Inuits le savent bien, eux qui sont coutumiers des longues attentes dans les aéroports de la région. Voyager dans le Nord demande une bonne dose de patience. C'est à notre tour d'en faire l'expérience, en ce matin de décembre : le vol d'Air Inuit sur lequel nous avons embarqué à Montréal fait un atterrissage forcé à 150 kilomètres à peine de notre destination, Kuujjuarapik. Dans ce village inuit situé au sud de la baie d'Hudson, à l'embouchure de la Grande rivière à la Baleine, le blizzard fait rage et empêche tout trafic aérien. Des conditions inhabituelles à cette époque de l'année. « À cause du changement climatique, la glace de mer tarde à se former sur la baie, ce qui crée une grande instabilité des masses d'air », nous explique-t-on.

Le plus gros réservoir de carbone continental

C'est loin d'être la seule conséquence des bouleversements climatiques dans le Nunavik, cette région arctique du Québec peuplée à 90 % d'Inuits. Ici, non seulement la banquise se réduit d'année en année, mais le pergélisol (*permafrost*, dans sa version anglo-saxonne), le sol gelé en permanence, caractéristique des régions arctiques, commence lui aussi à dégeler... Un vrai problème pour les infrastructures des quatorze municipalités de la ...



... région – routes d'accès et pistes d'aéroport défoncées, maisons qui voient le sol se déliter sous leurs fondations –, mais aussi pour le devenir climatique de la planète. C'est pour en savoir plus sur ce phénomène inquiétant que nous avons fait le voyage avec Florent Dominé : ce chercheur au laboratoire franco-canadien Takuvik a initié un vaste projet de recherche sur le pergélisol, le projet APT (Acceleration of Permafrost Thaw by Snow-Vegetation Interactions), réunissant pas moins de huit laboratoires français et canadiens¹.

Le pergélisol représente 25 % des terres émergées dans l'hémisphère Nord, soit l'équivalent de la superficie du Canada. C'est le plus gros réservoir de carbone continental de la planète, devant les réserves de combustible fossile que sont le pétrole, le gaz et le charbon : « Depuis la dernière glaciation, 1 700 milliards de tonnes de carbone d'origine végétale s'y sont accumulées, explique Florent Dominé. C'est deux fois plus de carbone que n'en contient actuellement l'atmosphère ! » Problème, avec la hausse des températures atmosphériques, le pergélisol tend à se réchauffer, voire à dégeler par endroits. « Au Nunavik, on a enregistré une hausse de 2 °C de la température du sol à 4 mètres de profondeur entre 1992 et 2010 », rappelle le Québécois Michel Allard, chercheur à Takuvik et partie prenante du projet APT. Or, en dégelant, le pergélisol libère dans l'atmosphère du dioxyde de carbone (CO₂) et du méthane, deux puissants gaz à effet de serre. « Si la totalité du carbone emprisonné dans le pergélisol venait à être relâchée, cela pourrait avoir des conséquences dramatiques pour le réchauffement climatique », assure Florent Dominé, qui évoque une augmentation de 5 à 8 °C de la température d'ici à 2100, quand le pire scénario du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)² se situe aujourd'hui à 4 °C, faute de prendre encore en compte ces processus complexes, mis au jour récemment.

Trois sites sous haute surveillance

« Il est urgent d'intégrer le pergélisol aux modèles climatiques, martèle le chercheur. Pour ce faire, il faut connaître précisément l'évolution de son régime de température en fonction des conditions extérieures telles que la température de l'air, la vitesse du vent, la nature du sol, mais aussi, et on le sait moins, les caractéristiques du manteau neigeux qui le recouvre l'hiver... » Deuxième axe de recherche indissociable du premier : connaître et modéliser les processus de relargage des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. « Tout ce qu'on sait aujourd'hui, c'est qu'on est face à une redoutable boucle de rétroaction positive, poursuit le chercheur. Plus la température de l'air augmente, plus le pergélisol fond, plus la quantité de gaz à effet de serre



À Kuujjuarapik, les motoneiges ont remplacé les traîneaux des Inuits durant les mois d'hiver.

Kuujjuarapik, le village le plus méridional de l'Arctique

Située à 1 120 kilomètres au nord de Montréal, Kuujjuarapik se trouve à la limite sud du Nunavik, la région inuite du Québec. L'ancien comptoir de traite des fourrures, aussi appelé Poste-de-la-baleine du temps des Français, car on y chassait le béluga, bénéficie d'un statut unique au Nunavik. Contrairement aux treize autres villages de la région, le village de 1 500 âmes se partage entre deux communautés, les Inuits et les Cris – une population amérindienne qui se trouve ici à l'extrémité nord de son territoire. Hormis un gymnase et une aréna de hockey communs, Kuujjuarapik (Whapmagoostui, dans sa version crie) compte donc deux municipalités distinctes, deux écoles, deux postes de police, deux stations de pompiers... En revanche, une même interdiction frappe les deux communautés. Kuujjuarapik-Whapmagoostui est en effet ce que l'on appelle un village « sec », où la vente de vin, bière et spiritueux est strictement contrôlée par les autorités inuites et cries. Avec l'obésité qui affecte les autochtones, dont le régime traditionnellement carné s'accommode mal de la consommation de sodas et snacks apportés par la « modernité », l'alcool est un fléau pour ces populations qui le métabolisent mal et touche de plein fouet les familles.

augmente dans l'atmosphère, ce qui entraîne une nouvelle hausse de la température de l'air, et ainsi de suite... » Trois sites ont été retenus pour mener cette étude de trois ans : l'île Bylot, le plus septentrional (73° de latitude nord), situé dans une région de pergélisol continu caractérisée par un paysage de toundra herbeuse ; Umiujaq (56° N), un village côtier situé dans une région de pergélisol discontinu présentant une alternance de forêt boréale et de toundra arbustive ; et enfin, Kuujjuarapik, le site le plus méridional (55° N), caractérisé par un paysage de pergélisol sporadique, qui fait la part belle à la forêt boréale et aux conifères – le but de notre voyage !

Le lendemain, le blizzard a fait place à un grand soleil. Nous survolons la baie d'Hudson à peine ridée par les premiers gels et plongeons vers Kuujjuarapik. Pas le

1. Le projet APT est financé par la Fondation BNP-Paribas, qui vient de lui apporter une dotation de 560 000 euros.

2. Les rapports du Giec sont le fruit des travaux publiés par les scientifiques durant les six années précédant la publication.



Florent Dominé, chercheur à Takuvik, mesure le manteau neigeux à quelques kilomètres de Kuujjuarapik.

Ces dernières décennies, 90% du pergélisol a disparu à Kuujjuarapik.



Les buttes de pergélisol, également appelées pales, que l'on aperçoit ici, sont caractéristiques de la région.

© PHOTOS : L. CALLOCECINS PHOTOGRAPHE

temps de souffler au village : nous montons aussitôt dans l'hélicoptère qui doit nous emmener sur les buttes de pergélisol situées à quelques kilomètres de là. L'engin n'est pas une coquetterie : en Arctique, il n'y a tout simplement pas de routes ! Depuis le ciel, nous découvrons les pales, ces buttes de tourbe gonflées par la glace, et les mares créées par la fonte du pergélisol, aussi appelées mares de thermokarst, alignées comme autant de pots de peinture blanche. Les buttes sont en réalité les derniers reliquats du pergélisol qui existait autrefois à Kuujjuarapik, et dont 90 % a fondu ces dernières décennies. Nous nous posons sur l'une d'elles et déchargeons le matériel. Le thermomètre confirme que nous ne sommes pas là pour nous amuser : il fait -23°C ! Le temps de préparer les instruments, les appareils photo et les smartphones se figent : « problème de refroidissement », affiche un téléphone auquel le froid polaire a fait visiblement perdre la tête.

Des hauteurs de neige trop importantes

Chaudement emmitouflé dans sa veste en duvet d'oie, bonnet vissé sur la tête, Florent Dominé est, lui, dans son élément. « *La neige est un très bon isolant, proche des performances du polystyrène ou... d'une bonne doudoune, indique le chercheur. L'hiver, elle fait tampon entre le pergélisol et l'air extérieur et empêche le sol de se refroidir autant que ce dernier. Ses propriétés isolantes varient néanmoins en fonction de son épaisseur, de sa densité et de sa structure. Une couche de neige très épaisse sera plus isolante qu'une couche plus fine ; une neige peu dense préservera plus du froid qu'une neige plus compacte.* » Le chercheur dégaine sa sonde à neige – il mesure 12 centimètres à peine d'épaisseur au sommet de la palse –, et enfonce une sonde de température dans la neige. À l'interface pergélisol-neige, la température atteint -9°C , soit 15°C de plus que la température atmosphérique ! Grâce à une petite pelle de contenance connue (100 cm^3), ...



Les mares de thermokarst (vues ici en été) émettent du CO₂ et du méthane, deux puissants gaz à effet de serre.

© CENTRAKURIK

... il ramasse la poudre blanche et la pèse sur la balance extraite de ses valises à instruments. De tête, il calcule sa densité. « Elle est encore assez légère », commente le chercheur. Nouvelle démonstration, au pied de la palse, où la neige, nettement plus épaisse, s'est accumulée sur 80 centimètres de hauteur. La température du pergélisol au contact avec la neige y est de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, proche du dégel !

La démonstration n'est pas innocente : avec le changement climatique, on enregistre non seulement une hausse de la température de l'air, mais également une augmentation du régime des précipitations (pluie et neige), du fait d'une plus grande évaporation. « C'est contre-intuitif, car tout le monde en Arctique peut constater que le nombre de jours de neige a diminué, souligne le chercheur. Pourtant, lorsque la neige tombe, c'est en quantité bien plus importante qu'avant. Les hauteurs de neige tendent donc à augmenter, ce qui a un effet direct sur le réchauffement du pergélisol. » Autre facteur à prendre en compte

pour une meilleure compréhension des effets du manteau neigeux : la végétation. Avec la hausse des températures atmosphériques, la couverture végétale s'accroît, tandis que les arbres et les arbustes migrent vers le nord. Or plus de végétation signifie des hauteurs de neige plus importantes. « La neige soufflée par le vent a tendance à s'accumuler en présence de végétation, au pied des arbres notamment », précise Florent Dominé. En outre, la végétation, de couleur sombre, diminue le pouvoir réfléchissant de la neige (celle-ci renvoie donc moins de chaleur et de rayonnement solaire vers l'espace) et modifie en profondeur ses propriétés optiques – autant de paramètres qui seront mesurés précisément dans le cadre du projet APT.

Le rôle décisif des mares de thermokarst

L'hélicoptère est de retour, prêt à nous ramener au village. La nuit ne va pas tarder à tomber, nous n'aurons malheureusement pas le temps de nous poser près des



Déformée par le dégel du pergélisol, la route d'accès à l'aéroport d'Akulivik, dans le nord du Nunavik, a dû être réparée.

Quand le dégel menace les infrastructures

Longtemps, on a pris le pergélisol pour acquis : ainsi, treize des quatorze aéroports du Nunavik ont été construits sur ce sol dur comme du béton sans que l'on imagine qu'un jour il pourrait s'affaisser sous l'effet du dégel ! Avec l'aide des chercheurs, l'aéroport de Salluit, dont la piste était très endommagée, a ainsi dû faire l'objet de lourds travaux de consolidation : « On a recréé du pergélisol et intégré des capteurs de suivi à la piste », explique Michel Allard, chercheur québécois au laboratoire Takuvik. Le dégel en cours hypothèque aussi les projets de construction, et ce alors que le développement de l'habitat devient crucial pour les communautés inuites. « Avec l'explosion démographique, le Nunavik et ses 15 000 habitants font face à une véritable crise du logement », indique Michel Allard. Sans compter le Plan Nord, lancé par le gouvernement québécois afin de développer économiquement la région... La solution passe par l'élaboration de nouvelles techniques de construction et par un travail de cartographie poussé de la région. « Il faut caractériser la nature du sol km² par km² afin de prédire comment il se comportera sous l'effet du dégel », préconise le chercheur. Un boulot de titan !

mares de thermokarst. Déjà pris dans la glace à cette période de l'année, ces véritables bioréacteurs sont au cœur du processus de relargage du carbone gelé. Lorsque le pergélisol dégèle, des morceaux de sol se détachent et tombent dans l'eau, apportant nutriments et carbone aux bactéries et au plancton présents dans la mare, qui les dégradent en CO₂ (dans les couches d'eau proches de la surface) et en méthane ou CH₄ (dans le fond privé d'oxygène de la mare). « Des chercheurs ont analysé le méthane libéré par ces mares en plusieurs endroits de l'Arctique, rapporte Warwick Vincent, le directeur scientifique du Centre d'études nordiques, qui gère notamment les bases scientifiques de l'île Bylot, d'Umiujaq et de Kuujuarapik. Dans certaines, le carbone est âgé de plus de 20 000 ans ! Cela signifie que c'est le vieux carbone stocké dans le pergélisol qui est en train d'être relargué dans l'atmosphère. Pas vraiment une bonne nouvelle pour la planète... »

C'est le vieux carbone qui est en train d'être relargué dans l'atmosphère, pas vraiment une bonne nouvelle pour la planète.



Alec Tuckatuck, chasseur inuit, a vu le climat changer depuis les années 1980 : étés plus longs, hivers plus courts...

Le travail de modélisation des émissions gazeuses promet en tout cas d'être ardu. « Il existe des millions de mares semblables en Arctique, sur une superficie de plusieurs centaines de kilomètres carrés », estime Warwick Vincent. Le plus étonnant, c'est que ces mares de fonte n'ont pas toujours joué contre nous : dans les premiers milliers d'années qui ont suivi la fin de la dernière glaciation (il y a 15 000 ans), elles auraient contribué à réchauffer notre atmosphère encore glaciaire, avant de se combler progressivement.

De retour à Kuujuarapik, où nous nous installons pour la nuit dans les bâtiments du Centre d'études nordiques, une nouvelle achève de nous glacer les os, déjà bien rafraîchis par un après-midi sur la neige : un ours polaire a été aperçu en plein village la nuit précédente, et les enfants sont privés de sortie jusqu'à nouvel ordre... « Quand j'étais enfant, dans les années 1950, des choses pareilles ne se produisaient pas », affirme Alec Tuckatuck, un chasseur inuit rencontré au Centre. C'est une conséquence de plus du changement climatique sur les régions arctiques : du fait de la diminution et de la fragilisation de la banquise, son habitat naturel, le géant blanc se met en effet à longer les côtes et entre dans les villages pour chercher de la nourriture... Le lendemain, le blizzard blanchit à nouveau le village. Il nous faudra patienter pour rentrer à Montréal. L'ours blanc, lui, a été abattu par les chasseurs. ||



Retrouvez notre dossier
« Les experts du climat »
sur lejournal.cnrs.fr

Objectif Arctique

L'Arctique est aujourd'hui au centre de l'attention des scientifiques. Plusieurs projets de recherche communs permettent aux chercheurs hexagonaux de travailler main dans la main avec leurs homologues canadiens, au plus près du terrain.

L'Arctique est l'endroit de la planète où les changements climatiques sont les plus aigus et les plus évidents. Et leurs effets en cascade n'en finissent plus de se révéler aux chercheurs... Créé en 2011, Takuvik est un laboratoire franco-canadien rassemblant près d'une centaine de scientifiques (chercheurs, ingénieurs, étudiants, post-doctorants). Hébergée dans les locaux de l'université Laval, à Québec, cette Unité mixte internationale (UMI)³ a dégagé deux axes de recherche prioritaires : un volet terrestre, centré principalement sur le pergélisol et le manteau neigeux (lire pp. 31-35), et un volet océanique.

Le plancton scruté à la loupe

« En trente ans, la superficie de la banquise d'été a reculé de 40 %, rappelle Marcel Babin, le directeur de Takuvik. Résultat, le pôle Nord joue de moins en moins son rôle



La diminution de la banquise expose l'océan à davantage de lumière et donc à la prolifération du plancton.

de réfracteur naturel qui renvoie vers l'espace une partie importante de l'énergie solaire atteignant la surface de la Terre. Dans le même temps, la diminution de la banquise a pour conséquence d'exposer l'océan Arctique à davantage de lumière, ce qui a un effet direct sur le bloom (la floraison) du phytoplancton. »

Le plancton étant à la base de la chaîne alimentaire dans l'océan, faut-il en déduire que la production globale y sera plus élevée dans les prochaines années ? C'est ce que veulent notamment déterminer les chercheurs de Takuvik. « Couplée au dégel du pergélisol, la hausse des précipitations augmente le débit des fleuves dans ces

3. Unité CNRS/Univ. Laval.



Le chercheur Guislain Bécu devant un *glider*, un appareil mesurant 24 heures sur 24 les propriétés de l'eau de mer.



© PHOTOS : L. CALLOE/GENIS PHOTO THÈQUE

Les chercheurs de Takuvik ont développé un dispositif inédit destiné à « élever » le plancton en conditions réelles.

régions et draine davantage de carbone et de nutriments vers l'océan, explique Marcel Babin. Mais, pour qu'ils soient utilisés au mieux, il faut un certain brassage des masses d'eau océaniques... Or l'apport d'eau douce en trop grande quantité par les fleuves de l'Arctique a tendance à diminuer ce brassage par un phénomène de stratification des couches d'eau. » Rien n'est simple !

Pour étudier ces phénomènes au mieux, les chercheurs de Takuvik utilisent des outils innovants, dont la télédétection par satellite de la couleur de l'océan. « Les images satellitaires nous fournissent des informations précieuses, la couleur de l'océan étant directement liée

à la quantité et à la nature du plancton qui s'y trouve, mais aussi au carbone et aux nutriments apportés par les fleuves », précise le chercheur. Autre dispositif unique en son genre : un laboratoire climatique destiné à « élever » du plancton en conditions réelles. « On fait varier la couleur et l'intensité de la lumière, la température de l'eau, la durée de l'exposition, et on regarde les conséquences sur la croissance du plancton », explique l'océanographe Flavienne Bruyant, de l'université Laval.

Impliquer les populations locales

Autre laboratoire, autres objectifs. Créé officiellement à la fin de l'année 2013, l'Observatoire hommes-milieux international (OHM-I) Tukisig cherche, lui, à connaître les conséquences des évolutions qui affectent l'Arctique – changement climatique, industrialisation (mines, barrages...), sédentarisation des populations autochtones – sur ceux qui sont concernés au premier chef : les Inuits eux-mêmes. ...



Un jeune Inuit apprend à confectionner, auprès d'un aîné, un traîneau traditionnel à l'aide d'une seule corde.



© ARTIC CONNEXION/EXTRAIT DU FILM « NORTHERN WIND, SOUTHERN ICE »



© L. CALLOCEGNIS PHOTO THÉÂTRE

Faire pousser des fruits et des légumes sous serre permettrait aux Inuits, touchés par l'obésité, de varier leur alimentation.

... « La particularité de ce projet de recherche franco-canadien⁴ est qu'il implique directement les populations autochtones du Nunavik, la région arctique du Québec, explique sa directrice, Sylvie Blangy. En inuit, le nom de l'OHM-I, "Tukisig(asuaqatigit)", signifie d'ailleurs "comprendre ensemble" ! »

Un impératif pour cette spécialiste de la science participative : « Les Inuits sont las de voir débarquer des chercheurs qui les sollicitent sans jamais faire de retour sur les résultats obtenus. » Pour inverser la tendance, les thèmes de recherche de Tukisig ont été élaborés avec le gouvernement régional et le Centre de recherche du Nunavik, en fonction des préoccupations des Inuits, et les feront participer activement, de la collecte des données à l'analyse des résultats.

Y figurent notamment : la sécurité alimentaire, avec l'objectif de créer une indépendance vis-à-vis des produits importés (à prix d'or) du sud du Québec et d'expérimenter des serres pour la production de fruits et de légumes ; les impacts de l'exploitation minière sur les communautés (partir quinze jours loin de chez soi pour aller travailler à la mine présente une vraie difficulté pour ces communautés très soudées) ; la perte du savoir et des traditions inuits, et la question de la réactivation de la transmission des aînés vers les jeunes générations, grâce, en particulier, à l'organisation de camps (chasse au phoque, création de vêtements en peau, etc.) ; la cartographie des risques directement liés au changement climatique (fragilisation de la banquise, fonte du pergélisol...) afin d'aider au déplacement des populations sur leur propre territoire. Des projets très concrets, donc, que les douze chercheurs de Tukisig espèrent démarrer durant l'année 2015. ||

Les matériaux et les plasmas, autres domaines de coopération

L'Arctique n'est pas le seul thème de recherche exploré par le CNRS et ses partenaires canadiens. L'organisme est impliqué dans 15 Programmes internationaux de coopération scientifique (Pics), 7 Groupements de recherche internationaux (GDRI), 6 Laboratoires internationaux associés (LIA) et 4 Unités mixtes internationales (UMI). Début novembre, Alain Fuchs, le président du CNRS, a signé trois nouveaux accords de coopération avec le Québec : dans le domaine des matériaux multifonctionnels contrôlés, dans celui des plasmas et pour favoriser la mobilité de chercheurs québécois vers les laboratoires français partenaires des UMI domiciliées au Québec. Par ailleurs, le CNRS vient également de signer avec l'Association francophone pour le savoir (Acfas) un accord de partenariat de trois ans dans le domaine de la communication scientifique.



Alain Fuchs, président du CNRS, et Bernie Boucher, président du conseil d'administration d'ArcticNet, signant un accord de coopération.

© C. GUY / CARBONNEAU ROBERT HALL / © SA MAJESTÉ LA REINE DU CHÈF DU CANADA, REPRÉSENTÉE PAR LE BUREAU DU SECRÉTAIRE DU GOUVERNEUR GÉNÉRAL, 2014

4. Unité CNRS/Centre d'études nordiques.

EN ACTION



*Après l'étude de crises volcaniques,
on cartographie le parfum des roses,
on essaie de faire rire les robots et on
court avec des athlètes de l'extrême.*

ILLUSTRATION : EIKO OJALA/LA SUITE ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL

Paris-Saclay, la naissance d'un géant

PAR SYLVAIN GUILBAUD

Recherche. Lancé en 2008, le projet Paris-Saclay doit aboutir à la création d'un haut lieu de la recherche et de l'innovation regroupant universités, grandes écoles et organismes. De nombreux projets sont déjà en chantier.



» www.campus-paris-saclay.fr

Plus de 10 000 chercheurs et 70 000 étudiants rassemblés sur un territoire. C'est-à-dire l'équivalent de deux fois l'université américaine de Berkeley. Voilà le potentiel de l'université Paris-Saclay, qui vient officiellement d'être lancée fin 2014. L'objectif : développer au sud de Paris un grand campus universitaire et de recherche qui attire les meilleurs chercheurs et étudiants internationaux et en faire un terrain d'innovation en étroite coopération avec le monde économique.

Pour une visibilité internationale

Pas moins de 19 établissements d'enseignement supérieur et de recherche ont décidé de fédérer leurs forces au sein d'une Comue (Communauté d'universités et d'établissements). Parmi ces établissements, des écoles d'ingénieurs (Polytechnique, Centrale, l'Institut d'optique...), une école de commerce (HEC), deux universités (celles de Paris-Sud et de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines) et des organismes nationaux de recherche comme le CNRS ou le CEA. Si certains d'entre eux sont déjà installés sur le plateau de Saclay, d'autres vont s'y implanter dans les années qui viennent, telle l'École normale supérieure de Cachan. « *Ce projet audacieux a su engendrer une dynamique collective autour des communautés académiques. Nous sommes prêts à affronter l'avenir* », expliquait Alain Fuchs, président du CNRS, en novembre dernier, à l'occasion de l'exposition « Le futur en chantier(s) », qui présentait le projet dans l'ensemble de ses dimensions scientifiques, économiques et urbaines à la Maison de l'architecture en Île-de-France.

L'objectif de former un ensemble visible internationalement est indéniable. « *Nous travaillons également pour qu'il ait prochainement une signature commune pour identifier*

l'université Paris-Saclay dans les publications scientifiques, précise Véronique Debisschop, à la tête de la délégation du CNRS Île-de-France Sud. Nous espérons que cette dynamique se concrétisera dans les classements internationaux. Mais, au-delà de l'aspect scientifique et universitaire, c'est aussi un projet architectural de grande ampleur et un défi en termes d'aménagement territorial. »

Le CNRS a choisi de s'impliquer fortement dans l'université Paris-Saclay. « *Recherche, enseignement, industrie : nous avons tous les atouts en main* », résume Jacques Martino, directeur scientifique référent du site de Saclay pour le CNRS. *Il ne reste qu'à bien les jouer.* » Cette dynamique collective s'illustre dans la volonté de créer de grands laboratoires de recherche de classe mondiale en regroupant des équipes et des moyens jusque-là dispersés. Parmi ces projets : l'I2BC (Institut de biologie intégrative de la cellule), le C2N (Centre de nanosciences et de nanotechnologies), Neuro-PSI, destiné à l'étude des neurosciences, ou encore l'IPSP2 (Institute of Plant Sciences Paris-Saclay), voué à devenir un laboratoire de référence en biologie végétale.

Le but n'est pas seulement de créer de la visibilité par le nombre de chercheurs ou la taille des infrastructures. Selon Thierry Meinel, directeur de l'I2BC, « *il s'agit de créer des masses critiques autour de thématiques fortes, motivées par des regroupements scientifiquement justifiés* ». L'I2BC concentre ses efforts sur l'étude et la description des phénomènes à tous les niveaux d'échelle dans la cellule. Le laboratoire vise aussi l'interdisciplinarité avec la chimie, la physique, les sciences de l'ingénieur et l'informatique.

La structure rassemblera sur le campus de Gif-sur-Yvette environ 800 personnes et fusionnera 80 équipes de recherche issues de dix unités. Ces équipes étaient localisées sur des sites différents et dépendaient de tutelles diverses (CEA, unités propres du CNRS ou unités mixtes entre CNRS et l'université Paris-Sud). « *C'est un défi de faire travailler ensemble des personnes habituées à*

3

Prix Nobel
de physique

6

médailles
Fields

1. Unité CNRS/Univ. Paris-Sud.



▼ Vue d'artiste
du projet C2N.

1,3
million de m²
à construire

2,2
milliards d'euros
investis
d'ici à 2020

des cultures différentes en termes de structure, d'organisation et de management », poursuit Thierry Meinzel. L'enjeu est tout d'abord la plus-value scientifique et ne peut se résumer en la seule rationalisation des moyens, alors même que le contexte économique difficile complexifie la tâche des porteurs de projet. La proximité des équipes facilite aussi les échanges et les coopérations entre chercheurs. « D'ailleurs, une des attentes des chercheurs est que les laboratoires soient aménagés à taille humaine », note Isabelle Sagnes, une des responsables du projet C2N.

Des équipements de pointe

Une volonté de proximité prise en compte lors de la sélection des projets architecturaux et qui n'est pas incompatible avec une grande plateforme d'instruments de pointe. Tout un étage du futur bâtiment de l'I2BC leur sera consacré. Le bâtiment lui-même sera aux normes internationales en termes d'isolement vibrationnel et électromagnétique notamment. Quant à C2N, il réunira les deux grandes structures franciliennes existantes, le Laboratoire de photonique et de nanostructures (LPN) du CNRS et l'Institut d'électronique fondamentale (IEF)¹, en un grand laboratoire regroupant quelque 400 chercheurs et doté d'une centrale de technologie. « Il s'agit, en particulier, d'une salle blanche d'environ 2 800 m² dédiée à la recherche sur les matériaux, la nanoélectronique, la photonique, les microsystèmes et l'interface avec les sciences du vivant », explique Giancarlo Faini, directeur adjoint scientifique de l'Institut de physique du CNRS et porteur du projet. L'ouverture des instruments et des moyens à l'ensemble de la communauté est mise en avant dans l'ensemble des projets. À C2N, par exemple, 250 m² de salle blanche seront réservés à l'accueil de start-up, de PME et d'industriels, notamment lors de l'étape de prototypage et de « preuve de concept », cruciale pour le développement d'une entreprise.

Tous les laboratoires ne sortent pas de terre. Ainsi, le Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL) et l'Institut de physique nucléaire (IPNO), qui ont tous deux contribué à la réputation scientifique de la vallée, resteront sur leurs sites historiques. Ils sont, en revanche, parties prenantes du projet P210 (Physique des deux infinis et des origines), qui vise « à la refondation de la composante P210 de la vallée d'Orsay à travers la création de nouveaux pôles, d'un centre de formation et d'opérations de rénovation-mutualisation pour former un réseau de laboratoires à l'échelle des enjeux futurs », selon les mots d'Achille Stocchi, directeur du LAL et copporteur de ce projet avec Faïçal Azaiez, directeur de l'IPNO.

Mais une université, c'est avant tout des étudiants et des formations. Chaque établissement conserve sa spécificité. Les écoles continueront donc à délivrer leurs propres diplômes d'ingénieurs. En revanche, les diplômés de master et de doctorat seront unifiés sous le label « université Paris-Saclay ». La gamme de formation s'articule autour de huit *schools* disciplinaires, parmi lesquelles les sciences fondamentales, les humanités ou encore les sciences sociales. Chaque étudiant aura la possibilité de construire son propre parcours de formation. De nombreux cours se tiendront dans les laboratoires. Ainsi, des salles sont prévues dans le futur bâtiment de Neuro-PSI pour accueillir un master de neurosciences et établir une proximité entre les chercheurs et les étudiants. Le Plateau, nom utilisé par les habitués du plateau de Saclay, se couvre d'une forêt de grues destinées à construire les laboratoires, les bâtiments et les logements étudiants. La majeure partie des bâtiments sera prête vers 2017-2018, et l'arrivée du métro pour desservir le campus est prévue pour 2023. En attendant, les premiers étudiants à recevoir un diplôme estampillé « université Paris-Saclay » seront sur les bancs des amphis dès la rentrée 2015. ▮

Volcans sous surveillance

TERRE

Géochimie. Pour mieux comprendre le fonctionnement des volcans, une seule solution : les observer en permanence. Démonstration avec la célèbre Soufrière, en Guadeloupe.

PAR GRÉGORY FLÉCHET

Professeur de géochimie à l'UPMC¹, Benoît Villemant s'est lancé avec ses collègues de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), il y a un an, dans une analyse inédite : passer en revue 35 années de surveillance des sources chaudes et des fumerolles du volcan de la Soufrière. Publiés récemment², ces travaux ont permis de réinterpréter les deux dernières crises qui ont ébranlé l'île de la Guadeloupe. La plus spectaculaire, survenue en 1976, était jusqu'ici assimilée à une **éruption phréatique**. Mais, selon notre spécialiste, la présence d'acide chlorhydrique dans les panaches gazeux et de chlore dans les eaux thermales du volcan indique que « *l'activité était probablement associée à une remontée de magma vers la surface* ». Autrement dit, le risque que survienne une éruption

ÉRUPTION PHRÉATIQUE

Seules les eaux souterraines chauffées par les gaz s'échappant du magma sont impliquées dans ce genre d'éruption.

de plus grande ampleur était alors bien réel. L'étude montre ensuite que l'intrusion de magma aurait repris en 1992. Ce qui incite les scientifiques à maintenir leur vigilance : « *Mener un suivi sur le long terme des signaux géochimiques est primordial pour comprendre le fonctionnement de la Soufrière* », assure Benoît Villemant.

Le rôle clé des observatoires

Parce qu'elles impliquent l'appui logistique d'un observatoire volcanologique, les études de cette envergure restent rares. Peu nombreux à l'échelle du globe, ces dispositifs équipent depuis longtemps les trois volcans actifs français. Le premier à voir le jour a été celui de l'île de la Martinique, il y a plus d'un siècle. Son installation sur les pentes de la montagne Pelée a suivi la célèbre éruption de 1902. En 1950, c'est au tour

de l'Observatoire volcanologique de la Guadeloupe d'être créé. Celui de l'île de La Réunion, inauguré en 1979 pour surveiller l'activité du Piton de la Fournaise, est le plus récent des trois.

Multiplier les études de cas

« *Chacun de ces observatoires, dont le fonctionnement est placé sous la direction de l'IPGP, remplit une mission principale de recherche et une mission complémentaire de suivi des risques volcaniques*, explique Pierre Agrinier, physicien à l'IPGP et responsable des observatoires. *Les observations sont mises régulièrement à la disposition de la communauté scientifique via des serveurs dédiés. Leur analyse contribue à affiner les modèles visant à comprendre la dynamique des différents types de volcans et à améliorer notre capacité à prévoir les éruptions.* »

Les fumerolles et les dépôts de soufre, ici sur le cratère sud de la Soufrière, font l'objet d'une surveillance permanente.

1. Institut des sciences de la Terre de Paris (CNRS/UPMC). 2. « Evidence for a New Shallow Magma Intrusion at La Soufrière of Guadeloupe (Lesser Antilles) : Insights from Long-term Geochemical Monitoring of Halogen-rich Hydrothermal Fluids », B. Villemant *et al.*, *J. Vol. Geo. Res.*, septembre 2014, vol. 285 : 247-277.



Pour autant, si les scientifiques savent assez bien anticiper l'éruption d'un volcan isolé comme celui du Piton de la Fournaise, c'est encore loin d'être le cas pour ceux qui dessinent l'arc des Antilles, à l'image de la Soufrière, et qui sont associés aux zones de subduction. Ces édifices volcaniques disposent pour la plupart d'un système hydrothermal complexe. Or cette couche de roche saturée d'eau et traversée par les gaz chauds en provenance du magma constitue un réacteur chimique dont les volcanologues connaissent mal le fonctionnement : « C'est notamment par la multiplication des études comme celle réalisée à la Soufrière que l'on parviendra à établir un modèle interprétatif fiable de ce type de volcanisme », conclut Benoît Villemant. II



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

© PHOTOS : F. BEAUDUCEL/IFGP 2010/J.-C. KOMOROVSKI/IFGP

 Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

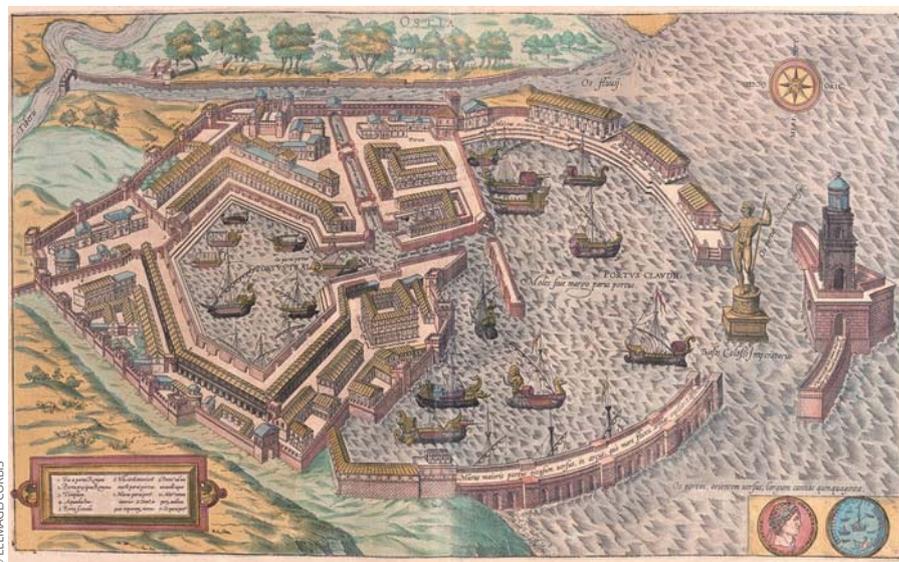
NUMÉRIQUE 

Le port antique de Rome revit grâce au virtuel

PAR KHEIRA BETTAYEB

Le Portus, plus grand port du monde méditerranéen antique, s'étalait, il y a deux millénaires, à perte de vue sur le delta du Tibre. Mais, au fil des siècles, son bassin a été recouvert par les sédiments. Grâce à la magie du virtuel, des scientifiques ont rouvert ce bassin à la circulation de l'eau et des sédiments¹. « Cette expérience nous a permis de résoudre une énigme sur la circulation de l'eau dans le bassin », indique Bertrand Millet², coauteur de l'étude. Situé à l'ouest de Rome, ce bassin, d'une profondeur de 13 mètres par endroits, s'étendait sur 200 hectares... soit 275 terrains de foot ! Si la structure du port était connue depuis longtemps, on ignorait pourquoi il était doté de deux entrées ou passes, une principale, à l'ouest, et une secondaire, au nord-est. Lors d'une étude publiée en 2010, l'équipe de Jean-Philippe Goiran³, également coauteur de l'étude, avait émis l'hypothèse que la passe nord avait été construite pour favoriser le désensablement du port. C'est pour tester cette théorie que les chercheurs ont conçu virtuellement une seconde passe afin d'étudier les mouvements d'eau dans le bassin. Leur cartographie en 2D de la circulation de l'eau a ainsi fait apparaître que, lorsque la passe nord était ouverte, le vent nord-est 22° d'hiver induisait une intense circulation capable de transporter les sédiments qui se déposaient le reste de l'année. Ce qui confirme l'idée que cette ouverture avait été créée pour protéger le port d'un ensablement trop rapide. Autre résultat : cette ouverture aurait seulement permis de le limiter. Voilà pourquoi le Portus a été peu à peu envahi par le sable, jusqu'à disparaître complètement. II

▲ Carte du port antique de Rome tirée de *Civitates orbis terrarum*, un atlas des villes du monde publié entre 1572 et 1617.



© LEEIMAGE/CORBIS

1. « Hydrodynamic Modeling of the Roman Harbor of Portus in the Tiber Delta : The Impact of the North-Eastern Channel on Current and Sediment Dynamics », B. Millet, H. Tronchère et J.-P. Goiran, *Geoarchaeology*, 2014, vol. 29 (5) : 357-370. 2. Institut méditerranéen d'océanologie (CNRS/Aix-Marseille Univ./Univ. de Toulon). 3. Laboratoire Archéorient de la MSH MOM (CNRS/Univ. Lumière Lyon-II).



Valorisation. Le CNRS vient de mener une grande étude sur les start-up issues de ses laboratoires. Bilan avec Philippe Baptiste, directeur général délégué à la science du CNRS.

PROPOS RECUEILLIS PAR CLAIRE DEBÔVES

« Nous avons toujours mésestimé le poids du CNRS dans la création d'entreprise »

Quels sont les principaux enseignements de l'étude start-up menée cette année au CNRS ?

Philippe Baptiste : L'étude montre que 1 026 entreprises sont nées des recherches partenariales du CNRS ces quinze dernières années. C'est une agréable surprise qui prouve que nous avons toujours mésestimé le poids du CNRS dans la création d'entreprise. En moyenne, ce sont 80 entreprises qui voient le jour chaque année, notamment au sein de nos nombreux laboratoires communs public-privé. Parmi elles, plus de 90 % étaient toujours en activité en 2014, soit un excellent taux de survie. Cependant, on constate aussi que ces sociétés peinent à grandir et à décoller vraiment. Cela s'explique par des problématiques de marché, mais aussi par le profil des créateurs, certains souhaitant continuer à se consacrer à des activités de recherche. À cet égard, on observe que 86 % de leurs dirigeants appartiennent à l'univers de la recherche, qu'ils soient chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants, ingénieurs, etc. Pour les autres, il s'agit d'entrepreneurs ayant racheté un brevet.

Quelle est la valeur produite par ces entreprises issues de la recherche ?

P. B. : Tout d'abord, ces start-up ont créé au moins 7 000 emplois. Je précise qu'il s'agit majoritairement de microentreprises, puisque les trois quarts ont un effectif inférieur à dix personnes. Par ailleurs, leur chiffre d'affaires s'élève à plus de 7 millions d'euros par an. Le CNRS peut en devenir actionnaire par le biais de sa filiale dédiée à la valorisation, Fist SA.

Fortes de leurs bons résultats, certaines entreprises sont même entrées en Bourse, comme récemment Innoveox, spécialisée dans le traitement des déchets organiques.

Dans quels domaines de prédilection se développent ces sociétés ?

P. B. : Presque 40 % des entreprises naissent dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, qui demande peu de moyens au départ et offre des retours sur investissement rapides. Le secteur de la biologie-santé arrive en deuxième position, suivi de la chimie et des matériaux. De manière générale, on constate que les disciplines qui se rattachent à l'ingénierie et aux systèmes sont très pourvoyeuses de start-up au CNRS... mais le contraire aurait été étonnant.

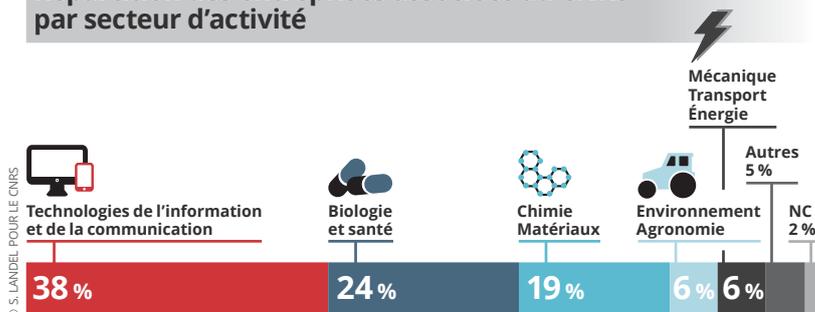
À quel moment la création d'entreprise a-t-elle vraiment démarré au CNRS ?

P. B. : C'est depuis la loi du 12 juillet 1999 sur l'innovation et la recherche, dite loi Allègre, que les pouvoirs publics encouragent vraiment les interactions entre les chercheurs et le monde de l'entreprise. Cette impulsion a donné le feu vert aux scientifiques pour valoriser leurs travaux à travers un projet entrepreneurial. Cela a eu un effet immédiat puisqu'une trentaine d'entreprises ont été créées cette année-là. À la même époque, nous étions en pleine bulle Internet, ce qui explique aussi l'explosion de start-up dans ce domaine.

Plus d'informations sur

>> <http://intranet.cnrs.fr/intranet/actus/documents/valo-dossier.pdf>

Répartition des entreprises associées au CNRS par secteur d'activité



technologies innovantes, encore faut-il les déceler et les aider à accéder au marché. Un chemin sur lequel nous souhaitons nous engager très en amont. C'est pourquoi nous nous impliquons dans des actions de prématuration pour favoriser l'émergence d'innovations de rupture. Il s'agit de développer la détection de projets émergents à fort potentiel d'innovation et de soutenir leur développement jusqu'à la preuve du concept, jusqu'au transfert de la technologie ou à la création d'entreprise. Ainsi, un dispositif spécifique d'accompagnement à la création d'entreprise vient d'être testé à l'Institut de physique du CNRS. Ce dispositif sera étendu à l'ensemble du CNRS en 2015. Concrètement, une enveloppe de 2 millions d'euros sera consacrée au financement et à l'accompagnement de projets, clairement identifiés et sélectionnés, en prématuration. Cela se fera en parfaite interaction et complémentarité avec les acteurs de l'écosystème français, notamment les 14 SATT (Sociétés d'accélération du transfert de technologies) nées dans le cadre du programme Investissements d'avenir et dont le CNRS est actionnaire et administrateur.

Quel est le positionnement du CNRS en matière de création d'entreprise ?

P. B. : Cela fait partie de notre mission de valorisation des connaissances de favoriser la création d'entreprise. En plus de produire du savoir, nous devons détecter et accompagner ce qui, dans les laboratoires, peut être transféré dans la sphère socio-économique. Pourquoi est-ce si important ? Parce que l'innovation est souvent directement issue de la recherche fondamentale. Attention, il ne s'agit pas pour le CNRS d'orienter la recherche en amont. Chacun son rôle. Lorsque nous avons fait notre travail de chercheurs – et que nous avons obtenu la preuve du concept –, c'est aux industriels et aux entrepreneurs de créer de l'activité. Mais, pour favoriser ce continuum du laboratoire à l'entreprise, il faut des passerelles, un accompagnement. C'est pourquoi nous voulons simplifier et resserrer nos liens avec les industriels, mais aussi faire évoluer notre culture collective.

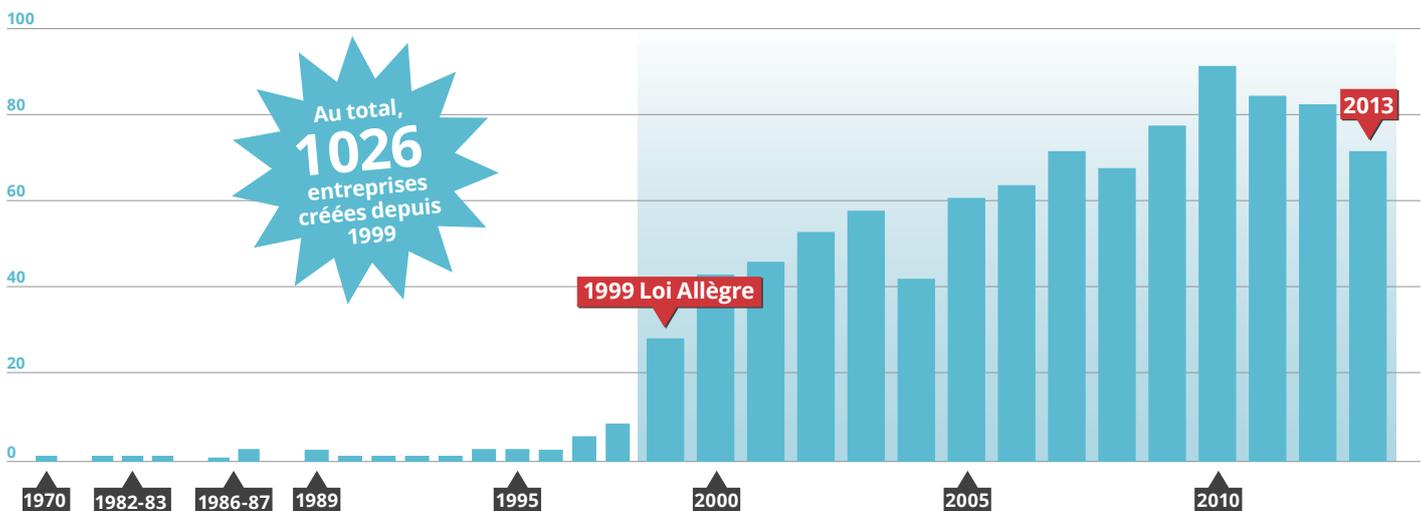
Vous venez justement de lancer un fonds pour la prématuration de projets. Qu'en est-il exactement ?

P. B. : S'il existe, au cœur de la recherche fondamentale, de nombreuses découvertes susceptibles de donner lieu à des

Parallèlement, vous initiez des aides spécifiques à la création d'entreprise au CNRS...

P. B. : Oui, car la création d'entreprise s'appuyant sur les résultats de recherche du CNRS est une voie importante de valorisation. Mais, pour faciliter le transfert par la création d'entreprise, une politique d'accompagnement spécifique et adaptée nous semble nécessaire. C'est pourquoi nous avons décidé de développer de nouveaux dispositifs, dont un service dédié à l'accompagnement des entrepreneurs-chercheurs. ▮

Nombre d'entreprises créées par année depuis 1970 par les laboratoires rattachés au CNRS



La biologie entre en Seine

Sciences du vivant. Créé il y a tout juste un an, l'Institut de biologie Paris-Seine (IBPS) accueille les travaux de plus de 500 personnes sur le génome, le vieillissement ou encore la dépression.

PAR MARTIN KOPPE



Au cœur de Paris et en bord de Seine, entre l'Institut du monde arabe et le Jardin des plantes, un haut lieu de la biologie française est en pleine activité : l'IBPS. L'Institut de biologie Paris-Seine est le fruit du mariage de cinq unités mixtes de recherche, l'essentiel de la biologie du campus Jussieu, et des cinq plateformes techniques qui leur sont associées. Le tout est placé sous la triple tutelle du CNRS, de l'université Pierre-et-Marie-Curie (UPMC) et de l'Inserm.

Favoriser l'alliance des disciplines

« Alors que la biologie voit ses outils et ses horizons s'élargir, l'innovation se fait de plus en plus à la frontière entre disciplines, explique le directeur de l'IBPS, Michel Labouesse, depuis son bureau qui surplombe la Seine. Notre objectif est d'établir des passerelles entre les différentes disciplines abordées à l'Institut et de profiter des expertises des uns et des autres pour explorer de nouveaux territoires. »

Au quotidien, 550 personnes mènent des recherches autour de deux grands axes. Le premier concerne la façon dont le génome de

diverses espèces, en particulier des micro-organismes, s'adapte à l'environnement. Certaines équipes cherchent à dégager des lois de l'évolution et de la diversité sur le plan biologique ; d'autres étudient les lois d'évolution des génomes en combinant des approches mathématiques et physiques.

Le second axe s'intéresse aux organismes multicellulaires, du plus petit jusqu'à l'être humain. Son champ d'étude couvre l'adaptation au stress, le vieillissement et les pathologies associées, la mise en place des circuits neuronaux et divers troubles du comportement comme l'autisme, la dépression ou l'addiction. Il existe également une forte composante de biologie du développement qui vise à comprendre la formation des organes et le rôle des génomes dans l'organisation des tissus. Cela nécessite l'étude de nombreux organismes modèles, du ver *Caenorhabditis elegans* à la souris en passant par la drosophile et le poisson zèbre.

Si leurs thèmes de recherche sont multiples, les scientifiques de l'IBPS se retrouvent souvent face aux mêmes défis. « La biologie produit de plus

▼ **Opération d'extraction d'ADN dans l'un des laboratoires de l'IBPS.**

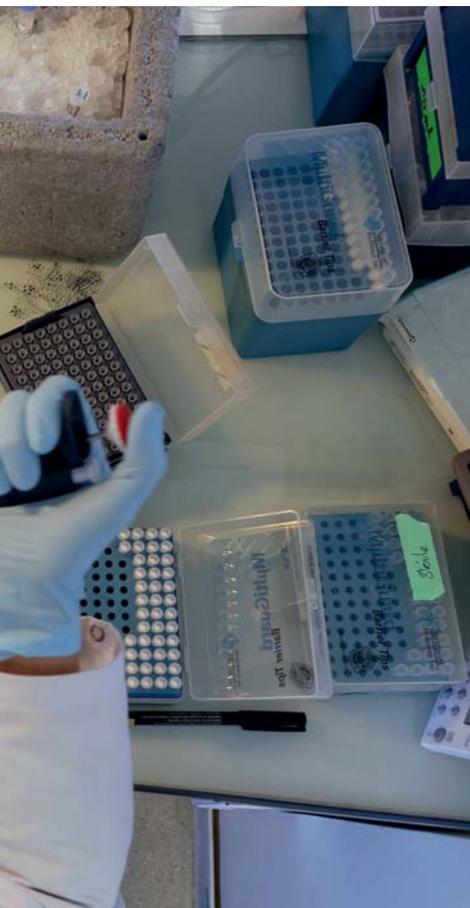


» www.ibps.upmc.fr/fr/IBPS

en plus de données issues de calculs à large échelle qu'il faut savoir traiter et interpréter, explique par exemple Alessandra Carbone, directrice de l'unité de Biologie computationnelle et quantitative. C'est un axe transversal qui devrait jouer un rôle fort pour tout l'institut dans le futur. Ainsi nous travaillons à l'analyse des génomes et de la structure des protéines avec des outils algorithmiques et combinatoires, mais aussi à la modélisation des systèmes biologiques complexes, avec des outils provenant de la physique statistique et de la mécanique statistique. »

De la recherche à la valorisation

Ces aspects quantitatifs sont désormais indispensables pour étudier des domaines aussi variés que la



© L. ARDHUN/UPMC

différenciation des cellules hémato-poïétiques, qui sont à de l'origine de toutes les cellules sanguines, la morphogenèse ou le développement de réseaux neuronaux. Dans les années à venir, l'Institut souhaite donc se renforcer dans le domaine de la bioinformatique.

Les deux écoles doctorales en biologie et les trois principaux masters de biologie de l'UPMC sont codirigés par des enseignants-chercheurs de l'IBPS. S'il se veut d'abord un lieu de recherche fondamentale, d'enseignement et de formation, l'Institut ne néglige pas les applications possibles de ses travaux. Ainsi, deux start-up ont été récemment créées, deux autres sont en cours de création et dix brevets ont été déposés par des chercheurs de l'Institut.

L'inauguration en bonne et due forme est prévue pour octobre 2015, dans le cadre d'un colloque international auquel participeront Margaret Buckingham, médaille d'or du CNRS en 2013, et Jules Hoffmann, médaille d'or du CNRS et Prix Nobel en 2011, en même temps que de nombreux scientifiques prestigieux du monde entier. II

NUMÉRIQUE

Les robots ont-ils le sens de l'humour ?

PAR TAÏNA CLUZEAU

Depuis quelques années, les robots qui nous ressemblent se multiplient. Et si ces machines devenaient capables de rire ? Olivier Pietquin, du laboratoire Cristal¹, travaille sur le projet Ilhaire dont l'objectif est de faire rire de manière convaincante des avatars, c'est-à-dire des personnages animés par ordinateur. Cette technologie pourrait ensuite s'appliquer aux robots. « Il y a deux façons de recréer le rire, explique-t-il. Soit par concaténation soit par synthèse. » La première méthode consiste à fournir à l'avatar une large base de données avec des échantillons de rire enregistrés que le logiciel qui anime l'avatar va assembler pour imiter différentes sortes de rires. La seconde méthode utilise un modèle statistique basé sur des milliers de rires différents. Le logiciel va alors synthétiser lui-même le son en respectant les caractéristiques du modèle.

Le robot est-il prêt pour un concours de blagues ? Pas vraiment, par contre, il est capable de reconnaître et de reproduire certains des signes particuliers du rire : le son caractéristique ; l'expression du visage, des yeux ; la respiration saccadée ; le mouvement des épaules... Les tests effectués dans le cadre du projet Ilhaire consistent donc à faire rire les avatars par mimétisme. Car un robot est bien incapable de décider si une situation est drôle et d'en rire de lui-même. Pour autant, son rire est précieusement. « L'enjeu dans la communication homme-robot aujourd'hui, c'est son aspect socio-émotionnel, explique Catherine Pelachaud², directrice de recherche de l'équipe Greta, qui cherche à améliorer les interactions homme-machine. Le rire est un élément essentiel de la communication, il exprime l'embarras, la moquerie, l'appartenance à un groupe ou l'humour. »

L'utilisation du rire permet de développer non seulement un discours plus naturel, mais aussi une certaine empathie entre la machine et l'utilisateur. « Des études ont montré que, s'il existe une certaine empathie de l'élève envers l'enseignant avatar, cela améliore l'engagement de l'élève, signale Olivier Pietquin. Il va revenir plus souvent faire ses exercices. » L'intérêt est similaire pour les dispositifs médicaux qui rappellent aux patients de prendre leur traitement.

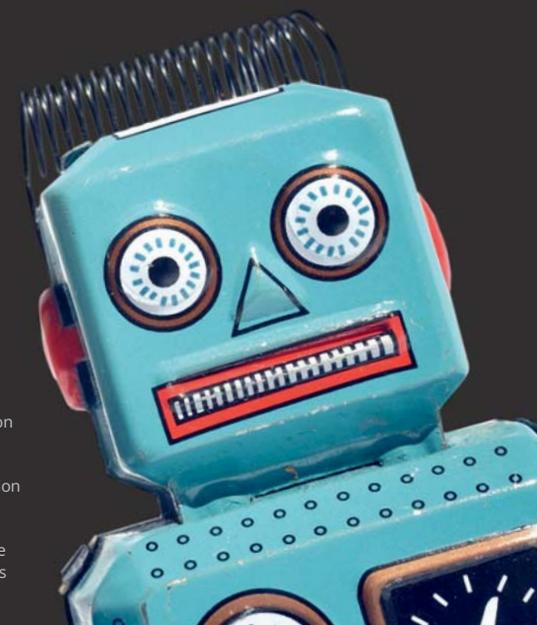
Doter les robots d'émotions, mêmes simulées, c'est aussi effacer peu à peu la frontière entre l'homme et la machine. Le danger sous-jacent, c'est que ces avatars pourraient jouer sur les émotions des personnes, à des fins commerciales par exemple. Conséquences de ces avancées technologiques, de plus en plus de comités et de groupes de travail se posent la question des limites à ne pas dépasser. Question à laquelle le récent rapport sur l'éthique de la recherche en robotique³ apporte des premières pistes de réponse. II



>> www.ilhaire.eu

Lire l'intégralité de l'article et le billet « Pour une éthique de la recherche en robotique » sur lejournal.cnrs.fr

1. Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille, né de la fusion du Lifi et du Lagis en janvier 2015 (CNRS/Univ. Lille-I/Centrale Lille). 2. Laboratoire traitement et communication de l'information (CNRS/Télécom ParisTech). 3. « Éthique de la recherche en robotique », rapport n° 1 de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene, novembre 2014.



© JOSEFKUBES - FOTOLIA.COM

HUMANITÉS NUMÉRIQUES

Créé en août 2014 par la Commission européenne, le Consortium pour une infrastructure de recherche européenne, l'Eric Dariah, a été inauguré le 17 novembre dernier, à Paris. Le but de cette initiative qui implique quinze pays européens : développer et soutenir la recherche dans toutes les disciplines des sciences humaines et sociales qui utilisent le numérique et faciliter la mise à disposition de services numériques intéressant les chercheurs des SHS. Elle propose, par exemple, des

répertoires de normes et de bonnes pratiques pour la gestion des données numériques, des conseils pour améliorer la qualité des entrepôts, des plateformes pour le partage de données et l'édition en ligne, ainsi que des systèmes techniques pour l'identification, l'authentification et la préservation à long terme des données.



>> www.dariah.fr

NUMÉRO UN

Selon le classement SIR (Scimago Institutions Rankings) 2014, le CNRS reste la plus importante institution de recherche mondiale en nombre de publications scientifiques. Il précède l'Académie chinoise des sciences, l'Académie russe des sciences et l'université Harvard (États-Unis). Le CNRS est également au premier rang mondial du classement Scimago 2014 portant sur l'innovation, devant l'université Harvard et les National Institutes of Health (NIH) aux États-Unis.

VIVANT  NUMÉRIQUE 

Une langue électronique plus forte que nos papilles ?

 Lire l'intégralité de l'article sur lejournald.cnrs.fr

PAR MARTIN KOPPE

Un doute sur l'authenticité d'une cargaison de cognac ? Les douaniers ne vont tout de même pas goûter les bouteilles... Le recours à une langue électronique imitant notre perception du goût pourrait leur être très utile. D'autant qu'une récente étude¹ fait état d'un nouveau dispositif révolutionnaire : une langue électronique capable de discriminer n'importe quels liquides, y compris ceux dont nul ne connaît le goût. « L'idée est venue à des chercheurs de l'université Taras-Chevtchenko, à Kiev, en 2009, explique Vladimir Lysenko, de l'Institut des nanotechnologies de Lyon (INL)², coauteur de l'étude. Ils ont étudié l'impact de divers produits liquides sur le fonctionnement des cellules solaires. Comme nous travaillons ensemble depuis 1998, nous avons lancé un partenariat qui a abouti à cette langue électronique. »

L'appareil en question est constitué d'une plaque de silicium, d'une couche du liquide à tester, d'un laser et de détecteurs à micro-ondes. Le laser vient exciter la surface en silicium sur laquelle il provoque l'apparition de charges électriques libres qui vont mettre un certain temps à retourner dans leur état initial : on parle de durée de vie. Quand des liquides sont en contact avec la surface en silicium, cette durée change selon leur

◀ La langue électronique universelle est capable de discriminer n'importe quels liquides.

composition. Dans cette langue artificielle, les chercheurs scannent au laser plusieurs points de la plaque et mesurent les durées de vie. Ils répètent l'opération en présence du liquide à étudier. En superposant leurs résultats, ils obtiennent alors une cartographie de la surface en silicium, où chaque pixel représente la différence entre les durées de vie avec et sans le liquide.

Cette méthode est bien moins coûteuse qu'une spectrométrie en laboratoire et ne réclame qu'une très faible quantité de liquide. L'appareil pourrait être utilisé dans la lutte contre les contrefaçons, l'agroalimentaire, en parfumerie ou dans l'industrie pharmaceutique. Mais l'application qui tient le plus à cœur aux chercheurs est tout autre : la lutte contre le cancer. Avec l'équipe d'Alain Geloën, du Laboratoire de recherche en cardiovasculaire, métabolisme, diabétologie et nutrition³, à Lyon, les chercheurs de l'INL espèrent pouvoir détecter dans les tissus humains des biomarqueurs utiles à divers diagnostics. Il s'agit de molécules de différents types dont la présence peut annoncer des maladies futures. À l'aide de bases de données qu'il reste à construire, il serait ainsi possible de faire de cette nouvelle langue électronique un outil de diagnostic d'une flexibilité hors norme. **II**



© KIMBERLY WOOD/FHINISTOCK/GETTY IMAGES

1. « Might Silicon Surface Be Used for Electronic Tongue Application? » S. V. Litvinenko et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2014, 6 (21) : 18440-44. 2. Unité CNRS/ECL/INSA/UCBL/CPE Lyon. 3. Unité Inserm/Inra/UCBL/Insa Lyon.

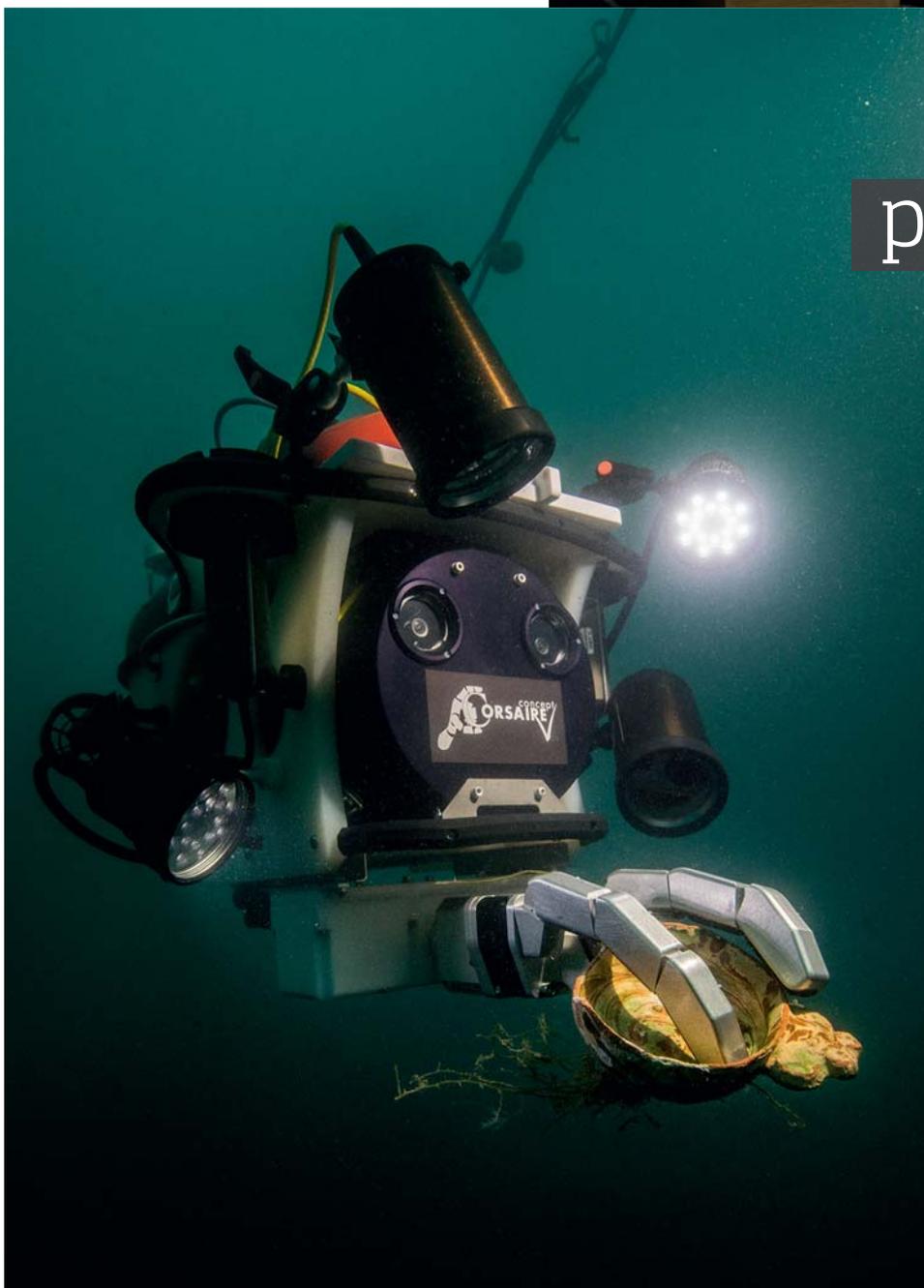


NUMÉRIQUE ■ SOCIÉTÉS

Un robot pour explorer les épaves

Explorateur d'épaves n'est pas un métier facile. Pour remplacer peu à peu l'homme dans ses missions d'archéologie sous-marine, le Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirimm) a développé un prototype de robot-archéologue¹ actuellement testé en rade de Toulon sur l'épave de la Lune, l'un des navires de guerre les plus importants de la flotte de Louis XIV, qui a sombré en novembre 1664. Doté d'une caméra 360° et d'une tige pivotante à laquelle se greffent au choix une main robotisée ou des griffes, l'engin de 70 centimètres de long peut saisir bouteilles, pots ou assiettes sans les endommager. Objectif, d'ici à 2020 : aboutir à un robot-archéologue doté de deux bras et de deux mains, avec des proportions proches de celles de l'homme. **II**

1. Unité CNRS/UM2. 2. Travaux réalisés dans le cadre du projet Corsaire Concept (Drassm-FDS Med).



Voire l'intégralité du diaporama sur lejournal.cnrs.fr

▼ Manipuler des objets fragiles sans les casser, c'est l'un des grands défis de l'archéologie robotique.



© PHOTOS : T. SÉGUINIF, OSADA/DRASSM/IMAGES EXPLORATIONS

Les grandes lignes du budget 2015

Stratégie. Le CNRS vient d'adopter son budget pour l'année 2015. D'où viennent les ressources et comment sont-elles utilisées ? Décryptage.

PAR CLAIRE DEBÔVES

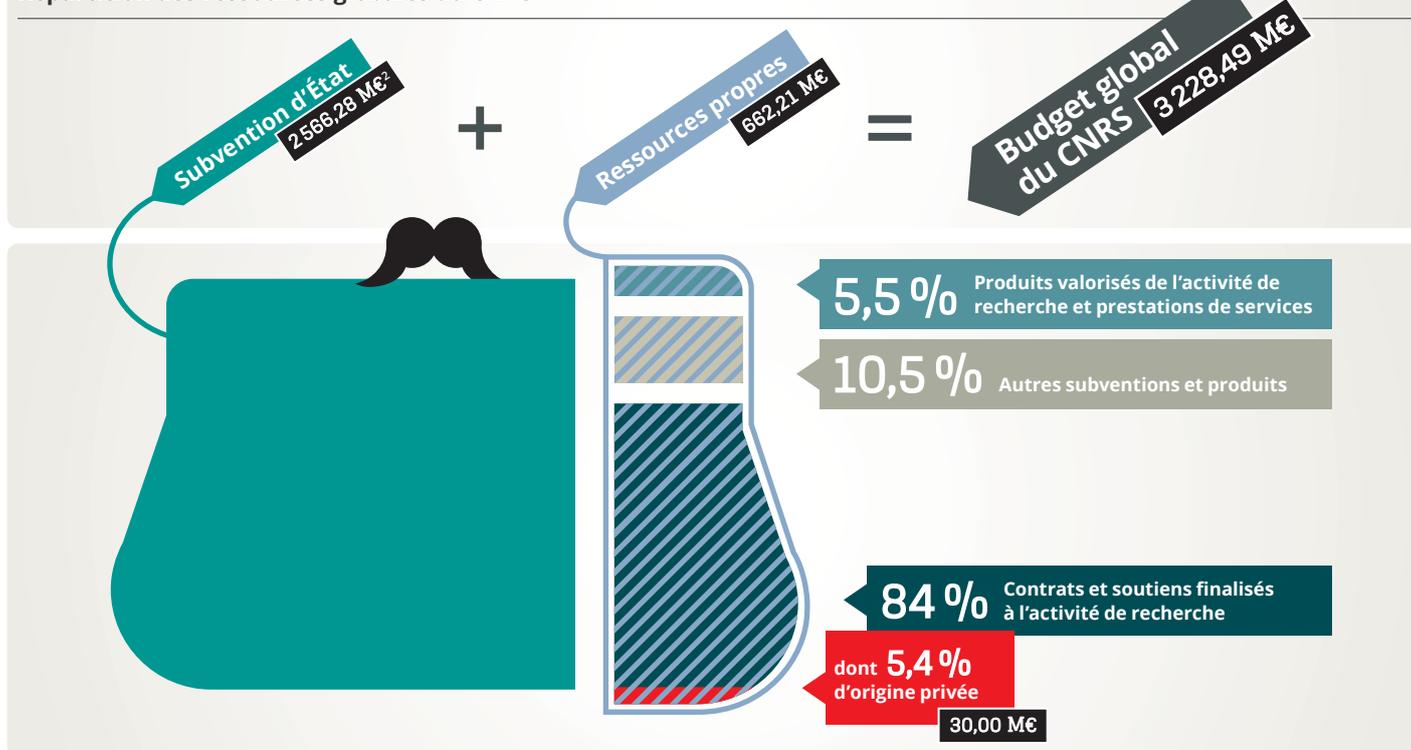
Pour accomplir ses missions en 2015, le CNRS dispose d'un budget de 3,23 milliards d'euros. À l'heure des économies budgétaires, ce dernier préserve les recrutements, qui seront un peu plus nombreux que les départs à la retraite, mais aussi la dotation globale des laboratoires.

CÔTÉ RESSOURCES

La tendance est plutôt à la baisse, après le pic atteint en 2013. En effet, jusqu'à cette date, le budget du CNRS croissait de manière soutenue (+ 25 % en euros constants depuis 2000). « Dans un contexte national difficile, nous sommes moins affectés que d'autres secteurs de la

fonction publique : le budget 2015 du CNRS préserve l'essentiel », indique Xavier Inglebert, directeur général délégué aux ressources (DGDR). Comment expliquer cette érosion de 1,3 % des ressources par rapport à 2014 ? Tout d'abord, on enregistre une baisse de 4,1 millions d'euros de la subvention d'État allouée par le Parlement. Plus conséquente est la diminution de 5,5 % des ressources propres de l'organisme, soit 38 millions sur un total de 662 millions d'euros. Celles-ci sont principalement composées par les contrats de recherche décrochés par les laboratoires. Chantal Chambellan-Le Levier, directrice de la stratégie financière, de l'immobilier et de la modernisation

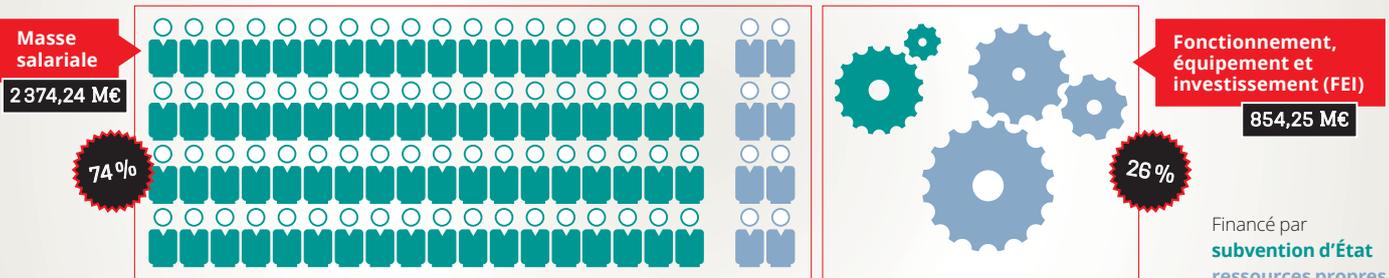
Répartition des ressources globales du CNRS



1. FEI : matériel scientifique, dépenses d'infrastructures, frais de mission, actions internationales, etc. 2. Après mise en réserve, y compris la dotation post-doctorants.

Des dépenses consacrées principalement à la masse salariale

© INFOGRAPHIES : S. LANDEL POUR LE CNRS



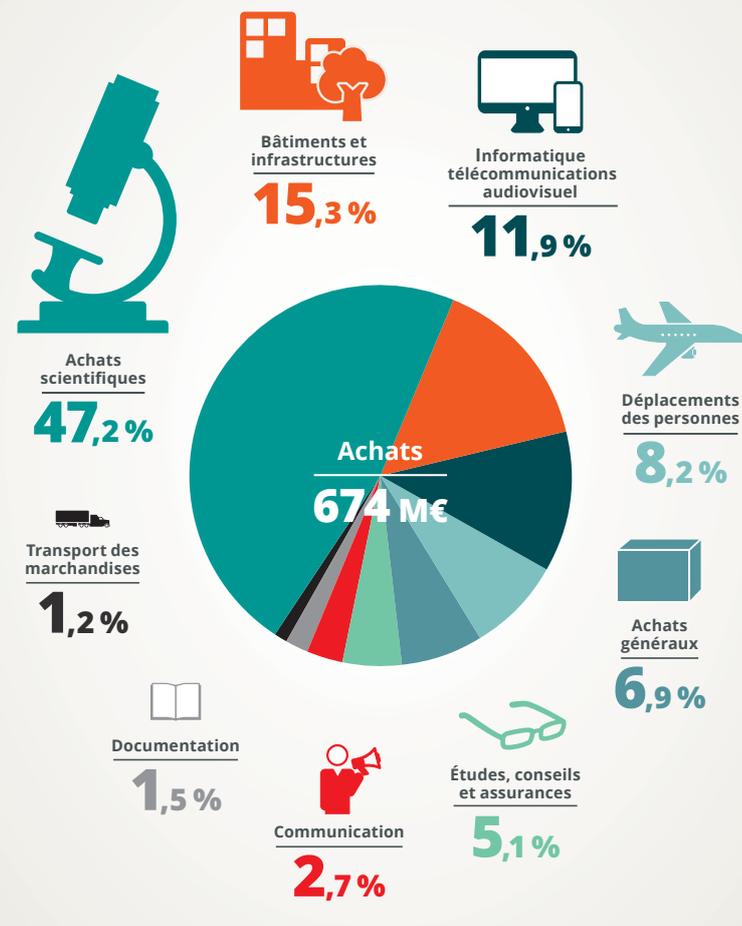
Source : budget initial 2015

(DSFIM) apporte une explication : « Après une progression importante depuis 2005, les ressources propres amorcent une décroissance en 2013 pour des raisons en partie conjoncturelles : caractère cyclique des revenus issus des contrats de projet État-Région et des projets européens, d'une part, diminution des fonds de l'Agence nationale de la recherche, d'autre part. » Pour inverser la tendance, le CNRS veut augmenter les réponses aux appels à projet européens, mais aussi diversifier la valorisation. Pour cela, un fonds de prématuration destiné au soutien précoce des innovations de rupture vient d'être créé.

CÔTÉ DÉPENSES

Ce qu'il faut retenir, c'est que 74% des dépenses du CNRS sont consacrées à la rémunération des 24 300 agents permanents et de quelque 9 400 contractuels, soit 2,37 milliards d'euros au total. Depuis 2000, ce poste a crû de 48%, notamment du fait de la hausse des pensions civiles de retraite et des autres charges sociales. Pour autant, « cette année encore, nous pouvons renouveler l'intégralité des départs à la retraite des titulaires et même un peu plus », indique Christophe Coudroy, directeur des ressources humaines du CNRS. En effet, 310 recrutements de chercheurs(euses) et au moins 278 recrutements d'ingénieur(e)s et de technicien(ne)s sont prévus en 2015. Qu'en est-il du côté des laboratoires ? À budget constant, la hausse de la masse salariale entraîne de facto une baisse des ressources pour le fonctionnement, l'équipement et l'investissement (FEI)¹. Une contrainte que le CNRS s'efforce de limiter en augmentant la dotation globale des laboratoires de 150 à 153 millions d'euros en 2015. Les unités seront toutefois touchées par la diminution de leurs ressources propres, qui couvrent désormais plus de la moitié de leurs dépenses de FEI. Pour retrouver une marge de manœuvre, il a été décidé de stabiliser les budgets consacrés aux Très grandes infrastructures de recherche (TGIR). En effet, leur multiplication par trois depuis 2000 pèse sur le FEI. D'autres leviers sont utilisés pour maîtriser les dépenses : la massification des achats, la dématérialisation, la mutualisation d'équipements et de procédures ainsi que la mise en œuvre partenariale d'outils de gestion financière et budgétaire des unités de recherche. ||

Des achats dédiés pour moitié au matériel scientifique



Source : DDAI



Voir notre dossier
« Le budget du CNRS à la loupe »
» <http://bit.ly/1yC523c>



© R. BOUHET/APR PHOTO

Les coureurs de l'extrême

VIVANT 

Santé. Des chercheurs s'intéressent aux réactions du corps durant les épreuves sportives d'ultra-endurance afin d'en tirer des enseignements pour certaines maladies. Entretien avec Pierre Croisille¹, qui pilote cette étude.

PROPOS RECUEILLIS PAR KHEIRA BETTAYEB

Vous travaillez actuellement sur un projet de recherche inédit sur l'ultra-trail. En quoi consiste au juste cette discipline ?

Pierre Croisille : Il s'agit d'épreuves de course à pied tout terrain sur des distances supérieures à 100 kilomètres, sans arrêt obligatoire ! L'épreuve de la Diagonale des fous, par exemple, qui traverse l'île de la Réunion, ne comprend pas moins de 172 kilomètres, soit quatre marathons d'affilée, et quasiment 10 000 mètres de dénivelé positif, donc un peu plus que la hauteur de l'Everest ! Il existe bien d'autres courses de ce type, de longueur variable, avec plus ou moins de dénivelé. Mais une les dépasse toutes : le Tor des géants.

Qu'est-ce que cette course a d'exceptionnel ?

P. C. : C'est l'ultra-trail de montagne le plus extrême du monde. Cette épreuve sur le versant italien du Mont-Blanc s'étend sur 330 kilomètres et comprend 24 000 mètres de

▲ Le Français Pascal Blanc et l'Espagnol Kilian Jornet durant l'édition 2014 de la Diagonale des fous, épreuve d'ultra-trail qui se déroule à La Réunion.

 Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

dénivelé positif, soit trois fois l'Everest ! C'est lors de cet événement unique, qui a eu lieu du 7 au 14 septembre 2014, que nous avons mené notre étude dénommée Must.

Pouvez-vous nous en dire plus sur ces travaux ?

P. C. : Il s'agit d'une étude sans précédent, où, pour la première fois, des scientifiques sont allés sur le Tor des géants étudier ses athlètes. Mené par une équipe internationale de chercheurs avec une expertise en imagerie, en physiologie de l'effort, en biologie et en anesthésie-réanimation, coordonnée par le laboratoire Creatis, ce projet vise à explorer les effets de l'ultra-endurance sur l'organisme.

Que sait-on à ce jour sur ce sujet ?

P. C. : Pas grand-chose, en fait. Certaines études ont montré que ce type d'effort induit un stress extrême et une réaction physiologique d'inflammation importante. Mais on ne comprend pas encore véritablement les mécanismes à l'origine de cette dernière. Or cette réaction est unique : elle présente de nombreuses similitudes avec la réaction d'inflammation rencontrée dans certaines pathologies induisant un stress extrême pour l'organisme, comme l'infarctus.

Quels enseignements espérez-vous tirer des données ainsi recueillies ?

P. C. : Nos résultats devraient nous en apprendre plus sur la réaction inflammatoire accompagnant l'ultra-endurance, sur les dommages musculaires et cardiaques occasionnés alors, sur la redistribution de l'eau au sein des muscles des jambes et du cœur en exercice ainsi que sur les mécanismes de récupération après un tel effort. Notre étude devrait aussi avoir des retombées médicales. Ses conclusions pourraient notamment aider à mieux comprendre et prendre en charge certaines situations pathologiques caractérisées par des réactions de stress et d'inflammation proches de celles observées chez les ultra-trailers. C'est le cas de l'infarctus, qui affecte 120 000 personnes par an en France, ou des patients de réanimation, dont plus de 50 % gardent des dommages musculaires de cet événement.

Quand pensez-vous publier vos premiers résultats ?

P. C. : Pas avant deux ans. Nous n'en sommes qu'au stade de l'analyse des données collectées sur le Tor des géants. ||

1. Directeur adjoint du Centre de recherche en acquisition et traitement de l'image pour la santé (CNRS/Inserm/Insa Lyon/UCBL).

VIVANT 

Où est passé le parfum des roses ?

PAR LÉA GALANOPOULO

Chez le fleuriste, le constat est souvent le même : les roses n'ont plus d'odeur... « C'est en sélectionnant uniquement des fleurs qui vivent plus de dix jours dans un vase que les roses ont perdu leur parfum », précise Jean-Claude Caissard¹. Comme d'autres scientifiques, ce chercheur en biologie végétale tente de cerner les mystères de la fleur coupée la plus vendue au monde. « La domestication de la rose a débuté avec les Romains, ajoute-t-il, puis cette pratique s'est perdue au Moyen Âge, où la rose n'était plus utilisée que pour ses fonctions pharmaceutiques. » Mais, au XIX^e siècle, avec la mode des jardins fleuris à l'anglaise, l'engouement pour cette fleur explose en France. « Les pépiniéristes ont alors créé de nouvelles variétés pour répondre à une demande de plus en plus forte », explique Blandine Veith², sociologue spécialiste de la marchandisation et de la patrimonialisation du végétal ornemental.

Plus de 30 000 variétés de roses existent aujourd'hui : « On a cherché à avoir des fleurs toujours plus grosses, plus colorées, et qui fleurissent toute

l'année... », ajoute Jean-Claude Caissard. Car, naturellement, une rose ne fleurit que quinze jours par an. L'hybridation n'est cependant pas seule coupable de cette perte d'odeur des roses. Le parfum a toujours été un caractère fragile. « Sur une descendance de roses, 90 % ne garderont pas le parfum de leurs parents », précise Jean-Claude Caissard. Dans 10 % des cas, la rose garde une odeur, mais pas forcément celle prévue : « Certaines sentent l'ananas, par exemple », ajoute le chercheur, qui travaille avec son équipe à l'élaboration

d'une cartographie des gènes qui confèrent aux roses leur senteur.

« Les roses parfumées ont des pétales plus fragiles. Elles supportent donc mal les voyages en avion », explique Blandine Veith. Dans une logique de marchandisation massive, le commerce des roses est devenu international. L'Amérique du Sud et l'Afrique de l'Est concentrent l'essentiel des grandes fermes mondiales. Un seul critère sur place : la rentabilité. En bout de course, ces roses inondent les fleuristes du Nord, ce qui « aboutit à la commercialisation d'uniquement deux types de roses », explique Blandine Veith. Cette diffusion massive pourrait ainsi occasionner une baisse de la biodiversité. Face à cela, certains rosiéristes s'organisent pour remettre au goût du jour les roses anciennes, très parfumées. Et la plupart des obtenteurs, conscients de l'importance du parfum pour les acheteurs, s'activent à redonner des senteurs à ces fleurs. En parallèle, des amateurs s'amuse à créer des roses aux parfums extraordinaires : persil, anis ou même vin rouge ! 

▲ Le parfum des roses est un caractère génétique très fragile, difficile à préserver d'une fleur à l'autre.



© J.-C. CAISSARD

1. Laboratoire de biotechnologies végétales appliquées aux plantes aromatiques et médicinales (Univ. Jean-Monnet Saint-Étienne).

2. Laboratoire dynamiques sociales et recomposition des espaces (Ladys, Univ. Paris Ouest).

Vidéo



© CNRS, IMAGEM, GASSEND

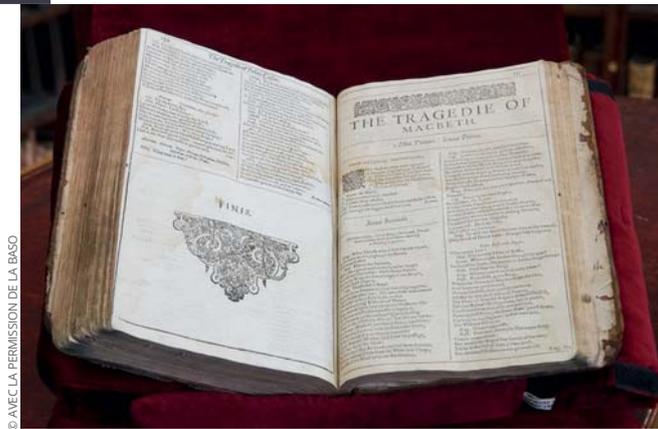
SOCIÉTÉS 

L'incroyable salle à manger tournante de Néron

En 2009, une équipe d'archéologues découvrait sous la pente du mont Palatin, à Rome, des vestiges de la salle à manger tournante de Néron. Un film de CNRS Images lève aujourd'hui le voile sur cette construction unique dans l'architecture romaine. Élément de prestige de la *Domus aurea*, l'imposant palais bâti par l'empereur au I^{er} siècle après Jésus-Christ, cette pièce de réception située au premier étage d'un vaste

bâtiment circulaire est connue grâce aux écrits de l'historien romain Suétone. La salle à manger circulaire, la *Cenatio rotunda*, reposait sur un plancher pivotant entraîné jour et nuit par un mécanisme complexe dont le cylindre a pu être retrouvé. Son emplacement au sommet du mont Palatin permet d'imaginer la vue imprenable sur le Capitole, le Forum et le Palatin que pouvaient admirer Néron et ses invités.

 Visionner la vidéo sur lejournale.cnrs.fr



© AVEC LA PERMISSION DE LA BASO

► Vue d'ensemble du First Folio de Shakespeare, découvert à la bibliothèque de Saint-Omer.

First Folio de Shakespeare : le regard d'un expert

PROPOS RECUEILLIS PAR MARTIN KOPPE

SOCIÉTÉS

Littérature. La découverte d'une première édition des œuvres de Shakespeare à Saint-Omer a mis en émoi les amoureux du dramaturge anglais. Un émoi justifié selon Jean-Christophe Mayer¹, qui s'est rendu sur place pour étudier le livre.

Fin novembre, l'annonce de la mise au jour d'un First Folio des œuvres de Shakespeare a fait grand bruit...

Jean-Christophe Mayer : Il s'agit de la première édition collective des œuvres théâtrales de Shakespeare, publiée en 1623, soit sept ans après sa mort. Le First Folio contient 36 pièces de Shakespeare, dont 18 n'avaient encore jamais été imprimées. Sur les 800 exemplaires imprimés à l'origine, celui de Saint-Omer est le 233^e à avoir été authentifié. Le First Folio de la Bibliothèque nationale de France était jusqu'alors le seul conservé en France.

Comment s'est déroulée cette redécouverte ?

J.-C. M. : Tout est parti d'un projet d'exposition sur des livres anglais. Rémy Cordonnier, responsable des fonds patrimoniaux à la bibliothèque d'agglomération de Saint-Omer, est tombé sur ce livre, classé par erreur dans un rayon du XVIII^e siècle. Il faut dire que la page de titre manque, alors qu'il s'agit du principal indice de l'origine du livre. Grâce à sa formation d'historien de l'art, Rémy Cordonnier a reconnu qu'il s'agissait d'un ouvrage plus ancien. Il a alors fait appel à Eric Rasmussen, professeur à l'université du Nevada et spécialiste des First Folios, qui a authentifié le livre. Comme on n'en découvre qu'un tous les dix ans environ, la communauté mondiale des shakespeareiens s'est mise en branle et je me suis rendu sur place en décembre dernier pour l'étudier.

Sait-on comment le livre est arrivé à Saint-Omer ?

J.-C. M. : Il faisait partie de la collection du collège anglais de Saint-Omer, fondé par les Jésuites en 1594. Les nombreuses

annotations rédigées dans le First Folio semblent dater de la seconde moitié du XVI^e siècle, voire du début XVII^e.

Dans quel état l'ouvrage est-il ?

J.-C. M. : Il lui manque donc la page de titre, mais aussi les hommages, la comédie *Les Deux Gentilshommes de Vérone* et diverses autres pages. Celles qui sont présentes peuvent comporter des taches et sont parfois inversées ou mal reliées. Le livre n'a manifestement pas été acheté pour prendre la poussière. Les annotations sont très proches de celles utilisées pour monter une pièce de théâtre : scènes encadrées ou barrées, didascalies, clarifications. Deux pièces sont particulièrement concernées : *Henry IV* et *Henry V*. La première est celle qui s'est le mieux vendue du temps de Shakespeare et a introduit le célèbre personnage de Falstaff. Il n'est pas étonnant que les Jésuites aient voulu mettre une pièce aussi célèbre en scène, cependant cela a demandé de nombreuses adaptations. Alors qu'aujourd'hui certains puristes se plaignent des coupes et des adaptations faites des œuvres de Shakespeare, il se trouve donc que ces pratiques étaient déjà en cours au XVII^e siècle.

Que va-t-il se passer maintenant pour ce First Folio ?

J.-C. M. : L'ouvrage sera à la portée de tous sur Internet fin février. La bibliothèque d'agglomération de Saint-Omer va aussi organiser un colloque les 3 et 4 juillet 2015. Il réunira des spécialistes de Shakespeare, des historiens du livre, du jésuitisme... Et, afin que ce savoir ne reste pas enfermé dans les cercles universitaires, il y aura chaque soir une communication destinée au grand public. Ce First Folio est un parfait exemple de diffusion culturelle, il est normal que ce savoir soit accessible au plus grand nombre. ||



Lire l'intégralité de l'article sur lejournal.cnrs.fr

1. Directeur de recherche au CNRS et membre de l'Institut de recherche sur la Renaissance, l'Âge classique et les Lumières (CNRS/Univ. Paul-Valéry).

LES IDÉES



*Alerter sur les camps de réfugiés,
réfléchir sur le transhumanisme
et l'homme augmenté, puis relire
un classique sur les atomes.*

ILLUSTRATION : EIKO OJALA/LA SUITE ILLUSTRATIONS POUR CNRS LE JOURNAL



© P. GORRIZJUN PHOTO

« Les camps sont un monde dans le monde »

▼ Près de 400 000 Haïtiens vivent toujours dans des camps érigés à la suite du séisme de 2010.

SOCIÉTÉS

Anthropologie. Camps de réfugiés, de déplacés, de migrants... Ces lieux sont l'un des nouveaux visages de la société mondiale selon le chercheur Michel Agier¹, qui a dirigé un ouvrage sur le sujet.

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CALLOCE

Vous parlez dans l'ouvrage *Un monde de camps d'un « encampement » du monde... De quoi s'agit-il ?*

Michel Agier : Les camps sont en train de devenir une composante majeure de la société mondiale et le lieu de vie de près de 20 millions de personnes ayant fui les conflits, la misère ou les catastrophes écologiques. Les 460 camps de réfugiés situés au Moyen-Orient, en Afrique de l'Est ou encore au Pakistan abritent entre 5 et 7 millions de personnes poussées par la guerre hors de leur pays ; le plus grand, celui de Dadaab, au Kenya, regroupe à lui seul 450 000 personnes ! Les camps de déplacés internes comptent au moins

6 millions de personnes ; rien qu'en Haïti 400 lieux de ce type abritent encore 400 000 habitants déplacés à la suite du séisme de 2010. Encore plus difficiles à chiffrer du fait de leur clandestinité, les camps de migrants auto-installés seraient plusieurs milliers. Ces regroupements de petite taille sont installés le long des frontières ou dans les interstices urbains, à l'instar des campements de migrants afghans de Calais ou des campements roms de la région parisienne.

Pourquoi cette multiplication des camps ?

M. A. : Le phénomène de massification date de la fin de la guerre froide. Une certaine ouverture du monde, l'utopie du village global ont donné le sentiment d'une plus grande facilité à circuler. Parallèlement, l'essor des transports a favorisé les flux à toutes les échelles : régionale, nationale et internationale. Ajoutez à cela le marasme économique des pays du Sud, et toutes les conditions de la mobilité sont réunies. Face à cet état de fait, un certain nombre de pays, notamment européens, ont eu tendance à utiliser la solution des camps comme une politique par défaut, ne sachant pas comment

1. Michel Agier est directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS). 2. Le Haut Commissariat aux réfugiés est une agence des Nations unies.



Un monde de camps,
Michel Agier (dir.),
avec la collaboration
de Clara Lecadet,
La Découverte,
octobre 2014,
424 p., 25 €

empêcher ce qu'ils considèrent comme un problème : des gens qui se déplacent, passent des frontières. Les camps sont le rebut où finissent les personnes qui ont passé tous les filtres. Une chose est sûre : quelles que soient les lois, on ne pourra jamais empêcher les humains de se déplacer.

Vous évoquez deux autres types de lieux : les centres de rétention et les camps de travailleurs...

M. A. : Ce sont des formes de camps en plein essor, qui partagent de nombreux points communs avec ceux que nous venons de citer : précarité de l'habitat, caractère provisoire... Les centres de rétention, ces lieux où les gouvernements « parquent » les migrants illégaux en attendant un hypothétique retour dans leur pays d'origine, sont plus d'un millier à l'échelle mondiale. De toutes les catégories évoquées, ce sont les endroits où l'enfermement est le plus sévère, et la tendance, en Europe notamment, est à l'allongement des périodes de détention. Les camps de travailleurs, surtout présents dans les pays émergents comme le Brésil, la Chine, l'Afrique du Sud ou les Émirats arabes unis, mais aussi dans le sud des États-Unis et de l'Europe, répondent à une logique purement économique : dans ces régions, le développement de l'agro-industrie, avec les plantations sucrières par exemple et le lancement de chantiers titaniques – routes, barrages... –, suscitent un énorme besoin de main-d'œuvre qu'on n'hésite pas à aller chercher directement à l'étranger. La forme du camp permet d'accueillir ces gens utiles économiquement, mais indésirables socialement.

Certains camps existent depuis des dizaines d'années. Peut-on encore parler de solution provisoire dans ces conditions ?

M. A. : C'est l'autre aspect de ces camps : alors qu'ils sont censés répondre à des situations d'urgence, ils ont tendance à s'installer dans la durée, et ce bien que le mythe du retour reste vivace chez les personnes déplacées comme au sein des organismes et des gouvernements qui gèrent ces camps. Ils deviennent un lieu de vie que les habitants finissent par intégrer à leur quotidien. On le voit à la transformation matérielle de ces endroits : les gens s'approprient leur habitat, le modifient, et les camps deviennent ce paysage hybride entre village et bidonville... Certains ont même fait l'objet de reconstructions, ce qui n'est pas le moindre des paradoxes ! C'est le cas du camp de Nahr al-Bared, au Liban, détruit en 2007 à la suite d'un conflit entre l'armée libanaise et une organisation islamique, et rebâti à la demande des réfugiés. Le nouveau camp a été élaboré suivant un plan d'urbanisme, grâce à la participation d'architectes et d'urbanistes palestiniens et internationaux. Avec ce

site, on bascule dans une situation inédite : administrativement, ces personnes sont toujours « encampées », mais il y a une reconnaissance urbaine de leur lieu de vie.

Autre particularité de ce monde de camps : il est au cœur de vrais enjeux économiques...

M. A. : Oui, et à plus d'un titre. D'abord, parce que de nombreux habitants qui y vivent travaillent, même s'ils ne sont pas censés le faire ; ce faisant, ils participent au tissu économique local. Ensuite, parce que ces infrastructures font l'objet d'une logistique complexe. Quand on construit un camp en plein désert, il faut ériger des tentes ou des baraquements, assurer l'approvisionnement en eau, organiser la livraison de nourriture, tracer des pistes... C'est une véritable industrie, dans laquelle des entreprises et des ONG se sont spécialisées. En France, certains camps de rétention sont bâtis et gérés sur le modèle des partenariats public-privé et font intervenir des groupes comme Vinci ou Bouygues.

Certains auraient donc intérêt à ce que les camps continuent d'exister dans le paysage mondial ?

M. A. : Il ne faut pas faire de faux procès : les ONG qui y travaillent sont animées des meilleures intentions. Certaines études estiment d'ailleurs que regrouper des personnes dans ces vastes infrastructures n'est pas aussi économique

qu'il y paraît et invitent à trouver des solutions alternatives. À ce sujet, une expérience intéressante est d'ailleurs en train de se dérouler au Liban : même si, officiellement, le pays refuse d'installer des camps du HCR² pour les réfugiés syriens, des milliers de personnes ont passé la frontière syro-libanaise pour fuir les combats ; pour les accueillir, et puisqu'aucun camp officiel n'est construit, des particuliers proposent leur propre terrain moyennant finance. Certains crient à l'exploitation de la détresse humaine, mais

on peut aussi se demander s'il n'y a pas là une piste pour insérer plus harmonieusement les réfugiés dans les pays d'accueil. On pourrait ainsi imaginer que ce soit le HCR lui-même qui rémunère directement les habitants accueillant des familles de réfugiés... Signe d'une évolution des mentalités sur le sujet : même cette structure onusienne, qui a œuvré à la création de centaines d'infrastructures, commence à réfléchir à une sortie du modèle « tout camp ». **II**

“Les camps de travailleurs permettent d'accueillir des gens qui sont utiles économiquement, mais indésirables socialement.”



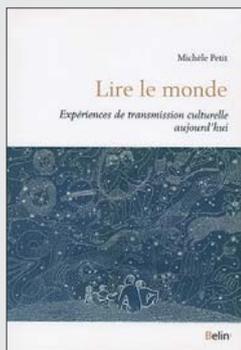
Lire l'intégralité de l'article
sur lejournal.cnrs.fr

À lire

GÉNÉRATION 68

Spécialiste de sociologie politique, Julie Pagis revient dans cet ouvrage sur les profils et les parcours de ceux qui ont fait Mai 68. Loin des clichés selon lesquels la « génération 68 » est une génération opportuniste occupant aujourd'hui des postes de pouvoir dans les champs politiques, médiatiques ou littéraires, l'auteure s'attache à montrer les effets multiples de cet engagement de jeunesse dans les sphères professionnelles, amoureuses, militantes et familiales.

Mai 68, un pavé dans leur histoire, Julie Pagis, Les Presses de Sciences Po, coll. « Académique », septembre 2014, 340 p., 22 €



LECTURE

La lecture ne sert pas seulement à mieux réussir à l'école. Elle est une fenêtre sur le monde que tout un chacun devrait pouvoir pousser, notamment les jeunes d'aujourd'hui. L'anthropologue Michèle Petit répond dans cet essai à des questions simples et actuelles sur le sujet : À quoi cela sert-il de lire ? Pourquoi lire aujourd'hui

et inciter des enfants à le faire ? Comment donner le goût de la lecture et, plus largement, des pratiques artistiques ?

Lire le monde. Expériences de transmission culturelle aujourd'hui, Michèle Petit, Belin, août 2014, 219 p., 17 €

TROPIQUES

L'équilibre de notre planète repose en grande partie sur les écosystèmes tropicaux, aujourd'hui menacés par le changement climatique. Dans cet ouvrage richement illustré, des spécialistes issus des laboratoires CNRS et associés présentent leurs travaux les plus récents et montrent la voie pour les années à venir. Il ne s'agit plus de s'intéresser aux seuls habitats naturels tropicaux : forêts, mangroves, récifs coralliens... L'écologie tropicale s'invite désormais aux portes des villes et des exploitations forestières, agricoles ou minières.

Écologie tropicale. De l'ombre à la lumière, Pierre-Michel Forget, Martine Hossaert-McKey et Odile Poncy (dir.), Cherche Midi/CNRS, janvier 2015, 192 p., 24,90 €



JE SUIS CHARLIE

L'actualité terrifiante, horrible, que nous traversons nous invite à réfléchir sur la liberté d'expression et sur ce qui fait une république et une démocratie, mais aussi sur les valeurs d'un organisme comme le CNRS. Et nos valeurs sont justement celles de la liberté, la liberté d'expression, mais aussi celles de découvrir, d'inventer, de savoir. Elles remontent loin ces valeurs, elles remontent à la science elle-même, c'est-à-dire à plusieurs siècles. Cette invention correspond dans l'histoire de l'humanité à l'idée que l'on peut s'extraire des dogmes pour inventer des représentations de la nature qui ne sont pas celles imposées par l'idéologie. Le CNRS, fondé par Jean Perrin en 1939 dans le prolongement du Front populaire, à un moment où l'on a créé également le Palais de la découverte et les universités populaires, est porteur de toutes ces valeurs, valeurs de liberté à travers la science et l'esprit scientifique, valeurs de démocratie et de liberté d'expression. Naturellement, le CNRS est solidaire de Charlie Hebdo. Cela n'est pas juste une question de circonstances, nous sommes là très émus et très mobilisés et nous le resterons.



Alain Fuchs, président du CNRS, le 9 janvier 2015, en réaction à l'attentat contre Charlie Hebdo



Extrait de l'article « Liberté d'expression, liberté de recherche : témoignez » à lire [sur lejournal.cnrs.fr](http://sur.lejournal.cnrs.fr)



Le mythe de l'humain augmenté

Nathanaël Jarrassé

Chercheur à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique¹



Lire l'intégralité du billet sur lejournal.cnrs.fr

« **Rendre une sensation de toucher à un sujet amputé appareillé** », « **dévier des nerfs pour améliorer la commande de prothèses** », « **fixer directement une prothèse de bras sur l'os** » : autant d'innovations de laboratoires porteuses d'espoir. Pourtant, cela semble peu face au spectacle offert par les films de science-fiction. Avec la prolifération des images de cyborgs ou d'« hommes augmentés » et le développement de la confusion entre virtuel et réel, nous sommes englués dans ce que Roland Barthes, dès 1957, définissait comme « *le divorce accablant de la mythologie et de la connaissance* » dans son ouvrage *Mythologies*. Aujourd'hui, nous, les chercheurs, voyons que ces anticipations tendent à interférer avec nos recherches et la perception de nos indéniables, mais patientes, innovations.

Entre fantasme et déception

Ce décalage se trouve amplifié par la vulgarisation parfois simpliste des avancées technologiques. Un certain sensationnalisme extrapole les résultats scientifiques et suscite des débats passionnés au sein même de la communauté des chercheurs sur l'« homme augmenté », alors que nous n'en sommes qu'à essayer de le « réparer ». Face au discours engagé de certains groupes transhumanistes et technophiles qui prônent le dépassement de notre condition biologique, nous devons revenir aux réalités du chercheur et des personnes appareillées. Car l'une des conséquences de ce décalage est de susciter une perception biaisée de la réalité technique : il n'existe, parmi les prothèses disponibles actuellement, rien de « fusionné » avec le corps ni rien de réellement contrôlable par la « pensée ».

Cette déception est renforcée par l'appréciation collective de la performance technique, qui se focalise sur la capacité à assurer une fonction unique. Ainsi, le fait

qu'une intelligence artificielle ait pu battre un esprit humain aux échecs a induit l'idée saugrenue que l'homme serait moins intelligent que la machine ; or c'est oublier que la principale performance de l'homme n'est pas d'être programmé pour jouer aux échecs, mais d'accomplir un nombre quasi infini de tâches différentes, motrices, intellectuelles... grâce à sa capacité continue d'apprentissage.

L'opinion portée sur les prothèses subit le même type de déformation, car elle confond performance globale et performance locale. L'athlète Oscar Pistorius, grâce à ses lames en carbone, peut courir plus vite qu'une bonne partie de l'humanité, mais sait-on qu'il ne peut se tenir debout et marcher à faible allure qu'en changeant de prothèses ? L'oubli de cette limite contribue à déstabiliser certains patients insatisfaits de leur prothèse.



Tous les premiers vendredis du mois, retrouvez sur lejournal.cnrs.fr les Inédits du CNRS, des analyses scientifiques originales publiées en partenariat avec Libération.

Prothèses : un long apprentissage

Autre mythe engendré par la fiction, l'espoir de jouir immédiatement des membres robotisés. Les prothèses généralement proposées aux patients amputés d'un membre supérieur sont composées d'une main pouvant s'ouvrir et se fermer et d'un poignet rotatif. Elles nécessitent des heures d'entraînement pour pouvoir être correctement pilotées. Il en découle une difficulté pour les utilisateurs, surpris par la complexité et la lenteur de l'apprentissage.

Là encore, c'est oublier la réalité de l'apprentissage des techniques du corps : combien de temps nous a-t-il fallu pour maîtriser notre équilibre, la marche... et combien d'efforts pour acquérir des capacités demandant des expertises sensorimotrices comme le piano, les arts

plastiques... Les personnes appareillées oublient ces années d'apprentissage. Il arrive même que des patients, découragés, optent pour des solutions plus simples de prothèses mécaniques, voire seulement esthétiques.

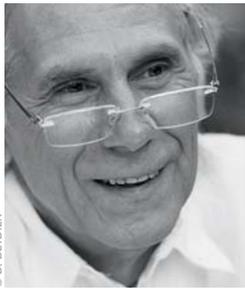
Déconstruire les représentations

La perception par la société de l'homme appareillé subit, elle aussi, le contrecoup des idées reçues diffusées par une certaine vulgarisation. Il nous est impossible à nous, chercheurs, de ne pas prendre en compte l'influence des phénomènes d'intégration sociale dans le processus d'appropriation de sa prothèse par un sujet, objet technique dont la présence, autant que l'amputation, demeure une forme de stigmat. Dès lors, on peut se demander si les mythes ambiants, en banalisant l'image du corps appareillé, ne réduisent pas ce sentiment chez les personnes amputées ou bien, au contraire, si la sur-représentation du corps hybride ne finit pas par héroïser les athlètes, les êtres hors norme médiatisés à outrance.

Cette surmédiatisation du concept de cyborg va jusqu'à engendrer une mise en question passionnée de l'appareillage, domaine où la raison devrait nous guider. Le sujet amputé se retrouve involontairement enjeu de discussions sur l'« augmentation » du corps dont il connaît, lui, les limites, au risque de rendre encore plus compliquée l'image qu'il a de lui-même et que la société se fait de lui.

Les avancées majeures de la recherche ont et auront des retombées essentielles pour les personnes amputées, pourvu que l'on ne leur promette pas la lune. Si les mythes ont pu stimuler la créativité des chercheurs, ils envahissent aujourd'hui le champ de la robotique au point qu'il nous faut, en plus de construire des robots toujours plus performants, déconstruire les représentations collectives qui entravent une vue juste de ce qui fait notre humanité réelle. **II**

1. Unité CNRS/UPMC/Inserm.



© D. DESJARDIS

Faut-il rouvrir la mine d'or de Salsigne ?

Hervé Pujol

Chercheur au laboratoire Dynamiques du droit



Lire l'intégralité du billet sur lejournal.cnrs.fr



Tristes mines. Impacts environnementaux et sanitaires de l'industrie extractive, Hervé Pujol (dir.), *Les Études hospitalières*, juil. 2014, 338 p., 42 €

Il y a dix ans, la conjugaison de problèmes économiques, environnementaux et sanitaires précipitait la fermeture de la mine d'or de Salsigne, dans l'Aude, la dernière de France métropolitaine. L'étude des sources archivistiques récemment menée au laboratoire Dynamiques du droit¹ révèle que les nuisances ont toujours accompagné l'histoire du site. Il a pourtant fallu attendre 2003 pour que la Cour des comptes stigmatise les dysfonctionnements des politiques publiques mises en œuvre à Salsigne. Concernant le risque sanitaire, l'excès de cancers provoqués par l'arsenic chez les ouvriers du site fut identifié dès 1970. De façon plus générale, l'exposition des riverains aux polluants industriels fit l'objet, en 2001, d'une étude de l'Institut de veille sanitaire concluant, notamment, à un excès de 80 % de la mortalité par cancer du poumon et de 110 % pour celui du pharynx.

des sources qui contribuent à maintenir un fond de pollution résiduelle non négligeable dans la rivière Orbiel »². De récentes études présentées à l'occasion d'un colloque international³ ont révélé que, au niveau de la zone réhabilitée, environ 90 % de la contamination des eaux de surface en arsenic dissous était un héritage de l'ancienne activité industrielle.

À ce bilan inquiétant, il faut ajouter la fréquence des incidents : ici, la rupture d'une digue d'un bassin de décantation ; là, la découverte d'enfouissements sauvages d'arsenic ; en 2011, la survenance d'explosions dans la mine souterraine ; en 2013, la pollution à l'arsenic d'un canal d'irrigation. Autant de faits qui ne sont pas pour rassurer les associations locales de protection de l'environnement, qui ont déposé plainte pour mise en danger d'autrui.

La course aux métaux rares

L'actualité de Salsigne pourrait en rester là, mais la volonté d'Arnaud Montebourg, ancien ministre du Redressement productif, de créer une Compagnie nationale des mines de France (CNMF) amène à se demander si le dernier chapitre de l'aventure extractive du lieu ne reste pas à écrire... Dans un contexte international marqué par l'intensification de l'exploitation des ressources naturelles, la hausse des coûts et la compétitivité industrielle, le projet de relance de la mine, outre l'intérêt attaché à la création d'emplois non délocalisables, vise à garantir l'indépendance de la France en matière d'approvisionnement en métaux. Il rejoint l'analyse du Commissariat général à la stratégie et à la prospective qui, en juillet 2013, relevant que « la France ne peut espérer poursuivre un développement industriel ambitieux à long terme sans une stratégie adéquate pour répondre aux tensions sur l'approvisionnement de ces matériaux », suggérait de promouvoir la prospection sur son territoire.

Depuis, plusieurs permis de recherches ont été accordés. Aussi n'est-il pas étonnant que le site de Salsigne, dont on estime qu'il contient encore de 30 à 40 tonnes d'or, mais aussi des terres rares, attise les convoitises. Récemment, des industriels ont présenté à Jean-Claude Perez, député de l'Aude, un projet de reprise fondé sur un « procédé écoresponsable » et sur une nouvelle technique d'extraction du minerai, la chloruration, qui « présenterait l'intérêt de rendre inertes les roches traitées et, ainsi, de les utiliser dans le cadre des opérations de remblaiement »⁴. Pour ce faire, la concession serait attribuée à une société d'économie mixte avec participation de la CNMF. Après avoir diligenté une enquête de faisabilité, l'État a fait savoir que, pour l'heure, aucun dossier de demande de permis d'exploitation n'était déposé.

Un héritage embarrassant

Échaudés par les abus des derniers exploitants du site, les riverains insistent sur la persistance des risques et les coûts de réhabilitation supportés par la collectivité. Dépités par la lenteur des procédures pénales, ils s'interrogent sur le bien-fondé de la politique gouvernementale. En son temps, Arnaud Montebourg affirmait le droit des citoyens à s'interroger sur les conditions d'exploitation du sous-sol eu égard à la préservation des emplois et à la protection de l'environnement, tout en précisant que ces deux objectifs pouvaient paraître antinomiques. Ce faisant, il posait toute la complexité du problème minier dans un monde où l'innovation exacerbe la surconsommation au détriment des équilibres naturels... Reste à savoir si son successeur, Emmanuel Macron, saura tirer de Salsigne, contre-modèle par excellence, les enseignements qui s'imposent afin d'éviter les erreurs du passé, lorsque l'État, alors actionnaire de la minière, n'avait pu éviter la faillite ni le désastre écologique. II

On estime que le site de Salsigne contient encore de 30 à 40 tonnes d'or, mais aussi des terres rares.

Aujourd'hui, la situation reste préoccupante. Un arrêté préfectoral interdit toujours la commercialisation des légumes et autres produits locaux sur le territoire de huit communes. Salsigne figure aussi parmi les 28 sites à risque pour la santé ou l'environnement répertoriés dans l'inventaire national visé par la directive européenne du 15 mars 2006 sur la gestion des déchets de l'industrie extractive. Sur le terrain, on trouve encore des « zones de dépôts de déchets mal confinés, mal réhabilités et instables, ou traversés par

1. Unité CNRS/Univ. de Montpellier. 2. Dir. gén. env. Languedoc-Roussillon, compte rendu de visite du site minier de Salsigne en présence de l'Ademe, 23 avril 2008. 3. Salsigne : « La mine dort, la pollution veille », Montpellier, mars 2013 (actes publiés sous le titre *Tristes mines*, Les Études hospitalières, 2014). 4. Le projet ne concernerait que la mine à ciel ouvert.

Les nouveaux chemins de l'ethnologie

SOCIÉTÉS

Ethnologie. Entretien avec Frédéric Keck, directeur du département de la recherche et de l'enseignement du musée du quai Branly, à l'occasion de la 2^e édition des Journées d'ethnologie, qui aura lieu les 14 et 15 mars.

PROPOS RECUEILLIS PAR CARINA LOUART

▼ Lecture d'ouvrages d'anthropologie durant l'édition 2013 des Journées de l'ethnologie.

L'organisation de cette manifestation répond-elle à la nécessité de faire connaître votre discipline ?

F. K. : La création du musée du quai Branly a accompagné un profond changement de l'ethnologie. Nous souhaitons montrer les travaux de chercheurs qui ont marqué la discipline, comme Bruno Latour, sur l'écologie ou Michael Houseman, sur le rituel, mais aussi de jeunes ethnologues qui ont travaillé au musée sur la relation entre humains et bovins en Éthiopie, les musiques rebelles touareg ou le tourisme sexuel des femmes à Zanzibar.

Nous ne sommes plus dans l'ethnologie qui étudiait les peuples « sauvages ». Cela signifie-t-il que cette science s'est adaptée à la mondialisation ?

F. K. : Depuis les années 1970, il ne s'agit plus de classer les cultures depuis un point de vue surplombant, mais de percevoir les problèmes depuis des points de vue différents. Les questions écologiques, par exemple, n'opposent plus sociétés sauvages et modernes : elles concernent toutes les sociétés, et chacune peut apprendre comment les autres aménagent leur environnement.

En ce sens, vous êtes des porte-parole, des messagers entre les sociétés ?

F. K. : Les peuples dits autochtones n'ont pas besoin des ethnologues pour s'organiser et se défendre, mais nous pouvons montrer comment ces peuples répondent à des problèmes qui affectent tout le monde. L'étude que j'ai menée sur la grippe aviaire en Chine a permis de comparer trois conceptions des relations humains-oiseaux. Les bouddhistes relâchent des oiseaux achetés sur les marchés pour

favoriser le cycle des âmes, mais les biologistes montrent que cela augmente le risque d'infection. Les ornithologues proposent une médiation en relâchant des oiseaux équipés de GPS depuis des temples. Pour ces trois groupes, les oiseaux sont perçus comme des signaux d'alerte des maux affectant les humains. Cela m'a permis de mettre en évidence de nouvelles relations entre humains et animaux.

Comment choisissez-vous vos sujets d'étude ?

F. K. : Les jeunes ethnologues effectuent des recherches sur des sujets transversaux. Nous suivons les idées et les objets qui circulent entre les sociétés en les considérant comme des objets de curiosité au sens où ils incitent à une éducation du regard. L'enquête d'Emmanuel Grimaud sur les robots montre que, si nos sociétés occidentales redoutent de voir les machines remplacer l'homme, les sociétés indiennes et chinoises, elles, s'interrogent plutôt sur la possibilité pour les hommes de s'identifier et de s'attacher à des robots. L'ethnologie permet de décaler le regard et de rouvrir l'éventail des possibles.

Qu'est ce qui vous différencie des sociologues ?

F. K. : La sociologie et l'ethnologie ont des histoires différentes, mais elles se sont rapprochées dans leurs méthodes et leurs objets. Reste que l'ethnologie cherche davantage à saisir la différence, l'étrangeté, de façon plus qualitative, avec des enquêtes de longue durée et la participation à la vie quotidienne. Et elle interroge les concepts fondamentaux des sciences sociales, comme l'opposition entre nature et société, dont les travaux de Philippe Descola montrent qu'elle n'est pas universelle. ||



« L'ethnologie va vous surprendre ! Deux jours pour explorer le XXI^e siècle », les 14 et 15 mars, au musée du quai Branly, à Paris

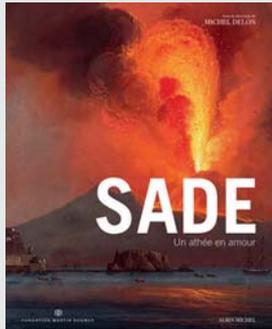
1. Chercheur attaché au Laboratoire d'anthropologie sociale (CNRS/Collège de France/EHESS).

À lire

LIBERTINAGE

« Sade. Un athée en amour », c'est d'abord une exposition consacrée à l'écrivain libertin à la Fondation Martin Bodmer, à Cologny, près de Genève, en Suisse (jusqu'au 12 avril). C'est aussi un livre d'art extrêmement complet et richement illustré sur l'auteur de *Justine ou les malheurs de la vertu*. On y trouve des autographes jamais vus, des lettres (à sa femme ou son fils) et des textes littéraires oubliés, des gravures des éditions originales, des photographies de ses lieux d'incarcération (châteaux de Vincennes, de Saumur, de Miolans) et plus de 140 objets rares tirés de collections publiques et privées. De quoi jeter un regard nouveau sur cet auteur majeur, au-delà des préjugés et des lieux communs.

Sade. Un athée en amour, Michel Delon (dir.), Albin Michel, novembre 2014, 336 p., 49 €

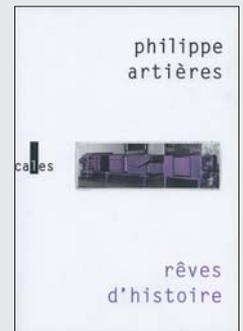


HISTORIEN

Comment travaillent les historiens ? Qu'est-ce qui les amène à entreprendre une enquête sur tel événement, telle pratique ou tel lieu ?

Philippe Artières nous livre dans cet ouvrage l'alchimie secrète qui donne l'impulsion d'une nouvelle recherche : lecture d'un article de journal, promenade dans la ville, consultation d'une liasse d'archives. « *Le moment où un nouveau projet émerge est semblable à une ivresse, les repères s'estompent, on se laisse aller vers un ailleurs...* » C'est un florilège de ces petites ou de ces grandes envies d'histoire, abouties ou non, qu'il nous fait découvrir dans cet essai.

Rêves d'histoire. Pour une histoire de l'ordinaire, Philippe Artières, Verticales, octobre 2014, 176 p., 19 €



En Syrie, un patrimoine en péril

Catherine Duvette, architecte-archéologue au sein de l'unité Archimède de Strasbourg¹ et **Gérard Charpentier**, codirecteur de la Mission archéologique syro-française de Lyon²

Aujourd'hui, les paysages rocaillieux des campagnes du Massif calcaire, au nord de la Syrie, constituent l'arrière-plan d'une actualité dramatique alors que des populations aux abois doivent les fuir ou, au contraire, y trouver refuge. Relativement peu connus au regard d'autres sites syriens, ces territoires présentent la particularité de constituer un ensemble géographique et historique cohérent où l'on peut encore voir, dans un état de conservation souvent remarquable, des villages et des paysages façonnés entre les II^e et VI^e siècles de notre ère.

Sous la pression démographique, de nombreux sites indexés par les voyageurs et les scientifiques qui ont parcouru la région depuis la fin du XIX^e siècle tendaient à disparaître, mais une cinquantaine ont continué à faire l'objet de recherches

menées, depuis les années 1980, dans le cadre de missions archéologiques françaises puis syro-françaises. Ces villages, parfois encore environnés des vestiges fossiles des activités qui ont fait leur prospérité, constituent des archives susceptibles d'éclairer de multiples aspects de la vie de toute une communauté rurale depuis la fin de l'époque hellénistique jusqu'au VII^e siècle de notre ère.

Une de ces agglomérations, Serğilla, a récemment fait l'objet d'une monographie³. L'étude du bâti y occupe une place centrale. Le fait de comprendre les vestiges encore apparents, d'en proposer une restitution et d'explicitier leur organisation et leurs modes de mise en œuvre a permis de retracer l'évolution du village avant son abandon progressif à partir du VII^e siècle. En 2010, alors que l'étude de Serğilla

s'achevait, le site était devenu une réserve archéologique, elle-même incluse dans un parc plus vaste destiné à être protégé sans pour autant être figé : un habitat, modeste et dispersé, commençait en effet à se développer à l'écart du site antique, et la perspective d'un développement culturel autour de ce patrimoine semblait une promesse de prospérité renouvelée pour les habitants de la région.

L'histoire en a décidé autrement. Depuis 2013, les sites du Massif calcaire qui avaient été inscrits sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco en 2011, ont été reportés sur la liste du patrimoine en péril, à la demande de Maamoun Abdulkarim, codirecteur de la Mission. Les chercheurs ne peuvent plus directement contribuer à la préservation des vestiges, mais peuvent encore veiller à celle des connaissances acquises et à leur diffusion. À cette fin, en collaboration avec l'université de Damas, deux équipes du CNRS⁴ pilotent actuellement l'élaboration d'une carte archéologique qui donnera, à terme, les moyens d'identifier les vestiges endommagés ou totalement détruits. **II**



Lire l'intégralité du billet sur lejournale.cnr.fr

1. Archimède (CNRS/Univ. de Strasbourg/Univ. de Haute-Alsace/MCC/Inrap). 2. MSH MOM (CNRS/Univ. Lumière Lyon-II). 3. Cet ouvrage, *Serğilla. Village d'Apamène* (Presses de l'Ifpo, 2013), a obtenu en 2014 le prix G. Schlumberger. 4. Service de techniques archéologiques de la MSH MOM et Service d'analyse des formes architecturales et spatiales d'Archimède.



Pourquoi il faut relire *Les Atomes*

Alain Fuchs

Chimiste, président du CNRS

Jean Perrin, fondateur du CNRS, obtient le prix Nobel de physique en 1926 « pour ses travaux sur la discontinuité de la matière, et particulièrement pour sa découverte de l'équilibre de sédimentation ». Cette façon de présenter les travaux de l'auteur du célèbre ouvrage *Les Atomes* semble un peu curieuse aujourd'hui. Mais les académiciens suédois, membres du comité Nobel, expliquent plus précisément, dans leur discours de présentation du 10 décembre 1926, que « l'objet des recherches du professeur Jean Perrin [...] était de mettre un terme définitif à la longue bataille concernant l'existence réelle des molécules ». Voilà qui est plus clair ! La discontinuité de la matière, c'est l'existence des atomes (et des molécules). Quant à l'équilibre de sédimentation, c'est simplement un des phénomènes étudiés expérimentalement par Perrin pour extraire de ses mesures le fameux « nombre d'Avogadro ».

À l'assaut du nombre d'Avogadro

Chimiste italien, Avogadro énonce en 1811 une « théorie du gaz parfait » selon laquelle le volume occupé par un nombre N de particules, sous une pression et une température données, est le même quel que soit le gaz. Il faut attendre le congrès de Karlsruhe, en 1860, pour qu'une importante partie de la communauté des chimistes s'accorde sur cette théorie, encore appelée à cette époque « hypothèse d'Avogadro ». La bataille de l'atomisme moderne n'était pas encore complètement gagnée.

Le génie de Perrin fut de concevoir six types d'expériences différentes (avec plusieurs variantes), chacune faisant appel indépendamment au « nombre d'Avogadro » dans l'interprétation théorique qui en était faite sur la base de l'hypothèse atomique. Dans un tableau de chiffres resté célèbre (voir p. 299 de

la présente réédition des *Atomes*), treize valeurs sont fournies pour le « nombre d'Avogadro », et Jean Perrin conclut : « On est saisi d'admiration devant le miracle de concordances aussi précises à partir de phénomènes si différents. D'abord qu'on retrouve la même grandeur, pour chacune des méthodes, en variant autant que possible les conditions de son application, puis que les nombres ainsi définis sans ambiguïté par tant de méthodes coïncident, cela donne à la réalité moléculaire une vraisemblance bien voisine de la certitude. » Voilà qui est dit, et bien dit ! Il n'est plus possible dorénavant de nier l'existence de la réalité atomique et moléculaire.

Une démarche de transmission

Publié en 1913, *Les Atomes* est un ouvrage remarquable à plus d'un titre. Il se présente comme une œuvre de vulgarisation scientifique. Il n'est certes complètement accessible qu'à un public un peu cultivé, mais ce n'est pas une publication scientifique « primaire ». C'est pourtant là que Jean Perrin choisit d'exposer avec le plus de détails l'ensemble des expériences et des résultats de son travail sur la constante d'Avogadro. Cette démarche de transmission des savoirs s'inscrit dans les convictions qu'il porte à cette époque avec des personnalités comme Émile Borel, les Curie et Paul Langevin (on parle volontiers d'un « clan », socialisant et dreyfusard notamment) qui participent, entre autres, aux premières universités populaires puis, plus tard, sous l'égide du Front populaire, à la création du Palais de la découverte à Paris.

Les Atomes, c'est aussi un témoignage des idéaux scientifiques et des valeurs morales portés par Jean Perrin et les savants de son époque. La science est une question « d'enthousiasme réfléchi, d'énergie que rien ne lasse » et rien

moins que de « culte de la beauté ». Dans sa magnifique conclusion, Perrin rend compte du « conflit des instincts de prudence et d'audace dont l'équilibre est nécessaire au lent progrès de la science humaine ». Un siècle en effet s'est déroulé entre l'hypothèse du « nombre d'Avogadro » et la détermination expérimentale de sa valeur par Jean Perrin.

Pour une science désintéressée

Ardent promoteur d'une science « pure et désintéressée », il déclarait : « La découverte de l'inconnu doit être poursuivie sans préoccupation pratique précisément si l'on veut en tirer de grands résultats. » Et son ami et complice Émile Borel renchérisait : « L'essentiel est que soit maintenue jalousement la primauté de l'esprit sur la matière. [...] C'est par les études spéculatives de la science pure que l'esprit humain conservera sur les progrès matériels cette domination nécessaire. »

Ce livre est un témoignage des idéaux scientifiques et des valeurs morales portés par Jean Perrin et les savants de son époque.

Il n'est pas inutile de revisiter aujourd'hui ces visions idéales de la science, malmenées par deux guerres mondiales au XX^e siècle et jugées quelque peu désuètes aujourd'hui, recouvertes qu'elles sont par la couche épaisse, teintée parfois de mépris et de cynisme, de l'idéologie utilitariste de la science. Qu'avons-nous fait, et que comptons-nous faire, de cet héritage intellectuel ? II



Les Atomes (1913), Jean Perrin, CNRS Éditions, nov. 2014, 308 p., 25 €. Cette réédition comprend des interventions du colloque organisé fin 2013 par le CNRS pour le centenaire de la parution de l'ouvrage.



Luc Illusie, professeur de mathématiques honoraire à l'université Paris-Sud

PROPOS RECUEILLIS PAR LA RÉDACTION

“Je me souviens...”



... d'Alexandre Grothendieck lorsqu'il animait, dans les années 1960, à l'Institut des hautes études scientifiques, son fameux séminaire de géométrie algébrique du Bois-Marie. J'ai eu la chance d'y participer au sein d'une équipe d'élèves qui défrichait avec enthousiasme les nouveaux territoires que « le Maître » nous faisait découvrir. Au tableau, Grothendieck était d'un dynamisme impressionnant, mais toujours clair et méthodique. Sur le plan de la rédaction, il était d'une exigence redoutable. Mes textes étaient noircis de ses critiques. Je me rappelle les longues après-midi que je passais chez lui à les examiner. On discutait du contenu mathématique, mais aussi de l'ordre des mots, de la ponctuation. Bien souvent, nous ne finissions pas avant 20 heures. Il m'invitait alors à dîner avec sa femme et ses enfants. Après le repas, à titre de récréation, il me racontait des morceaux de mathématiques auxquels il avait réfléchi dernièrement. J'entends encore sa voix douce et mélodieuse ponctuée de temps à autre d'un brusque « Ah! » quand une objection lui venait à l'esprit. Puis il me reconduisait à la gare, où je prenais le dernier train pour Paris.”



Lire l'intégralité du billet
sur lejournal.cnrs.fr



de Denis Guthleben,
historien au CNRS

De l'indispensable interdisciplinarité

Le mot « interdisciplinaire » fait son apparition à l'aube des années 1960, peu avant son cousin « multidisciplinaire ». Puis arrive, vers la fin de la décennie, l'« interdisciplinarité » elle-même, avant la « multi » et la « transdisciplinarité », qui naissent au début des années 1970. Éclosions quasi simultanées qui, a priori, forment du pain béni pour l'historien : voilà un objet circonscrit, que l'on pourrait cerner d'un seul regard sur le demi-siècle écoulé.

Depuis le milieu du XX^e siècle, les disciplines se sont multipliées à l'extrême, de même que les technologies auxquelles elles font appel.

Et peu importe que certains dictionnaires en fassent des synonymes, tandis que d'autres introduisent entre ces termes des nuances – souvent divergentes, parfois énigmatiques : l'interdisciplinarité est quinquagénaire, point final. Ou presque...

Une réflexion millénaire

Car, si l'on délaisse le vocabulaire pour s'intéresser à la réalité qu'il recouvre, l'affaire se corse. Pas d'interdisciplinarité sans réflexion sur le découpage des connaissances, c'est-à-dire sur l'émergence des disciplines : on passe alors d'une cinquantaine de bougies à... plusieurs centaines ! Et l'on pourrait même aller plus loin : pas d'interdisciplinarité sans s'interroger sur la question de l'unité du savoir. Cette fois-ci, c'est toute l'histoire qu'il faudrait

convoquer, en assistant au long cortège de ceux qui, ici ou ailleurs, d'hier à aujourd'hui, se sont posé cette question : un défilé interminable de philosophes antiques, de savants médiévaux, d'humanistes... Bacon y devancerait Comenius, Leibniz, Fontenelle, les Encyclopédistes, Humboldt, Comte – liste non exhaustive, on l'aura compris !

Face à d'aussi prestigieuses panathénées, on pourrait avancer que, dans le domaine de l'interdisciplinarité – comme dans beaucoup d'autres... –, notre époque n'a

rien inventé, et que des méditations que nous estimons très contemporaines ont en réalité animé les siècles passés. Le constat est le même en resserrant la perspective à la seule histoire du CNRS : dès les années 1920, ses pères fondateurs ont encouragé le rapprochement des disciplines, au sein de quelques instituts tout d'abord – la biologie, la physique et la chimie à l'Institut de biologie physico-chimique, l'astronomie et la physique à l'Institut d'astrophysique de Paris – avant de tenter un élargissement à l'échelle nationale avec la création du CNRS en 1939. Et les discussions qui les animaient demeurent d'une actualité saisissante.

Une impérieuse nécessité

Pourtant, le contexte a bien changé : depuis le milieu du XX^e siècle, les disciplines se sont multipliées à l'extrême, de même que les technologies auxquelles elles font appel et que les connaissances qu'elles produisent. La spécialisation et le fractionnement atteignent des sommets inconnus auparavant. Dans certains domaines, ils frisent la caricature : le champ y est si étroit, le jargon, si exclusif, que les scientifiques finissent par s'y enfermer comme dans des prisons ou dans les étages d'une tour de Babel où plus personne n'est en mesure de comprendre son voisin. L'interdisciplinarité apparaît alors comme une impérieuse nécessité, sous peine de dislocation.

Le CNRS en particulier a vu les initiatives proliférer. Aux instituts bâtis dans les premières décennies – une interdisciplinarité « dans les murs » – ont succédé des programmes – une interdisciplinarité « hors les murs ». Les premiers d'entre eux, les « Programmes interdisciplinaires de recherche » (PIR), sont nés à partir des années 1970 autour du développement de l'énergie solaire (Pirdes), des médicaments (Pirmed) et de l'environnement (Piren). Plus récemment, depuis 2011, le flambeau a été repris par la Mission pour l'interdisciplinarité, entre autres au travers des « défis » qu'elle accompagne. Et, conformément à une ambition résumée par l'un des directeurs généraux du CNRS, François Kourilsky, disparu en 2014 et auquel l'établissement vient de rendre hommage : « *S'il a fallu se spécialiser pour apprendre, il faut savoir s'ouvrir pour comprendre.* » II

L'ÉVÉNEMENT SCIENCE & SOCIÉTÉ DE 2015

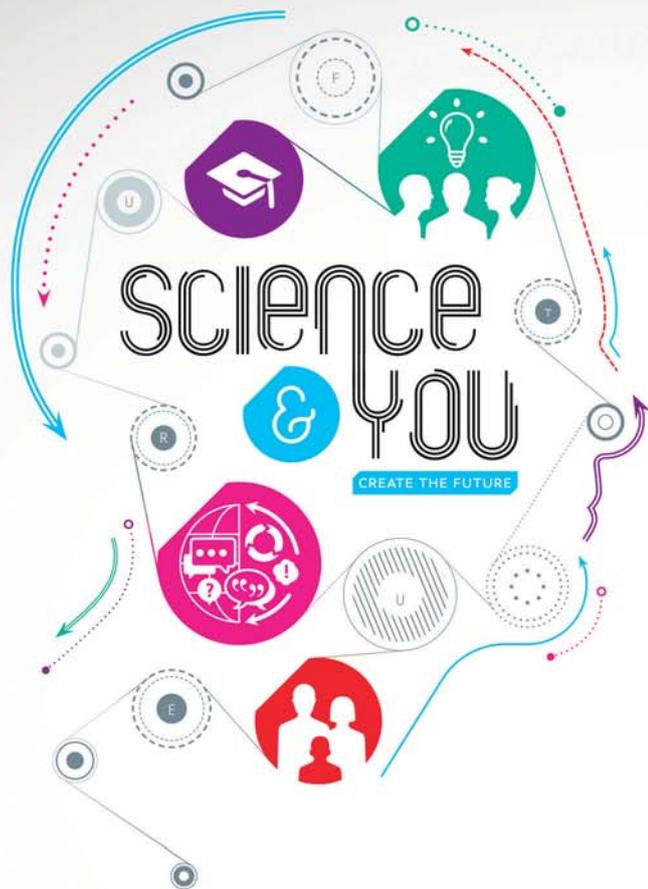
LES INSCRIPTIONS SONT OUVERTES

Science & You est un événement culturel et scientifique d'envergure internationale qui s'adresse à toute personne intéressée par la **médiation des sciences** : chercheurs, doctorants, responsables de musées, de centres de science, d'entreprises, journalistes ou tout simplement curieux...

Du **3 au 6 juin 2015**, au Centre Prouvé de Nancy, plus de 700 professionnels du monde entier sont attendus pour réfléchir, débattre et imaginer la culture scientifique, technique et industrielle de demain.

4 jours de conférences et d'ateliers, cafés-débats, spectacles vivants, démonstrations innovantes de médiation scientifique, expositions interactives, finale nationale de Ma thèse en 180 secondes...

Vous souhaitez vous inscrire ?
Rendez-vous sur science-and-you.com



COLLOQUE

POUR PROFESSIONNELS

LES JOURNÉES
HUBERT CURURIEN

RENCONTRES
INTERNATIONALES
DE LA CULTURE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

www.science-and-you.com



FORUM

SCIENCES & CULTURES

ESPACE DE RENCONTRES,
DE DÉCOUVERTES,
D'ÉCHANGES ET
DE PARTAGE



FORMATION

POUR DOCTORANTS

ATELIERS DE PRATIQUE DE
LA MÉDIATION OUVERTS
AUX DOCTORANTS DE
TOUTES NATIONALITÉS



ÉVÉNEMENTS CULTURELS

SUR LES SCIENCES

SPECTACLES VIVANTS,
DÉBATS ET CONFÉRENCES,
EXPÉRIENCES ET
ANIMATIONS



#SciYou2015

Science & You bénéficie du patronage de :



Nos mécènes :



Nos partenaires :



★ MUSÉE DU QUAI BRANLY
là où dialoguent les cultures



Week-end
gratuit

L'ETHNOLOGIE ★
VA VOUS SURPRENDRE !
Deux jours pour explorer le XXI^e siècle

Conférences | Débats | Projections
Lectures | Visites spéciales...



Avec la participation
de la
Comédie-Française

www.quaibrantly.fr

14 et 15 mars 2015

#WeekendEthno

Inca Kola. Marcos Lopez © musée du quai Branly

paris
île-de-france



inRockuptibles

Liberation

LE
HUFF
POST

SCIENCES
AVENIR

CNRS
LE JOURNAL

