

Le
journal
du

CNRS

N° 238 NOVEMBRE 2009



CANCER

la recherche
durcit
le combat

IN SITU

Entretien avec Laurent Vigroux

Comment l'Europe
observe l'Univers



dépasser les frontières



sommaire



© Monnier/COGIS

VIE DES LABOS >
Des gènes qui ont
du chien, p. 8

VIE DES LABOS P. 6

> REPORTAGE
Les électrons, c'est du solide

> ACTUALITÉS P. 8
Les derniers résultats
de la recherche

> MISSION P. 12
Les peintures du désert
vont enfin parler

INNOVATION P. 14

Dialogue avec les entreprises
Entretien avec Antoine Rebiscoul

PAROLE D'EXPERT P. 16

Grippe A :
le point sur le vaccin
Entretien avec Brigitte Autran

JEUNES CHERCHEURS P. 17

Un physicien au service de la
médecine
Portrait de Nicolas Tsapis

L'ENQUÊTE P. 18

CANCER
La recherche
durcit le combat

Nouveau regard
sur une épidémie > 18
Comprendre la maladie
avant tout > 21
Vers des traitements
plus ciblés > 25

ZOOM P. 28

Sur les traces de Darwin

RENCONTRE AVEC P. 31

L'appel de la mer
Portrait de Colomban de Vargas

IN SITU P. 32

L'espace vu de la Terre
Entretien avec Laurent Vigroux

HORIZON P. 36

Suivez le guide !

GUIDE P. 38

Le point sur les livres, les expos,
les films, les manifestations...

IL Y A 70 ANS
JEAN PERRIN
CRÉAIT LE CNRS

Sur tout le territoire,
des événements
à ne pas manquer !

Pour en savoir
plus sur
l'anniversaire
du CNRS :
www.cnrs.fr/70ans

Comité pour l'histoire du CNRS
Tél. : 01 44 96 83 33

Partenaires des
70 ans du CNRS



Le journal du CNRS

1 place Aristide-Briand
92195 Meudon Cedex
Téléphone : 01 45 07 53 75
Télécopie : 01 45 07 56 68
Mél. : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr
Le journal en ligne :
www2.cnrs.fr/presse/journal/
CNRS (siège)
3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16

**Directeur
de la publication :**
Arnold Migus
**Directrice
de la rédaction :**
Marie-Hélène Beauvais
**Directeur adjoint
de la rédaction :**
Fabrice Impériali

Rédacteur en chef adjoint :
Matthieu Ravaut
Chefs de rubrique :
Fabrice Demarthon
Charline Zeitoun

Rédactrice :
Anne Loutrel
**Assistante de la rédaction
et fabrication :**
Laurence Winter
Ont participé à ce numéro :
Jean-Philippe Braly
Denis Delbecq
Caroline Dangleant
Françoise Dupuy-Maury
Sebastián Escalón
Ulysse Fudour
Laurianne Geffroy
Matthieu Grousseau
Matthieu Hautemulle
Camille Lamotte
Séverine Lemaire-Duparcq
Xavier Müller
Vahé Ter Minassian
Fanny Pijaudier-Cabot
Philippe Testard-Vaillant
Géraldine Véron
Charlie Zeitguer

Secrétaire de rédaction :
Anne-Solweig Gremillet
Conception graphique :
Céline Hein
Iconographe :
Marie Gandois
Couverture :
C. McFann/Fotolia.com ;
D. Jamet/CNES
Photogravure :
Scoop Communication
Impression :
Imprimerie Didier Mary
6 route de la Forté-sous-Jouarre
77440 Mary-sur-Mame
ISSN 0994-7647
AIP 0001309
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.



24^e édition

LE SCOOP
FESTIVAL INTERNATIONAL DU JOURNALISME

Peopolisation de l'information :
où va le journalisme ?



ANGERS / du 16 au 28 novembre 2009

www.festivalscoop.com

→ L'ÉVÈNEMENT

Signature du nouveau contrat d'objectifs du CNRS

Le 19 octobre 2009 restera sans aucun doute comme une date importante dans l'histoire du CNRS. En effet, 70 ans jour pour jour après la création de l'organisme, son nouveau contrat d'objectifs avec l'État a été signé par Valérie Pécresse, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Catherine Bréchignac, présidente du CNRS, et Arnold Migus, directeur général de l'organisme. Ce contrat est la concrétisation, pour la période 2009-2013, du plan stratégique « Horizon 2020 » du CNRS : il fixe les priorités scientifiques de l'organisme et réorganise celui-ci, avec notamment la création de dix instituts.

Cette signature a eu lieu à l'Assemblée nationale, en présence de son président, Bernard Accoyer, et en préambule du grand colloque « La recherche, une passion, des métiers : construire l'avenir » qui ouvrait les festivités liées aux 70 ans du CNRS. Lors de cet événement organisé par le Comité pour l'histoire du CNRS, plus de 300 personnes ont assisté à des conférences passionnantes sur l'histoire de notre organisme ainsi qu'à des débats sur les métiers de la recherche, la dimension internationale de l'organisme ou encore sur le dialogue entre la science et la société. De nombreuses autres manifestations se sont déroulées dans des délégations et laboratoires du CNRS sur tout le territoire français. Elles vont se poursuivre jusqu'à début 2010.

> À propos du contrat d'objectif :

Lire *Le Journal du CNRS* n°236, Un nouveau contrat pour le CNRS, p. 32.

En ligne : www.cnrs.fr/fr/organisme/com.htm

> À propos des 70 ans :

Lire *Le Journal du CNRS* n°237, Il y a 70 ans naissait le CNRS, p. 32.

En ligne : www.cnrs.fr/70ans

Arnold Migus, Valérie Pécresse, Bernard Accoyer et Catherine Bréchignac, quelques instants après la signature du contrat d'objectifs du CNRS avec l'État.

De nouveaux délégués en région

Il y a du changement dans quatre délégations régionales du CNRS. Ainsi, Bertrand Minault, jusqu'alors secrétaire général de l'Institut national d'études démographiques (Ined) est depuis le 1^{er} octobre le délégué régional de la circonscription Alsace. Trois autres nouveaux délégués prendront leur fonction le 1^{er} janvier 2010. Actuellement directrice de cabinet du directeur général du CNRS, Pascale Bukhari pilotera la délégation Alpes. Son prédécesseur à ce poste, Younis Hermès sera à la tête de la circonscription Provence & Corse. Enfin, Claudine Schmidt-Lainé, directrice scientifique au Cemagref, sera la nouvelle déléguée en Rhône-Auvergne.

PARISCIENCE, LE PALMARÈS

Le 10 octobre, après cinq jours de projections, le palmarès du 5^e festival international du film scientifique, *Pariscience*, dont le CNRS est partenaire, a été dévoilé. Parmi les sept récompenses attribuées, le prix Pierre-Gilles-de-Gennes, remis par le CNRS au film qui valorise le mieux la recherche et la diffusion des connaissances, a été décerné au documentaire *Fractales, à la recherche de la dimension cachée* de Michel Schwarz et Bill Jersey. Le documentaire *Tours du monde, tours du ciel* de Robert Pansard-Besson, réalisé en coproduction avec l'Insu du CNRS, s'est vu quant à lui salué par le « coup de cœur » du grand jury présidé par Jean-Pierre Luminet.

> www.science-television.com/pariscience/accueil.php

→ LE SUCCÈS SCIENTIFIQUE

La salle de banquet qui imitait la Terre

Il s'agit sans doute de la plus importante découverte archéologique effectuée à Rome ces dernières décennies : une équipe d'archéologues dirigée par Françoise Villedieu¹, du Centre Camille-Jullian², vient de découvrir les vestiges d'une étonnante salle de banquet attribuée à l'empereur Néron. Il semble que cette pièce circulaire tournait en permanence en imitant le mouvement de la Terre ! Élément de la *Domus Aurea* ou Maison dorée, palais impérial bâti au 1^{er} siècle après J.-C. sur le Mont Palatin, cette rotonde ne serait autre que la *cenatio rotunda* évoquée par Suétone, l'historien romain. Juchée en

hauteur, elle offrait une vue imprenable sur la ville. Les fouilles ont déjà mis au jour un court tronçon du mur de la vaste rotonde qui devait mesurer plus de 16 mètres de diamètre. Elle reposait sur un large pilier central. Enfin, trois cavités hémisphériques de 23 centimètres de diamètre, qui devaient servir de logement à des sphères en bronze ou en basalte, semblent évoquer des sortes de roulements à billes. Les fouilles, qui se poursuivront pendant plusieurs mois, devraient permettre de mieux comprendre le mécanisme de rotation. « *Ce n'est comparable à rien d'autre de ce que nous connaissons de*



© F. Villedieu

l'architecture romaine antique », a souligné l'archéologue.

> www2.cnrs.fr/presse/communiquer/1686.htm

1. À la demande de la *Soprintendenza archeologica*, organisme italien qui a financé les fouilles.
2. Unité CNRS / Université de Provence.

Pilier central de 4 mètres de diamètre et 10 mètres de haut sur lequel reposait la salle de banquet.

édito



© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

Urszula Hibner

Déléguée scientifique au CNRS pour la recherche sur le cancer

Contre le cancer, les espoirs de la recherche

La première mention du cancer date... de 1600 avant J.-C. : un papyrus égyptien décrit un traitement par cautérisation de tumeurs du sein, tout en indiquant que la maladie est incurable. Hippocrate, le premier à utiliser le mot cancer, l'attribuait à l'accumulation de la bile noire, une des trois humeurs censées irriguer le corps. Il faut attendre le XIX^e siècle et la théorie cellulaire énoncée par deux scientifiques allemands, Müller et Virchow, pour comprendre que les tumeurs sont composées de cellules. Aujourd'hui on sait que le cancer provient d'une cellule qui s'affranchit des contrôles de sa prolifération et de sa survie. De plus, les cellules cancéreuses recrutent et détournent la fonction de nombreuses cellules saines voisines. Une tumeur doit ainsi être considérée comme un organe complexe et non un amas déstructuré de cellules cancéreuses. Ce constat doit permettre la conception de nouvelles thérapies, qui cibleraient le micro-environnement tumoral.

La plupart des cancers sont sporadiques. Toutefois, c'est une maladie génétique, car chaque cellule cancéreuse a subi de nombreuses modifications génétiques et épigénétiques de son ADN. Les études moléculaires ont permis d'identifier les oncogènes, promoteurs de tumeurs, et les gènes suppresseurs de tumeurs, qui les freinent. Les « voies de signalisation », qui concourent au recueil et à l'analyse des nombreux stimuli qu'une cellule reçoit, sont également dérégulées dans les cancers. Elles constituent autant de cibles thérapeutiques potentielles, qui sont activement étudiées.

D'autre part, une cellule cancéreuse est fragile : irradiée ou traitée par des drogues, elle meurt plus facilement que la plupart des cel-

lules saines. C'est la base de la radio- et chimiothérapie du cancer. Toutefois, elle est génétiquement instable, ce qui explique l'apparition de résistances aux traitements et des récives. Tout comme pour les maladies infectieuses, la solution viendra sans doute de l'utilisation de combinaisons de traitements judicieusement choisis.

La compréhension des perturbations de la physiologie de la cellule cancéreuse, de l'organisme malade et de ses interactions avec l'environnement, s'appuie sur tous les domaines des sciences du vivant. Ainsi les chercheurs contribuent à la meilleure connaissance du cancer en étudiant la biochimie de l'ARN, les cellules souches, le développement embryonnaire, la réplication de l'ADN et des chromosomes, avec leurs

extrémités (les télomères), le trafic intracellulaire, le métabolisme ou la réponse immunitaire... C'est pour cela qu'on estime à plus de 50 le nombre d'unités de l'Institut des sciences biologiques (INSB) du CNRS concernées par le cancer. Auxquelles il faut ajouter les nombreux chercheurs de l'Institut de chimie (INC), de l'Institut des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie (INST2I) et de l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS) qui travaillent aussi sur cette maladie.

Le premier plan Cancer (2003-2008) et les recommandations énoncées pour le second (2009-2013) se sont appuyés sur l'Institut national du cancer (Inca) et les sept cancéropôles régionaux pour améliorer le financement et la coordination des projets menés par le CNRS, l'Inserm, les universités et les hôpitaux. L'Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé, créée en avril 2009, a été conçue pour mieux définir et mieux coordonner les actions des opérateurs de la recherche publique, en particulier via les Instituts thématiques multi-organismes (Itmo), dont l'Itmo Cancer. Il est important de maintenir et de renforcer cet élan : l'actuelle explosion de connaissances laisse imaginer toute une série de victoires dans la guerre menée contre le cancer.

Ne nous méprenons pas : le cancer ne sera jamais totalement éradiqué. Le corps humain est une machine merveilleuse ; le cancer est sans doute un prix à payer pour l'impressionnante efficacité de son fonctionnement. Mais il est certain que dans l'avenir, une tumeur sera traitée avec une efficacité améliorée, et un confort accru pour le patient. Et ce sera grâce à une meilleure compréhension de la logique du vivant.

MATIÈRE CONDENSÉE

Les électrons, c'est du solide

Le Laboratoire de physique des solides¹ fête ce mois-ci son 50^e anniversaire. Mais ici, pas de crise de la cinquantaine : à côté d'expériences fascinantes, les découvertes de taille s'enchaînent toujours, notamment en ce qui concerne les intrigantes propriétés électroniques de la matière...

Deux ordinateurs. À gauche, une armoire pleine d'écrans et de boutons de contrôle. Des tuyaux, des câbles électriques qui courent du sol au plafond. Sur le côté, un petit établi où traînent quelques outils, un fer à souder. Et derrière la vitre qui sépare la salle de commande de l'expérience, l'une des dernières acquisitions du Laboratoire de physique des solides (LPS), à Orsay : un aimant surpuissant de 14 teslas² à vous arracher vos clés de la poche. Aimant dont les chercheurs attendent des merveilles pour révéler d'inédites propriétés quantiques de la matière, dans des expériences de résonance magnétique nucléaire (RMN), une technique visant à déterminer les propriétés de chaque électron d'un échantillon. « Nous avons terminé l'aménagement de cette nouvelle pièce de manip il y a deux mois », précise Julien Bobroff, expérimentateur au laboratoire. Et de poursuivre : « cryostat, spectromètre, logiciels informatiques... à l'exception de l'aimant, tout est fait maison. Et grâce à un contrôle à distance, l'expérience tourne 24 heures sur 24 ! »

Comme l'explique Jean-Paul Pouget, directeur du laboratoire, « le développement d'une instrumentation originale est l'une de nos marques de fabrique. À laquelle s'ajoute la volonté de prendre en compte tous les aspects de la physique des solides, depuis l'étude de leur structure à celle de leurs propriétés électroniques, le tout à travers un fort couplage entre théorie et expérience. » Cet esprit, le LPS le cultive depuis sa création, il y a tout juste 50 ans.

Et il a fait ses preuves, puisque le laboratoire peut s'enorgueillir d'avoir abrité sous son toit deux des quatre derniers prix Nobel de physique français : Pierre-Gilles de Gennes en 1991, et Albert Fert, en 2007. À cette évocation, Jean-Paul Pouget sourit. Mais préfère focaliser la discussion sur le présent du LPS.

AIMANTER OU CONDUIRE, PLUS BESOIN DE CHOISIR

De l'électronique aux nanotechnologies en passant par la biologie, la physique du solide se porte à merveille. Le renouveau de la physique des électrons dans les matériaux en est la parfaite illustration. Confortablement installé dans la cafétéria du LPS, connue des physiciens français pour avoir été financée par deux importants prix scientifiques obtenus en 1966 par Raimond Castaing et, en 1967, par André Guinier, Jacques Friedel et Pierre-Gilles de Gennes, Julien Bobroff explique : « La thématique générale est l'étude de matériaux de synthèse, dans lesquels les électrons, parce qu'ils sont contraints dans une ou deux dimensions, et donc se gênent les uns les autres, ont du mal à se déplacer. Naïvement, ces matériaux devraient être de mauvais conducteurs de l'électricité et ne pas être intéressants. Or paradoxalement, c'est dans ces matériaux que l'on a observé, ces dernières années, les propriétés les plus étonnantes. »

Archétype de ces nouveaux états de la matière dont le LPS s'est fait une spécialité : la supraconductivité à haute température critique, observée dans des matériaux composés d'un millefeuille d'oxyde de cuivre (cuprates) ou plus récemment de fer (pnictide), et d'autres éléments. Un nom barbare derrière lequel se cache l'un des plus grands mystères de la physique actuelle. Dans les métaux, la supraconductivité est bien connue des physiciens. Elle survient lorsque la température avoisine le zéro absolu (-273,15 °C), et se manifeste par une disparition de la résistance au passage d'un courant électrique. Les physiciens savent depuis les années 1960 qu'elle est le fruit de l'interaction entre les électrons et les vibrations de la matrice cristalline où elle circule.

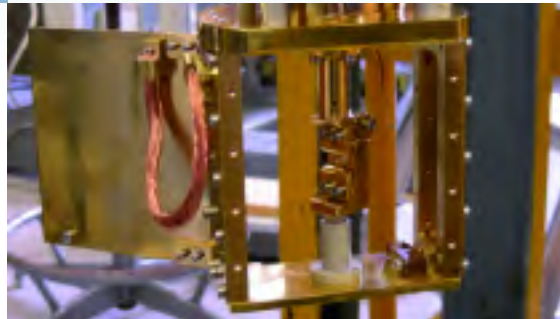
Pour révéler les propriétés quantiques des supraconducteurs, les physiciens du LPS réalisent des expériences à très basse température.



© B. Rajau/CNRS Photothèque/LPS

L'état supraconducteur de cet oxyde (en noir) est mis en évidence dans une expérience de lévitation d'un aimant. En effet, la supraconduction se caractérise par l'expulsion hors de l'échantillon de tout champ magnétique. C'est l'effet Meissner.

Cet appareil utilisé sur le synchrotron Soleil illustre la capacité du labo à réaliser une instrumentation originale.



© V. Brouet

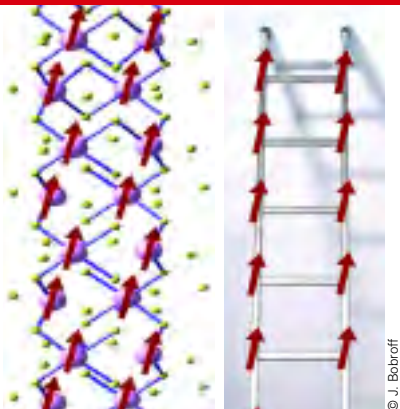
Dans le cas des oxydes, la supraconductivité survient à bien plus haute température, avec un record à -135 °C observé dans l'un d'entre eux. C'est encore très froid, mais beaucoup moins que dans le cas des métaux. Au point de faire rêver à des matériaux permettant d'acheminer de l'électricité sur de longues distances sans aucune perte à température ambiante. Sauf que jusqu'à aujourd'hui, personne n'a encore élucidé l'origine de la supraconductivité des oxydes. « Elle est d'autant plus mystérieuse qu'il suffit de modifier d'un rien la composition chimique d'un oxyde pour que dans un cas il soit supraconducteur et, dans l'autre, un matériau magnétique et isolant », détaille Julien Bobroff.

Récemment, le physicien et son équipe ont obtenu un résultat étonnant. Dans une expérience de RMN, les chercheurs ont en effet découvert que tous les électrons présentaient du magnétisme³ et, en même temps, la propriété de supraconduction. « C'est fascinant, s'exclame l'expérimentateur. Car en principe magnétisme et supraconduction ont plutôt tendance à s'exclure l'un l'autre. Or nos résultats suggèrent qu'ils pourraient avoir une origine commune dans le cas des pnictides. »

Pour parvenir à ces résultats, les chercheurs du LPS ont profité d'une étroite collaboration avec des physiciens et des chimistes du Service de physique de l'état condensé du CEA, à Saclay. Comme le précise Jean-Paul Pouget, « avec le CEA, l'université d'Orsay et les différents laboratoires de Palaiseau, le LPS jouit d'un environnement scientifique extraordinaire. Pour le mettre à profit, nous avons initié en 2006 un Réseau thématique de recherche avancée intitulé le "Triangle d'or de la physique" qui permet le financement de projets communs aux différents laboratoires associés. » De son côté, Véronique Brouet, autre spécialiste de la supraconduction à haute

température critique au LPS, se prépare à profiter d'un autre voisinage. Celui de la source nationale de rayonnement synchrotron⁴ Soleil, pour des expériences dites de photoémission. « Le laboratoire est à l'origine de plusieurs appareillages équipant certaines lignes de Soleil, en particulier la ligne de photoémission, explique la physicienne. Cette technique permet d'avoir accès à la relation entre l'énergie d'un électron et la direction dans laquelle il se propage au sein

Représentation schématique des moments magnétiques (ou spins) d'atomes de cuivre au sein d'un échantillon d'oxyde appelé échelle de spins.



© J. Bobroff

d'un matériau. C'est donc une technique complémentaire de la RMN qui, elle, donne des informations sur leur répartition spatiale. »

UNE DÉSORGANISATION QUI MET DE L'ORDRE

Grâce à la RMN, les chercheurs du LPS ont aussi obtenu des résultats remarquables sur des matériaux appelés échelles de spins, où le réseau cristallin forme les barreaux d'une échelle à l'extrémité desquels se positionnent les électrons. Dans un matériau standard, à très basse température, les spins de tous les électrons s'orientent soit tous dans la même direction, soit tête-bêche. On dit alors que le matériau présente un ordre magnétique. Inversement, dans une échelle de spins, les électrons s'orientent dans n'importe quelle direction. Le matériau est donc magnétiquement désordonné.

« Or nous avons montré, en collaboration avec Nicolas Laflorencie, un jeune théoricien du laboratoire, qu'en retirant aléatoirement un atome magnétique sur 100, le système jusqu'alors désordonné, s'ordonnait ! », s'enthousiasme Julien Bobroff. Le résultat a en effet de quoi surprendre puisque c'est un peu comme si déplacer au hasard quelques livres d'une bibliothèque suffisait à positionner par ordre alphabétique tous les autres !

Gourmandise de spécialistes des bizarreries quantiques ? Peut-être. Mais c'est aussi au LPS que le Prix Nobel Albert Fert a découvert en 1988 une autre étrange propriété de la matière condensée appelée magnéto-résistance, à l'origine d'une nouvelle électronique fondée sur le magnétisme, la spintronique. « L'important est de faire en sorte que le laboratoire ne soit pas une tour d'ivoire, précise Jean-Paul Pouget. Ainsi nous encourageons les collaborations avec d'autres entités, avec des industriels et même entre les différents axes de recherches de nos équipes. Car c'est à l'interface entre les disciplines existantes qu'en apparaissent de nouvelles. » Les chercheurs du LPS sont donc sur tous les fronts de la matière condensée. Et grâce à leur nouvel aimant dédié à la RMN, probable que les spécialistes des électrons ne seront pas en reste.

Mathieu Grousson

1. Unité CNRS / Université Paris-XI.
2. Le tesla est l'unité de mesure des champs magnétiques. En comparaison, celui de la Terre est de l'ordre de 50 microteslas.
3. C'est-à-dire que leur spin (aimantation interne) s'oriente dans une direction privilégiée.
4. Le rayonnement synchrotron est un rayonnement électromagnétique émis par des électrons en mouvement.

CONTACTS

- Jean-Paul Pouget, pouget@lps.u-psud.fr
- Julien Bobroff, bobroff@lps.u-psud.fr
- Véronique Brouet, brouet@lps.u-psud.fr

LE LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES SOLIDES EN CHIFFRES

Comptant parmi les plus importantes unités nationales en matière condensée, le LPS accueille entre 200 et 250 personnes au quotidien. Dont 61 chercheurs CNRS, 35 enseignants-chercheurs, 50 ingénieurs, techniciens et personnels administratifs et 35 doctorants.

18 équipes de recherche sont regroupées en trois axes : « Nouveaux états électroniques de la matière », « Phénomènes physiques aux dimensions réduites », « Matière molle et interface physique / biologie ». Les thèmes de recherche s'étendent donc des supraconducteurs aux tissus vivants, en passant par les cristaux liquides et les nano-objets.

Entre 2005 et 2008, le LPS a produit 650 publications, dont 500 articles dans des revues internationales à comité de lecture.

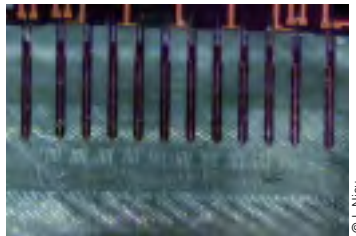
BIOINGÉNIERIE

Les lymphocytes n'ont qu'à bien se tenir

Une bouteille d'encre, un jeu de plumes, c'est tout ce qu'il aura fallu à une équipe française comportant des chercheurs du CNRS pour fabriquer un outil diablement efficace servant à étudier les cellules vivantes sans les endommager : une biopuce à anticorps. À ceci près que chacune des plumes ne mesure qu'un millimètre de long, dix fois moins de large et surtout cinq micromètres d'épaisseur. L'encre ? C'est en fait une solution de polymères et d'anticorps qui, déposée en gouttelettes de 7 micromètres de diamètre sur une lame de verre grâce auxdites plumes, est capable de piéger toutes sortes de cellules, en particulier les lymphocytes du système immunitaire qui ont pourtant la réputation de ne pas se laisser facilement attraper. L'exploit a fait la une de *Small*, une importante revue de nanotechnologies. « C'est le fruit d'une collaboration entre trois équipes, raconte

Liviu Nicu, du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas)¹, à Toulouse. Avec nos collègues de l'unité Structure et propriétés d'architectures moléculaires (Spram)² à Grenoble, nous avons démontré qu'il est possible de piéger des lymphocytes individuellement, pour les étudier, et suivre leur réaction en présence, par exemple, d'une molécule pharmaceutique grâce à différentes techniques d'imagerie. On peut ainsi pénétrer dans l'intimité des mécanismes cellulaires. » Pour créer cet outil d'analyse inédit, les chercheurs ont employé le robot de dépôt de solutions biologiques Bioplume, un peigne formé de douze plumes de silicium conçu et breveté au Laas. Chaque plume peut déposer une gouttelette de 1 à 20 micromètres (le diamètre varie selon la durée du contact) sur une lame de verre recouverte d'un film d'or. « Le Spram a mis au point un polymère capable de fixer toutes sortes de molécules biologiques, dans ce cas des anti-

corps, détaille Liviu Nicu. C'est une sorte de colle qui, une fois soumise à un champ électrique émis par l'électrode intégrée à chaque plume, lie les anticorps au support de verre. » Il suffit ensuite de tremper la biopuce ainsi créée dans un échantillon de cellules sanguines pour que les anticorps se fixent à la membrane des lymphocytes qui leur sont spécifiques, les piégeant sans les tuer. Chaque plot retient alors une seule cellule. Depuis des années, des dispositifs inspirés des imprimantes à jet d'encre sont utilisés pour fabriquer des puces biologiques. « Mais la taille minimale des gouttes est de l'ordre de cent micromètres. Avec Bioplume, on peut faire cent fois plus petit, et donc beaucoup plus dense ! » À l'avenir, l'équipe espère déposer des anticorps de nature différente autour d'un site de capture d'une cellule. « Nous pourrions ainsi reconnaître les sécrétions d'une cellule mise en présence d'une molécule thérapeutique »,



Ces douze microplumes déposent des anticorps sur une lame de verre pour y piéger des cellules vivantes.

pronostique Liviu Nicu, qui rappelle qu'une « licence du brevet sur Bioplume a été vendue à Microbiochips, une entreprise française. »

Denis Delbecq

1. Laboratoire CNRS.
2. Laboratoire CNRS / CEA / Université Grenoble-I.

CONTACTS

→ **Liviu Nicu**
Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, Toulouse
liviu.nicu@laas.fr

→ **Yoann Roupioz**
Structure et propriétés d'architectures moléculaires, Grenoble
yoann.roupioz@cea.fr

GÉNÉTIQUE

Des gènes qui ont du chien

Ras, longs, lisses, bouclés, doux, rêches... Les poils des chiens diffèrent considérablement d'une race à l'autre. Et pourtant, « 95 % des pelages canins sont régis par la combinaison de seulement trois gènes », explique Catherine André de

l'Institut de génétique et développement de Rennes¹, dont l'équipe collabore depuis des années avec celle d'Elaine Ostrander du National Human Genome Research Institute de Bethesda (États-Unis), qui publie ces résultats dans *Science*². Schématiquement, l'étude à laquelle a activement participé le Français Édouard Cadieu, qui sera bientôt de retour dans l'équipe rennaise, s'est déroulée en trois temps. Tout d'abord, l'analyse a porté sur le

génomme de 96 teckels présentant trois pelages différents. Chaque caractéristique – boucles, longueur des poils, présence de moustaches, barbe et sourcils – a pu être associée à un chromosome. Ensuite, les mêmes analyses ont été réalisées sur 903 chiens de 80 races différentes ce qui a permis d'identifier les gènes, puis les mutations responsables de chaque pelage. Dès lors, plus de doute. La longueur des poils dépend du gène FGF5, la barbe, la moustache et les sourcils de RSP02, et les boucles de KRT71 ; chaque pelage s'expliquant par la présence ou non de mutations sur ces trois gènes. Ainsi, le basset hound aux poils ras et sans boucle présente les trois gènes dans leur état ancestral, c'est-à-dire sans mutation. À l'extrême opposé, on trouve le bichon frisé dont les trois gènes sont mutés. En résumé, « la combinaison de ces

trois gènes est à l'origine d'au moins sept grands types de pelages observés chez les chiens de race », conclut Catherine André. L'intérêt de ce résultat ne se limite évidemment pas au look canin. Il démontre que, chez le chien, il est possible d'identifier l'origine génétique de caractères complexes. Et confirme ainsi tout l'intérêt des modèles canins dans l'étude d'autres mécanismes biologiques tout aussi complexes, les cancers par exemple.

Françoise Dupuy-Maury

1. Unité CNRS / Université de Rennes-I.
2. *Science*, 2 octobre, vol. 326, n°5949, pp. 150-153.

CONTACT

→ **Catherine André**
Institut de génétique et développement de Rennes
catherine.andre@univ-rennes1.fr

ÉVOLUTION

Des racines en Asie

Depuis longtemps, la communauté des paléontologues est divisée : les primates anthropoïdes sont-ils apparus en Afrique ou en Asie ? Les travaux de deux équipes de Montpellier pourraient mettre tout le monde d'accord.

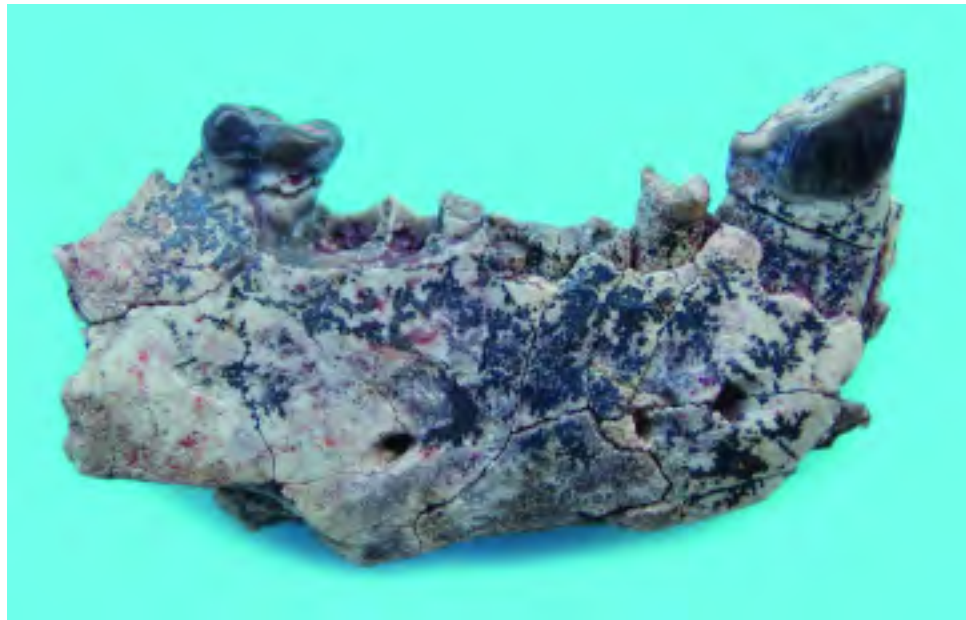
Mâchoire inférieure de *Ganlea megacanina* mise au jour au Myanmar. Son énorme canine conforte l'idée de l'origine asiatique des anthropoïdes.

Nos racines sont-elles africaines ou asiatiques ? La controverse sur l'origine géographique des primates anthropoïdes, lignée à laquelle sont rattachés les humains et les singes, fait rage depuis une vingtaine d'années. Mais cet été, la balance pourrait avoir basculé vers l'Asie grâce aux travaux d'une équipe internationale à la tête de laquelle on trouve deux laboratoires français : l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (Isem)¹ et l'Institut international de paléoprimatologie, paléontologie humaine : évolution et paléoenvironnements (Iphep)². Coup sur coup, leurs deux articles publiés dans la revue *Proceedings of the Royal Society B* sont venus renforcer la thèse asiatique et saper les fondations de la tenace thèse africaine.

Le premier article, publié en ligne le 1^{er} juillet, nous emmène au Myanmar (ex-Birmanie). Les chercheurs y ont mis au jour des fragments d'un nouveau primate fossile jamais rencontré. Baptisé *Ganlea megacanina*, ce petit animal pesait environ 3 kg et vivait il y a 37 millions d'années dans une grande forêt tropicale. Il fait partie des Amphipitécidés, famille de primates anthropoïdes aujourd'hui éteinte.

« *Ganlea megacanina* possédait une énorme canine qui lui servait à ouvrir les coques dures des fruits et des graines. Cette spécialisation est véritablement caractéristique des primates anthropoïdes, et on la retrouve aujourd'hui chez certains singes du nouveau monde comme le saki », explique Laurent Marivaux, chercheur CNRS à l'Isem. *Ganlea* s'ajoute ainsi aux espèces de primates anthropoïdes très anciennes précédemment découvertes en Asie. Il y a 40 millions d'années, les primates anthropoïdes étaient donc déjà un groupe florissant, comptant de très nombreuses espèces adaptées à des milieux divers. Mais il y a plus : « *Ganlea* montre que durant l'Éocène moyen, il y a entre 37 et 48 millions d'années, les anthropoïdes asiatiques étaient déjà très spécialisés, comme le prouve sa canine caractéristique », conclut Laurent Marivaux. Ces travaux confortent donc l'idée que pour les anthropoïdes la première « radiation évolutive » – lorsqu'une espèce se diversifie rapidement pour donner naissance à plusieurs espèces – a eu lieu en Asie.

Puis, après avoir étayé l'hypothèse asiatique, nos chercheurs se sont attaqués à l'hypothèse africaine dans un article publié le 9 septembre. Cette dernière hypothèse puisait sa force dans la découverte en 1992 de quelques dents d'un très vieux primate dans un site algérien, ce qui lui donna son nom, *Algeripithecus*. Il habitait une forêt près d'un grand lac il y a 45 millions d'années. Les spécialistes l'avaient classé un peu trop rapidement parmi les anthropoïdes, ce qui semblait situer en Afrique le berceau de cette lignée. Mais voilà, nos systématiciens, à la lumière des nouveaux fossiles récemment découverts par



© Photos : L. Marivaux/CNRS Photothèque/SEM



Localité de Pokkaung où les fossiles de très anciens anthropoïdes ont été découverts. À cette époque, la région était couverte d'une épaisse forêt tropicale.

leur équipe dans le Sahara algérien, contestent cette classification. « Les caractéristiques morphologiques des mâchoires s'apparentent plutôt à celles des prosimiens, groupe qui comprend de nos jours les lémurins de Madagascar, les galagos d'Afrique et les lorises d'Asie du Sud. Nous avons aussi trouvé un fragment de crâne où l'on peut voir une partie de l'orbite qui correspond à celle d'un animal nocturne. Un comportement typique d'un grand nombre de prosimiens actuels », affirme Laurent Marivaux.

En somme, *Algeripithecus* ne serait pas un primate anthropoïde, mais appartiendrait plutôt à notre lignée sœur, celle des prosimiens. Ainsi, les plus anciens fossiles d'anthropoïdes ne proviennent plus d'Afrique, mais d'Asie. Reste à présent aux chercheurs à mieux comprendre les migrations qui ont conduit ces animaux d'Asie en Amérique du Sud et en Afrique, là où une nouvelle diversification a permis l'apparition de l'humain.

Sebastián Escalón

1. Laboratoire CNRS / Université de Montpellier-II.
2. Laboratoire CNRS / Université de Poitiers.

CONTACTS

Institut des sciences de l'évolution de Montpellier

→ **Laurent Marivaux**
laurent.marivaux@univ-montp2.fr

→ **Rodolphe Tabuce**
rodolphe.tabuce@univ-montp2.fr

ASTRONOMIE

Scintillement de découvertes

Tous les mois, les astronomes du CNRS accumulent les résultats. Ces derniers temps, la moisson s'est même montrée excellente. La preuve avec trois découvertes récentes.

Par Vahé Ter Minassian

© OHP/CNRS



Bételgeuse a une enveloppe en forme de trèfle. Les astronomes en ont déduit des informations sur ses mouvements internes.

© L. Calçada/ESO

UNE ÉTOILE BIEN ENVELOPÉE

Située à 600 années-lumière de la Terre, Bételgeuse est l'une des étoiles les plus grosses et les plus brillantes que l'on connaisse avec une taille et une luminosité de respectivement 1 000 et 100 000 fois celle de notre Soleil. Mais ce mastodonte est un astre moribond, une supergéante rouge vouée d'ici quelques milliers d'années à exploser sous forme de supernova. En attendant

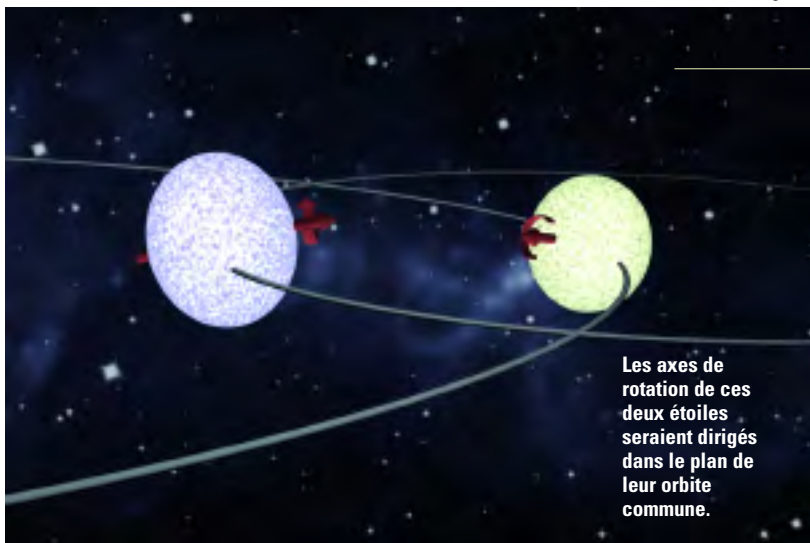
sa fin, il rejette dans l'espace d'énormes quantités de matière, formant autour de lui un immense nuage de gaz moléculaire. Pour la première fois, une équipe internationale menée par Pierre Kervella, astronome au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique¹ présente dans la revue *Astronomy & Astrophysics*² une image de cette enveloppe. Réalisée grâce à l'instru-

ment NACO installé sur l'un des télescopes du *Very Large Telescope* (VLT) au Chili, celle-ci montre que l'épanchement de Bételgeuse dans l'espace n'est pas uniforme. Il se fait depuis la surface de l'objet céleste par l'intermédiaire de trois panaches, donnant forme à un trèfle à trois feuilles. Cette asymétrie est sûrement due à la présence au sein de l'étoile d'immenses rouleaux de convection mettant en

mouvement le gaz qu'elle renferme. Coup de chance : dans la même revue, une autre équipe travaillant au VLT annonce justement qu'elle a observé l'un de ces rouleaux !

1. Unité CNRS / Universités Paris-VI et -VII / Observatoire de Paris.
2. Article sous presse.

→ **Pierre Kervella**
Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique, Meudon
pierre.kervella@obspm.fr



Les axes de rotation de ces deux étoiles seraient dirigés dans le plan de leur orbite commune.



CoRoT-7b est la première exoplanète découverte ayant une densité proche de celle de la Terre.

© L. Calçada/ESO

MYSTÈRE RÉSOLU

Une équipe travaillant sur l'instrument Sophie de l'observatoire de Haute-Provence¹ vient de publier dans la revue *Nature*² la résolution du mystère de DI Herculis, un système de deux étoiles à l'orbite commune. Depuis vingt ans, les astronomes n'arrivaient pas à comprendre le mouvement de précession, c'est-à-dire l'évolution au cours du temps de cette orbite, allant même jusqu'à remettre en cause des théories en vigueur comme celles d'Einstein. L'explication se cache dans les axes de rotation des deux astres sur eux-mêmes. Cas unique dans l'histoire de l'astronomie, ils seraient dirigés non pas perpendiculairement mais dans le plan de leur orbite commune.

1. Unité CNRS.
2. *Nature*, vol. 461, pp. 373-376.

→ **Michel Boer**
Observatoire de Haute-Provence
michel.boer@oamp.fr

UNE SUPER TERRE

C'est confirmé : CoRoT-7b est bien la première exoplanète d'une densité voisine de celle de la Terre. Une équipe internationale travaillant sur le spectromètre Harps de l'Observatoire européen austral (ESO) et impliquant des équipes de l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu) dont l'observatoire de Haute-Provence¹ et le Laboratoire d'astrophysique de Marseille² a étudié cet astre découvert en février par le satellite CoRoT du Centre national des études spatiales (Cnes)³. Résultat : CoRoT-7b serait bien un astre recouvert de lave ou de vapeur d'eau, où règnerait une température de 2 000 °C. Avec une masse de cinq fois celle de la Terre pour une taille 80 % supérieure, cet objet céleste est à ajouter aux rares exoplanètes rocheuses connues à l'heure actuelle.

1. Unité CNRS.
2. Unité CNRS / Université Aix-Marseille-I.
3. Lire *Le Journal du CNRS* n°230, p.4.

→ **François Bouchy**
Institut d'astrophysique de Paris, francois.bouchy@oamp.fr
→ **Claire Moutou**
Laboratoire d'astrophysique de Marseille
claire.moutou@oamp.fr

MÉDECINE

Un modèle qui fait reculer la résistance

Selon des chercheurs, il suffirait de traiter différemment certaines zones géographiques pour lutter contre la résistance aux médicaments développée par des agents pathogènes.

C'est un phénomène qui pourrait devenir inquiétant : face à l'utilisation à grande échelle de médicaments, certains agents pathogènes – parasites, bactéries ou virus – deviennent résistants à ceux-ci. De nombreuses études ont déjà été menées pour trouver une parade, mais elles concernent toutes des mélanges de molécules thérapeutiques ou leur alternance dans le temps. Aujourd'hui, des chercheurs du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (Cefe) de Montpellier¹ proposent une autre piste : traiter seulement certaines zones géographiques.

Jusqu'ici, l'organisation spatiale n'avait jamais été prise en compte. Or, selon le modèle développé par l'équipe montpelliéraine, il suffit de traiter seulement une partie de la population – humains, animaux ou plantes – pour empêcher l'évolution du phénomène de résistance. Si ces résultats soulèvent des problèmes éthiques rédhibitoires quand il s'agit de traiter des humains, l'idée pourrait s'appliquer avec moins d'états d'âme à un champ de blé.

Ces conclusions découlent d'un effet bien connu des biologistes de l'évolution : l'apparition d'une résistance à un médicament a un coût. Prenons l'exemple d'une bactérie résistante à un antibiotique. Dans un environnement dépourvu de la molécule thérapeutique, les microbes non résistants sont plus compétitifs que ceux capables de survivre à l'antibiotique. On dit alors de ces derniers qu'ils sont contre-sélectionnés. Le modèle développé par Florence Débarre, doctorante au Cefe, et ses collègues, Sylvain Gandon et Thomas Lenormand, confirme que dans un milieu non traité, les bactéries résistantes disparaissent naturellement. Quand la surface de la zone soignée est inférieure à une valeur seuil, la résistance ne peut plus se propager. Le modèle permet ainsi de connaître cette taille critique en rentrant simplement des paramètres tel que le taux de diffusion du pathogène dans l'espace et celui de guérison de la maladie. En outre, il fonctionne avec n'importe quel agent pathogène, parasite, bactérie ou virus, et quel que soit le type de transmission d'une maladie : directe comme la grippe, ou indirecte comme

À force d'utiliser massivement les mêmes remèdes, bactéries, virus et autres parasites développent des résistances.

le paludisme qui nécessite un hôte intermédiaire (le moustique) pour infecter un individu. Pour remédier aux obstacles éthiques liés au fait de laisser une partie de la population sans soins, Florence Débarre s'attelle à concevoir un nouveau modèle incluant deux traitements : une partie de l'environnement serait traitée avec une molécule, et le reste par une autre. Mais cette fois, les chercheurs devront prendre en compte le phénomène complexe de multi-résistance. À suivre.

Caroline Dangelant

1. Centre CNRS / Universités Montpellier-I, -II, -III / Ensa Montpellier / Cirad / Éc. pratique des hautes études.

CONTACT

→ **Florence Débarre**
Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, Montpellier
florence.debarre@cefe.cnrs.fr

LE CHIFFRE

3 C'est la taille en microns des miroirs développés par les équipes du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS et du Laboratoire de biologie moléculaire des eucaryotes (CNRS / Université Toulouse-III). Ces micromiroirs en forme de V, qui rappellent ceux de nos salles de bain, sont à la base d'une nouvelle méthode de visualisation des cellules vivantes en 3D qui permet l'observation de processus biologiques, comme les mouvements de l'ADN dans le noyau.

ANTHROPOLOGIE

Les adolescents bien dans leurs assiettes

Pour connaître les vraies habitudes alimentaires des adolescents, des scientifiques les ont observés dans leur quotidien. Et leurs premières conclusions vont contre bien des idées reçues.

Certains chercheurs du CNRS¹ et enseignants-chercheurs² des universités de Marseille et de Strasbourg ont de bien curieuses manières. En effet, depuis deux ans déjà, quinze d'entre eux squattent fermement la cuisine d'honnêtes citoyens, passent avec eux leurs fêtes de famille, s'invitent à la cantine du petit, se servent même généreusement et sans vergogne une jolie part de bûche le jour de Noël. Ne riez pas, cela pourrait aussi vous arriver. Car la vaste enquête sur l'alimentation adolescente qui a déjà mené ces sociologues, ethnologues et bio-anthropologues chez plus de cinq cents familles n'est pas encore bouclée. Il reste un an de travail et de terrain avant le grand colloque international prévu en 2010 qui devrait se tenir au siège du CNRS. Heureusement, les chercheurs du programme Ocha (Observatoire Cniel³ des habitudes alimentaires), impatients, nous ont déjà livré leurs premiers résultats les 12 et 13 octobre derniers, lors du colloque AlimAdos à Paris.

Et ils sont déconcertants. Première chose observée : aucun péril jeune sur la fameuse malbouffe, souvent décriée. Certes, les adolescents consomment des hamburgers, des sodas et des pizzas. Mais en famille, ils aiment la bonne cuisine, diversifiée, celle qu'on prend ensemble. Et ils font même souvent l'éloge de la cuisine de leur grand-mère. Deuxième chose, « la nourriture leur permet de se construire une identité, décrypte Gilles Boëtsch, directeur de recherche et président du Conseil scientifique du CNRS. Dis-moi ce que tu manges et je te dirai qui tu es. Aujourd'hui, l'aliment renvoie aux pratiques alimentaires, à la religion, à la mode, aux régimes, à une convivialité intergénérationnelle et entre pairs. Mais aussi à la différence entre filles et garçons. » Ces derniers mangent des aliments énergétiques, de la viande, des sandwiches, des pâtes, pour être plus forts. Tandis que les filles tiennent compte de leur ligne à partir

de 12 ans et achètent des salades toutes faites et des fruits. Si les garçons se soucient aussi de leurs corps, ils le sculptent plus avec le sport qu'en ayant recours aux restrictions alimentaires. Autre chose importante, « il n'y a pas de véritable risque sur l'obésité ou l'anorexie, martèle Gilles Boëtsch. En réalité, les adolescents sont plutôt saturés de messages nutritionnels, type "cinq fruits et légumes par jour". » Mais ceux-ci sont souvent contradictoires : il leur faudrait surveiller leur alimentation en se faisant plaisir, et le tout en restant mince. La culpabilité qui en découle fait tanguer certains ados entre des comportements raisonnables la plupart du temps et des après-midi de tentations où ils ingèrent barres chocolatées, bonbons et sodas. Enfin, il y a le discours sur le sain, le malsain. Les aliments mous, bouillis ou gélatineux jugés écoeurants, et ceux, crus et frais, avec une belle couleur, à adopter. « L'aspect prime sur le goût, ils doivent pouvoir reconnaître ce qui est dans leur

assiette », retient Véronique Pardo, anthropologue à l'Ocha et coordinatrice du programme ANR AlimAdos.

Reste une question, de taille. Comment un chercheur en vient-il à passer ses journées pendu aux basques d'un adolescent et à tenter l'aventure insolite de se fondre dans la masse de son groupe d'amis ? « Les chercheurs disposaient de grandes tendances sociologiques et d'indicateurs, sur l'alimentation adolescente, mais d'aucun résultat qui soit basé sur les pratiques alimentaires réelles », explique Véronique Pardo. Pour comprendre la relation des adolescents à leur corps et à leur alimentation, et connaître leurs habitudes et leurs ressentis, « il nous fallait privilégier une approche ethnographico-anthropologique, la seule capable de prendre en compte la diversité de la population française à travers la richesse de nombreux parcours migratoires, mais aussi d'horizons culturels, religieux ou socio-économiques différents. »

Le programme Ocha a donc construit son projet avec deux laboratoires CNRS, l'un tourné vers la Méditerranée et l'autre vers le monde germanique, avec chaque fois, une culture alimentaire régionale forte et des populations d'origines différentes. Enfin grâce au financement du Cniel et de l'ANR, cette méthodologie du « vivre avec » a pu voir le jour. « Pour approcher les adolescents, le soutien de l'Éducation nationale, des collèges, lycées et académies a été déterminant. Après les premiers contacts concluants, il ne nous restait plus qu'à les suivre de la maison à la cantine, en passant par les centres commerciaux, sociaux, les locaux associatifs, les parcs et les rues. » Ajoutez-y beaucoup d'entretiens (à ce jour 1 500) et, entre autres, des carnets confiés aux adolescents qui y ont consigné leurs repas pendant la semaine, vous obtenez la recette avec laquelle les chercheurs vont continuer à nous concocter de nouvelles surprises sur l'alimentation des adolescents.

Camille Lamotte

1. Unité Anthropologie bioculturelle (CNRS / Université de la Méditerranée / Établissement français du sang Alpes-Méditerranée).
2. Cultures et sociétés en Europe (CNRS / Université de Strasbourg).
3. Centre national interprofessionnel de l'économie laitière.

CONTACTS

→ **Gilles Boëtsch**

Anthropologie bioculturelle, Marseille
gilles.boetsch@univmed.fr

→ **Véronique Pardo**

Observatoire Cniel des habitudes alimentaires, Paris
vpardo@cniel.com



Contrairement aux garçons, les adolescentes s'orientent très tôt vers les salades et les fruits.

© ZIR / SIGNATURES

ARCHÉOLOGIE

Les peintures du désert vont enfin parler

En novembre, des archéologues français et algériens vont s'installer sur le plateau du Tassili, dans le Sahara. Leur but : enfin dater les somptueuses peintures rupestres de la région.

Dans un décor grandiose fait de roches et de sable ocres, une immense caravane progresse lentement le long d'un chemin escarpé. Ânes et chameaux portent les outils et les vivres, accompagnant un groupe d'une dizaine de personnes sous un soleil de plomb. L'image pourrait sortir tout droit d'un récit d'anciens explorateurs. C'est pourtant bien ainsi que les membres de la mission archéologique franco-algérienne Tassili vont rejoindre, le 20 novembre prochain et pour un mois, leur lieu de fouilles dans le Sahara algérien. « L'accès au site est très difficile et même un peu dangereux, indique Jean-Loïc Le Quellec, directeur de recherche CNRS au Centre d'études des mondes africains¹ qui codirige la mission avec Malika Hachid, du Centre national de recherches en préhistoire, anthropologie et histoire d'Alger (CNRPAH)². Il faut déjà quatre heures pour grimper sur le plateau du Tassili, à plus de 1 000 mètres d'altitude, et il reste encore à rejoindre le site proprement dit, à Sefar. Ce n'est pas vraiment une promenade de santé. »

Pourquoi tant d'efforts ? Les archéologues ont un objectif : analyser et dater les peintures rupestres de Tassili. Des peintures célèbres pour leur beauté et leur nombre – il en existe des centaines de milliers dans toute la région – mais que les préhistoriens ont été incapables de dater précisément jusque-là. « C'est l'archéologue français Henri Lhote [ndlr : alors chargé de recherche au CNRS] qui les a fait connaître au grand public dans les années 1950 », raconte Jean-Loïc Le Quellec. À l'époque, ces grandes fresques, peintes à l'air libre sous des abris rocheux, fascinent. Il s'agit d'un véritable « documentaire en images », comme l'appelle Jean-Loïc Le Quellec, sur les populations qui vivaient dans la région lorsqu'elle était encore luxuriante. On y voit des animaux – éléphants, girafes, hippopotames... – qui ont depuis longtemps fui le désert. Sont croquées des scènes de la vie quotidienne, comme ces bœufs montés par des hommes. À Sefar, là où l'équipe a décidé d'installer son campement, une peinture haute de trois mètres représente une figure anthropomorphe. Les spécialistes l'appellent le « grand dieu de Sefar » mais d'autres, plus facétieux, aiment y voir un martien. « Les animaux sont représentés de manière si réaliste que ceux qui les ont dessinés les ont forcément vus, estime Jean-Loïc Le Quellec. Or nous savons que ces espèces



© Photos : D. Vigiers / Projet de datation des peintures du Sahara

vivaient bel et bien dans le Sahara alors qu'il était encore vert mais qu'elles l'ont quitté lors de la désertification, environ 2 000 ou 3 000 ans avant notre ère. » Voilà qui donne une limite à l'âge de ces peintures. Mais ont-elles été réalisées il y a cinq mille ans ? Dix mille ans ? « Bien qu'elles soient de toute beauté, sans leur âge exact, elles perdent de leur intérêt. Après avoir soulevé l'enthousiasme des préhistoriens, elles sont peu à peu tombées dans l'oubli. Seuls les historiens de l'art et les touristes ont continué à s'en soucier », admet Jean-Loïc Le Quellec. Aujourd'hui, la donne a changé. Les archéologues disposent de nouvelles techniques bien plus performantes pour dater les vestiges. D'où cette nouvelle expédition, qui va permettre à la fois de prélever des échantillons de peintures, qui seront ensuite analysés dans les laboratoires partenaires, et d'explorer le sol, à la recherche d'indices sur les techniques de peinture. « Grâce aux techniques de datation au carbone 14, explique l'archéologue, nous allons essayer de donner un âge au liant qui a servi à fixer les pigments, lesquels seront aussi analysés afin d'en déterminer la nature exacte. » La thermoluminescence, qui permet de dater le moment où des matériaux siliceux ont été exposés au jour pour la dernière fois, devrait dater le sable de remblais, au pied des fresques. C'est également là que les scientifiques vont creuser,

Les sites des peintures de Tassili ne sont pas faciles d'accès (à droite). Mais celles-ci constituent un formidable témoignage de la vie au Sahara avant sa désertification (ci-dessous).



à la recherche d'objets laissés par les peintres : pinceaux, colorants, godets à peinture. Des relevés photographiques – tant en lumière visible qu'en infrarouge et en ultraviolet – seront aussi effectués. « Évidemment, nous allons devoir confronter nos résultats à d'autres sites », indique Jean-Loïc Le Quellec. Il espère ainsi mettre en place deux campagnes annuelles pendant trois ou quatre ans et étudier les fresques de l'Ahaggar et de l'Atlas saharien. C'est à ce prix que les peintures rupestres du Sahara deviendront des témoignages utiles de l'histoire du peuplement du continent africain.

Fabrice Demarthon

1. Unité CNRS / École pratique des hautes études de Paris / Université Aix-Marseille-I / Université Paris-I.
2. Le projet associe le Centre de recherches préhistoriques, anthropologiques et historiques (Ministère de la Culture algérien), l'office du Parc national du Tassili à Djanet, le Laboratoire du centre de recherche et de restauration des musées de France (CNRS / Ministère de la Culture et de la Communication), le Laboratoire de mesure du carbone 14 (CNRS/CEA/IRD/IRSN/Ministère de la Culture et de la Communication) et le Centre de recherche en physique appliquée à l'archéologie (CNRS/Université de Bordeaux).

CONTACT

→ **Jean-Loïc Le Quellec**

Centre d'études des mondes africains, Paris
jllq@rupestre.on-rev.com

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Dialogue avec les entreprises

Depuis 18 ans, l'Association nationale de valorisation interdisciplinaire des sciences humaines et sociales auprès des entreprises (Anvie) éclaire les décisions des cadres supérieurs de grands groupes français. Antoine Rebiscoul, son nouveau délégué général, décrypte comment l'Anvie a réussi ce pari osé.

L'Anvie est un organisme incontournable en matière de valorisation de la recherche en sciences humaines et sociales auprès des entreprises. Quelles sont les recettes de ce succès ?

Antoine Rebiscoul : Nous essayons de comprendre quels sont les enjeux humains, sociaux et sociétaux des entreprises. Car leurs performances et leur productivité en dépendent. Pour cela, l'Anvie se met à l'écoute à la fois du monde économique et des dernières avancées de la recherche en sciences humaines et sociales. Ce travail de veille et d'analyse prospective permet de concevoir et de proposer aux grandes entreprises françaises une quarantaine d'opérations annuelles sur des questions à la pointe de leurs préoccupations. « Le comportement du consommateur en magasin », « la gestion du stress et du bien-être au travail » sont des exemples de thématiques abordées. Ces actions menées sous forme d'ateliers, de groupes de travail interentreprises ou bien de séminaires internes, assurent la médiation et la collaboration entre la recherche et les firmes. Elles mobilisent environ 300 chercheurs et 1 000 cadres d'entreprise.

Plus concrètement, comment se déroulent ces opérations ?

A. R. : Ensemble, chercheurs et cadres supérieurs réfléchissent, comparent, échangent leurs connaissances et leurs expériences pour réussir à concevoir des actions innovantes. Lors d'un groupe de travail sur le développement de la précarité¹, par exemple, GDF Suez et d'autres sociétés souhaitaient construire une réflexion autour de la mise

en œuvre de nouvelles actions préventives pour lutter contre la précarité. Grâce à l'éclairage d'intervenants tel que Serge Paugam, sociologue et directeur de recherche CNRS au Centre Maurice-Halbwachs², elles ont pu en comprendre les composantes et identifier les processus qui y conduisent. Ces échanges ont donné des pistes aux établissements pour maintenir leur activité tout en essayant de permettre l'accès à leurs services au plus grand nombre (mise en place de tarifs préférentiels par exemple).

La RATP, Sanofi Aventis, la SNCF... Plus d'une trentaine d'entreprises ont adhéré à l'Anvie et plus d'une centaine participent à ses actions. Qu'est-ce qui les pousse à vouloir engager ces réflexions ?

A. R. : Alors que les entreprises raisonnent de façon économique, les sciences humaines et sociales s'intéressent davantage à la société dans son intégralité : ses usages, ses catégories socioprofessionnelles, etc. Elles abordent l'impact des faits de société sur l'activité économique et industrielle sous l'angle de la sociologie, la démographie, l'économie, la psychologie ou encore l'ethnologie. La multiplication des disciplines donne une vision stratégique complète aux entreprises pour être plus performantes et compé-

titives. C'est pourquoi, nous ne souhaitons pas, lors de nos opérations, valoriser une discipline au détriment d'une autre. Les sciences humaines et sociales sont devenues pour les entreprises un enjeu d'innovation et de développement.

Auriez-vous un exemple ?

A. R. : Les résultats d'une étude sociologique³ sur l'analyse de la mobilité et son évolution – aussi bien celle des personnes que celle des objets, des services ou des informations – ont pu montrer que la voiture en ville aujourd'hui n'avait de sens que si elle était facilement accessible, pouvait circuler et se poser là où on le souhaitait. Les normes sociétales, les contraintes économiques (prix de l'essence élevé, coût du stationnement, crise du pouvoir d'achat...) et environnementales se sont modifiées. Pour répondre à ces nouvelles préoccupations, la SNCF a par exemple répondu à l'appel d'offres pour la mise en place de voitures électriques en libre service (Autolib'). Son objectif ? Faire venir les voyageurs dans ses trains et donc jusqu'à la gare.

En tant que nouveau délégué général de l'Anvie, quelles évolutions souhaitez-vous concernant ces échanges entre la recherche en sciences humaines et sociales et l'entreprise ?

A. R. : L'Anvie fonctionne essentiellement sous la forme de moments ponctuels d'échanges et de concertation. Ces derniers ont pu servir d'amorces à la formulation de projets concernant par exemple la diversité dans le corps social de l'entreprise, les politiques de motivation des collaborateurs... Or, notre ambition est d'accompa-

gner de façon concrète les entreprises et de réussir à mettre en œuvre, ensemble, des solutions pratiques. Solutions qui pourraient, pourquoi pas, être par la suite diffusées et enseignées. Pour cela, une modification des formats des groupes de travail, ateliers et autres modalités d'intervention est nécessaire : augmentation de leur durée, du nombre et du type d'interlocuteurs dans les entreprises (direction marketing, innovation), des universitaires et de chercheurs, etc. Plus que jamais, la situation économique et sociale actuelle, par les mutations qu'elle porte en elle (crises économique, écologique ou environnementale), nécessite de favoriser des lieux au croisement de la recherche universitaire et de la direction d'entreprise.

Propos recueillis par Géraldine Véron

→ En ligne : www.anvie.fr

1. Groupe de travail « Précarité : nouvel enjeu pour l'entreprise en Europe ? », présidé par Bernard Saincy, directeur responsabilité sociétale, GDF Suez, juin 2009.
2. Centre CNRS / École des hautes études en sciences sociales / Université de Caen / École normale supérieure de Paris.
3. Bruno Marzloff, *Mobilités, trajectoires fluides*, éditions de l'Aube, juin 2005, 240 pages.

CONTACT

→ **Antoine Rebiscoul**
Anvie, Paris
antoine.rebiscoul@anvie.fr

BRÈVE

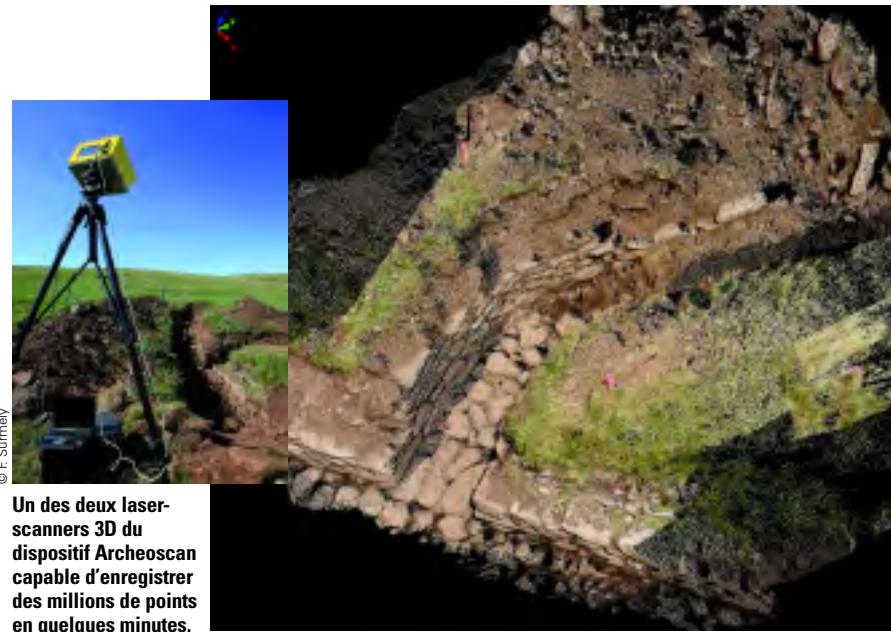
L'environnement tient salon

Le salon Pollutec Horizons se tiendra cette année du 1^{er} au 4 décembre au parc des expositions Paris-Nord-Villepinte, en région parisienne. Près de 40 000 professionnels de l'environnement sont attendus par quelque 1 500 exposants. Cette nouvelle édition mettra l'accent sur les applications environnementales des biotechnologies et celles relatives aux fluides supercritiques – une alternative aux solvants classiques – et aux membranes, notamment pour la filtration. Elle continuera aussi à promouvoir des techniques porteuses d'avenir présentées lors des précédentes éditions telles que la photocatalyse ou le traitement de surface. Comme chaque année, les chercheurs du CNRS y seront en nombre. En 2008, plusieurs équipes du CNRS avaient d'ailleurs été lauréates des Prix des techniques innovantes pour l'environnement.
→ Pour en savoir plus : www.pollutec.com

ARCHÉOLOGIE

Passer les fouilles au scanner

Reconstitution, non achevée, d'une partie de bâtiment médiéval sur un site du Cantal grâce à Archeoscan.



Un des deux laser-scanners 3D du dispositif Archeoscan capable d'enregistrer des millions de points en quelques minutes.

Grâce à Archeoscan, les relevés de terrain sur les chantiers archéologiques deviennent beaucoup plus rapides et efficaces. Mis en œuvre par le Laboratoire de géographie physique et environnementale (Geolab)¹ et Veodis-3D, entreprise innovante créée début 2009 par Stéphane Petit, ancien doctorant au Geolab, le dispositif comprend deux appareils à faisceau laser. Le principe est simple : on dirige le laser vers un objet dont on souhaite acquérir toutes les caractéristiques de dimension. Et le temps de parcours du faisceau laser jusqu'à un point de sa surface permet de calculer la distance précise à ce point. Il n'y a plus qu'à balayer toute la surface pour obtenir les données permettant de la reconstituer point par point. Balayage justement automatique avec les appareils en question, dits lasers-scanners 3D. « L'intérêt est immense par rapport au théodolite, commente Frédéric Surmely, chercheur au Geolab, car cet instrument d'optique, traditionnellement utilisé en archéologie, ne permet que le relevé de 500 points par jour. Tandis que les lasers-scanners peuvent enregistrer plusieurs millions de points en quelques minutes avec une précision de quelques millimètres ! » Cette technologie, pourtant utilisée depuis plus de dix ans pour reconstituer virtuellement des monuments ou des grottes, n'avait pas encore été utilisée sur les sites de fouilles. « Il faut noter que dans ces cas-là, nous ne disposons que d'un temps d'accès limité sur le terrain, au contraire d'un monument classique », reprend

Frédéric Surmely, qui a testé Archeoscan dans le Massif central en juillet dernier dans le cadre d'un programme de recherches. « Il faut donc parfois composer avec des conditions météo qui deviennent subitement mauvaises. » Sans parler des découvertes surprises, en même temps que l'on creuse, et qui réclament des relevés rapides à chaque étape, même si on se trouve coincé au fond d'une tranchée ! Veodis-3D et le Geolab ont donc développé conjointement une méthode afin d'adapter cette technique laser à l'archéologie. Utilisation de nacelles, de plateaux tournants, autant d'astuces et de méthodologies mises au point pour faire face à toutes les situations. « Au Geolab, nous sommes aussi en train de développer un logiciel d'analyse de formes automatisée, à partir des données relevées avec Archeoscan », achève l'archéologue. Il permettra par exemple de comparer des séries d'outils, d'obtenir instantanément leurs caractéristiques, de connaître le rapport entre la longueur, la largeur et le volume d'une lame en silex, etc. « Repérer en un clin d'œil un objet qui sortirait du lot sera un gain de temps très appréciable pour toutes les recherches en archéologie », conclut-il.

Charline Zeitoun

1. Unité CNRS / Université Clermont-Ferrand-II / Université de Limoges.

CONTACT

→ **Frédéric Surmely**
Geolab, Clermont-Ferrand
surmely.frederic@wanadoo.fr

LE CNRS ET L'ANVIE : UNE ÉTROITE COLLABORATION

Le CNRS est fortement impliqué dans cette association depuis sa création en 1991. Aux côtés de plusieurs institutions de recherche (Maison des sciences de l'homme, École des hautes études en sciences sociales), de grandes entreprises (Danone, Lafarge, Pechiney, L'Oréal, Caisse d'Épargne, Elf) et des pouvoirs publics, le CNRS a manifesté la nécessité de rapprocher la recherche en sciences humaines et sociales des enjeux concrets des entreprises. Aujourd'hui encore, avec son vivier d'experts en sciences humaines et sociales, il participe grandement aux actions organisées par l'Anvie.

G. V.



Brigitte Autran, professeur d'immunologie à la faculté de médecine Pierre-et-Marie-Curie, co-directrice de l'Institut fédératif de recherche Immunité-cancer-infection¹, à Paris

Grippe A : le point sur le vaccin

La campagne de vaccination contre la grippe A, dont on redoute une pandémie, a commencé. Pouvez-vous nous rappeler ce qu'est le virus H1N1 responsable de cette grippe ?

Brigitte Autran : C'est un virus de type influenza A, le plus fréquemment impliqué dans les gripes humaines. Mais il s'agit d'un variant d'origine porcine avec lequel l'homme n'avait jamais été en contact. Son hémagglutinine² (H) est de type 1, d'où le nom du virus. Elle fait partie de l'arsenal utilisé par celui-ci pour se fixer aux récepteurs des cellules de nos muqueuses et les infecter. Ces récepteurs sont très similaires à ceux du porc, c'est pourquoi le virus a facilement été transmis à l'humain. De plus, nos récepteurs du nez, de la gorge et de la trachée sont très sensibles à l'hémagglutinine en question. La contamination par voie aérienne, quand on parle, on éternue, etc., est donc très forte. Mais un tel virus provoque surtout des infections bénignes. Au contraire du fameux H5N1, dont on parlait tant l'an dernier, qui touche surtout les récepteurs de l'arbre respiratoire bas (bronches et bronchioles), qui se répand donc moins facilement dans la population, mais provoque plus de pneumonies graves voire mortelles.

Alors pourquoi ce branle-bas de combat autour du H1N1 ?

B. A. : Nous avons presque tous gardé en mémoire dans notre système immunitaire des réponses au virus de la grippe ordinaire dont les variants circulent annuellement dans l'humanité. Mais le variant H1N1 est différent. Notre système immunitaire est naïf face à lui. Plus d'individus seront donc infectés. Par ailleurs, une grippe ordinaire, même si elle est en général bénigne, provoque toujours un petit pourcentage de formes graves. Si le nombre total de cas augmente, celui des formes graves nécessitant une hospitalisation aussi. La responsabilité des pouvoirs publics est donc certes de limiter la propagation

du virus, mais surtout d'en limiter la gravité en recommandant à la population de se faire vacciner. C'est une question de santé publique.

Qui sera prioritaire pour être vacciné ?

B. A. : Nous encourageons d'abord les personnes les plus exposées aux risques d'infection et au développement d'une forme grave : femmes enceintes et enfants en bas âge. Puis les personnes ayant des facteurs de risques (système immunitaire affaibli, insuffisances cardiaques ou respiratoires, etc.) : jeunes d'abord, adultes et personnes âgées ensuite. Pourquoi les jeunes avant les autres ? Parce qu'en réalité tout le monde n'est pas aussi naïf face à ce virus. Selon une récente étude américaine³, environ 30 % des plus de 60 ans ont gardé en mémoire une réponse immunitaire car ils ont été en contact avec un cousin de ce virus qui a sévit jusqu'en 1957.

Vous menez actuellement des études sur le

« Les études menées actuellement permettront de tirer des leçons de cet épisode pandémique. »

vaccin. N'ont-elles pas déjà été réalisées par les industriels avant d'obtenir l'autorisation de mise sur le marché ?

B. A. : Les industriels réalisent leurs essais cliniques sur des sujets sains. C'est la procédure habituelle requise par les agences sanitaires de tous les pays. Côté chercheurs, nous avons lancé des études sur la réponse immunitaire induite par le vaccin chez des populations de femmes enceintes, de patients infectés par le VIH et de personnes transplantées. Ces populations, très

circonscrites, sont habituellement vaccinées sans qu'on dispose de résultats d'essais cliniques. Cela ne veut pas dire que le vaccin actuel présente plus de risques pour elles que pour les autres, mais que nous voulons vérifier l'immunogénicité⁴ du vaccin dans ces populations. D'ailleurs, il est peu différent de celui de la grippe ordinaire, en dehors du fait qu'il contient un adjuvant, substance qui accélère et amplifie la réponse immunitaire. Dans le cas présent, il s'agit d'un adjuvant huileux déjà utilisé pour la grippe depuis plus de cinq ans⁵ aux États-Unis sans effets néfastes.

D'autres projets de recherche ont-ils été lancés en France ?

B. A. : Oui, une quinzaine. Parmi eux, citons les recherches visant à développer les systèmes de diagnostic précis adaptés aux études épidémiologiques. Les méthodes actuelles réclament en effet un matériel de pointe qu'on ne peut solliciter pour chaque cas. Citons également la recherche de facteurs génétiques associés aux formes graves de la maladie. Et bien sûr, des recherches fondamentales sur le virus lui-même. L'ensemble de ces études nous permettra de tirer des leçons de cet épisode pandémique. Elles serviront peut-être vis-à-vis de futurs virus de ce type, issus des différentes espèces chez lesquelles ils ont séjourné. Ils ont toujours existé et nous devrons à l'avenir leur livrer bien d'autres batailles.

Propos recueillis par Charlie Zeitguer

1. Unité CNRS / Université Paris-VI / Inserm / Assistance publique hôpitaux de Paris.
2. Protéine particulière présente à la surface du virus de la grippe.
3. *New England Journal of Medicine*, publié en ligne le 10 septembre 2009.
4. Capacité à induire une réaction immunitaire.
5. Vaccin Gripguard de la firme Chiron-Novartis.

CONTACT

→ **Brigitte Autran**
Institut « Immunité-cancer-infection », Paris
brigitte.autran@psl.aphp.fr

Nicolas Tsapis

Un physicien au service de la médecine

Ce matin-là, les couloirs du laboratoire de Physicochimie, pharmacotechnie et biopharmacie de Châtenay-Malabry¹ bruissent joyeusement à l'arrivée des collègues venus de tous horizons. Ici se côtoient des physiciens, des physicochimistes, des biologistes, des pharmaciens. Le mélange plaît à Nicolas Tsapis qui, à 35 ans, vient tout juste d'être décoré de la médaille de bronze du CNRS. Lui-même est issu d'un parcours assez éclectique.

Après les classes préparatoires scientifiques, il s'oriente vers la physique fondamentale à l'université Paris-XI, à Orsay. Vient ensuite un DEA en physique des solides, toujours à Orsay, et une thèse, qu'il termine en 2000 au Laboratoire de physique statistique de l'École normale supérieure, sur les propriétés élastiques des membranes non ioniques. C'est ensuite, en postdoctorat à l'université de Harvard, que sa carrière de physicien pur souche va s'ouvrir à d'autres domaines comme la pharmacie. Il travaille alors sur la vectorisation des médicaments, ou comment contrôler ou prolonger la libération d'une molécule active dans l'organisme, tout en ciblant un organe spécifique.

En 2003, le jeune homme rejoint le laboratoire de Patrick Couvreur à Châtenay-Malabry, dans l'équipe d'Elias Fattal dédiée à la « vectorisation pharmaceutique de molécules fragiles ». « Ça me plaît d'être au cœur d'une recherche plus appliquée », avoue-t-il. Il y retrouve ses chères formes pharmaceutiques à libération contrôlée et s'attache à développer de nouveaux systèmes basés sur des micro- et nanoparticules, servant soit de vecteurs de principes actifs, soit d'agents de contraste pour l'échographie, ces molécules qui permettent de mieux distinguer les détails anatomiques de l'intérieur du corps humain.

Car il faut bien répondre aux nouvelles exigences de l'imagerie médicale du futur : celle-ci s'oriente désormais vers le dépistage précoce de pathologies à l'échelle moléculaire, avant même leur manifestation clinique. L'idée, au laboratoire, est de combiner cette détection précoce avec un traitement efficace. Aujourd'hui, les agents de contraste utilisés sont des microbulles gazeuses injectées par intraveineuse. Certes, elles renforcent le contraste, des vaisseaux sanguins par exemple, sur les échographies,

mais elles ne résistent que quelques minutes dans l'organisme car elles sont vite détruites par les ultrasons. Nicolas Tsapis travaille donc à concevoir de nouvelles microbulles composées d'une coque de polymère biodégradable et à la stabilité accrue. À terme, la coque enfermera un médicament, un antitumoral, à libération plus ou moins prolongée. Son but : réduire les effets secondaires pour les patients dans le cadre d'une chimiothérapie locale activée par ultrasons. « Les applications des micro- et nanotechnologies pour la thérapeutique n'en finissent pas de révolutionner le système d'administration et l'efficacité du principe actif, désormais délivré directement sur sa cible », s'enthousiasme-t-il.

« Ça me plaît d'être au cœur d'une recherche appliquée ! »

Comme ces aérosols que le chercheur perfectionne pour mieux atteindre le fond du poumon. Ils libèrent une poudre sèche légère qui se disperse très bien, atteint les alvéoles et permet ainsi d'éviter des injections douloureuses dans le cas de traitements de la tuberculose. « On pense que c'est une maladie liée à la pauvreté, mais c'est surtout une maladie opportuniste pour les personnes aux faibles défenses immunitaires, comme les malades du Sida. Et en Russie, de nouvelles souches mutantes, plus résistantes, sont apparues. On redoute à n'importe quel moment la survenue d'une épidémie sur laquelle les antibiotiques actuels n'auraient pas d'effet. » Passionné par ses recherches, Nicolas Tsapis l'est assurément. Et quand vient le moment de quitter la fourmière du laboratoire et de raccrocher la blouse blanche, comment s'occupe-t-il ? « J'ai beaucoup fait de photos autrefois. Mais j'avoue que je n'ai plus le temps. Il y a bien sûr mes recherches. Mais surtout mes deux enfants de 10 mois et deux ans et demi. Maintenant, mes passe-temps, c'est plutôt changer des couches et regarder Kirikou. »

Camille Lamotte

→ Retrouvez les « Talents » du CNRS sur www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.



© S. Godéroy/CNRS Photothèque

CONTACT

→ **Nicolas Tsapis**,
Physicochimie, pharmacotechnie, biopharmacie,
Châtenay-Malabry
nicolas.tsapis@u-psud.fr

CANCER

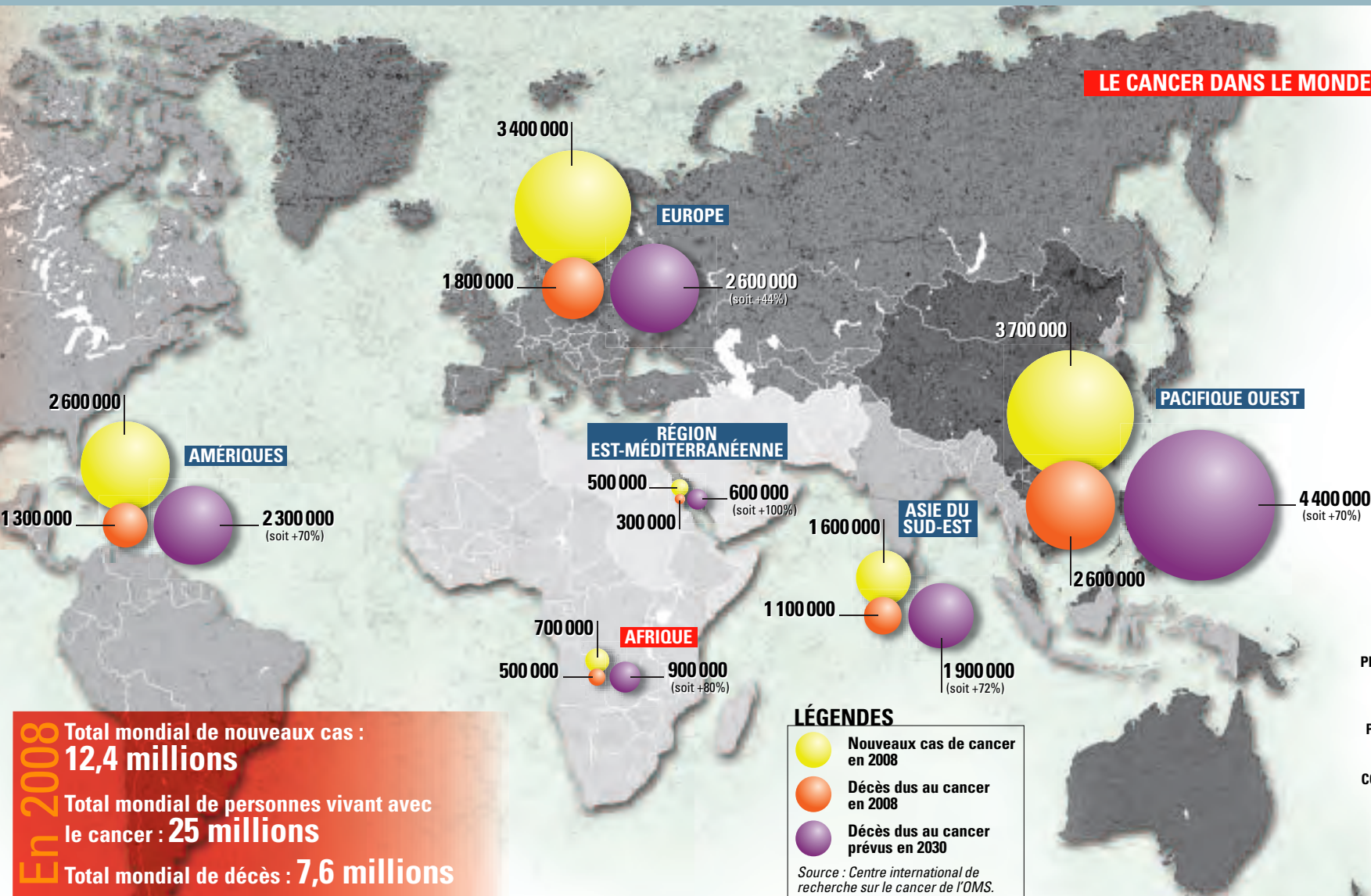
la recherche durcit le combat

En 2010, le cancer sera la première cause de mortalité dans le monde selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les progrès de ces dernières décennies dans la compréhension de cette maladie, le diagnostic et les traitements sont encore insuffisants. Dans les labos, toutes les pistes sont donc explorées pour la combattre. L'anthropologie peut-elle améliorer la prévention? Que nous manque-t-il pour comprendre la biologie du cancer? Et quels seront les traitements de demain?

À l'occasion des Journées internationales de biologie, qui auront lieu du 3 au 6 novembre à La Défense, et qui seront en partie consacrées au cancer, *Le Journal du CNRS* dresse un état des lieux des recherches menées contre ce fléau.

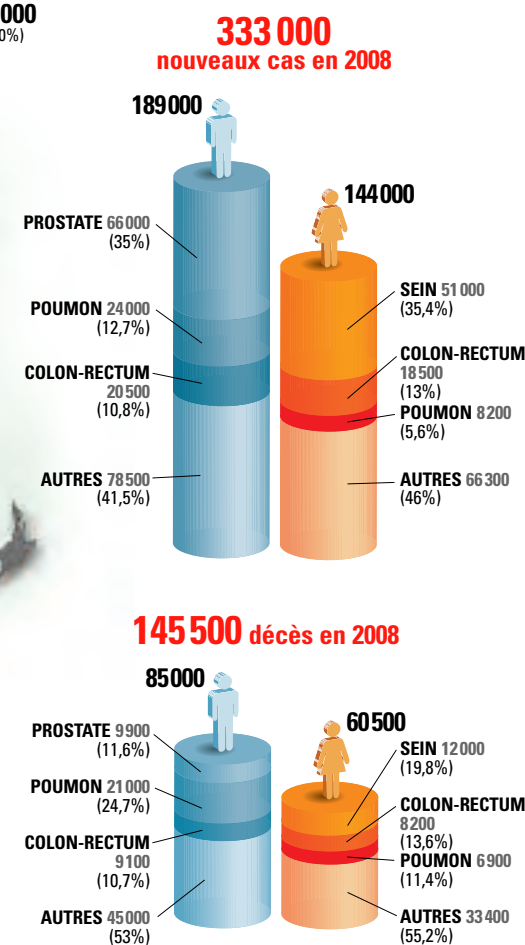
NOUVEAU REGARD SUR UNE ÉPIDÉMIE > 18
 COMPRENDRE LA MALADIE AVANT TOUT > 21
 VERS DES TRAITEMENTS PLUS CIBLÉS > 25

En 2008 Total mondial de nouveaux cas : **12,4 millions**
 Total mondial de personnes vivant avec le cancer : **25 millions**
 Total mondial de décès : **7,6 millions**



Les pays développés sont les plus touchés actuellement. Mais le nombre de décès prévus en 2030 augmente beaucoup plus fortement pour les pays en développement. Selon l'anthropologue Annie Hubert, cela est dû en partie aux infections liées à certains cancers (col de l'utérus, rhinopharynx, etc.) favorisées dans ces pays par de mauvaises conditions d'hygiène. Par ailleurs, ces pays adoptent de plus en plus les habitudes des pays développés (tabagisme, alimentation, etc.) qui leur « apportent » ainsi de nouveaux facteurs de risques. Cancer du sein, du colon et du poumon ne sont par exemple apparus au Japon qu'après l'occupation américaine durant la Seconde Guerre mondiale.

LE CANCER EN FRANCE (source : INVS)



En France, comme dans tous les pays développés, plus de la moitié des cas et des décès sont dus à trois types de cancer seulement. Point positif : selon l'étude Eurocare-4 menée sur 23 pays, la France se classe en 2008 nettement au-dessus de la moyenne européenne pour la guérison¹ : 58,6% des femmes tous cancers confondus et 57,9% des hommes pour le cancer de la prostate, taux le plus élevé d'Europe.

1. On parle de guérison lorsque le risque de décès retombe au même niveau que celui de la population du même âge et de même sexe.

Nouveau regard sur une épidémie

À l'échelle mondiale, 25 millions d'hommes et de femmes sont atteints d'un cancer et trente nouveaux cas sont diagnostiqués à chaque minute. Le fléau le plus répandu? Le cancer des poumons (1,2 million de nouveaux cas par an), suivi par le cancer du sein (un peu plus d'un million), le cancer du colon ou du rectum (940 000), le cancer de l'estomac (870 000) et le cancer du foie (560 000)¹. Rien que dans notre pays, à l'heure où se met en place le plan Cancer 2009-2013², 1 200 000 personnes vivent avec un cancer ou après un cancer, lequel est aujourd'hui la première cause de mortalité, responsable de plus de 145 000 décès en 2008³. La conclusion s'impose d'elle-même : le cancer est loin d'être vaincu. Nos sociétés sont même confrontées à une épidémie de cancer, la chose s'expliquant en partie par le fait que nous sommes de plus en plus nombreux à

vivre plus vieux (c'est-à-dire assez longtemps pour développer une maladie cancéreuse, un cancer sur deux se déclarant, en France, après 61 ans).

LE MODE DE VIE MIS EN CAUSE

Par ailleurs, 15 % des cancers, selon les experts, sont dus à des facteurs génétiques et 85 % à des déterminants environnementaux (tabagisme, alcool, polluants, habitudes alimentaires...) donc au mode de vie. D'où la nécessité de multiplier les travaux en épidémiologie socioculturelle pour dénouer l'écheveau des causes à l'origine de la plupart des cancers et planifier au cas par cas des mesures préventives avec les acteurs de santé publique, plaide l'anthropologue Annie Hubert, directrice de recherche émérite au CNRS⁴. « Ce type d'enquêtes complète les études épidémiologiques quantitatives qui localisent uniquement les populations à risques », dit cette cher-

cheuse qui connaît son sujet. Elle fut en effet la première à prouver, dans les années 1980, que certaines substances chimiques particulièrement présentes dans l'alimentation des Chinois du Sud, des jeunes Maghrébins et des Groenlandais, expliquait la fréquence élevée du cancer du rhinopharynx (voir carte p. 20), associé au virus d'Epstein-Barr, dans ces trois populations. « L'application de l'anthropologie en prévention des cancers, qui éclaire les habitudes et les comportements d'individus partageant une même culture mais qui n'est pas assez reconnue en France, permettrait de comprendre pourquoi certaines populations développent plus fréquemment certains cancers que d'autres (cancers du col de l'utérus chez les Vietnamiennes, du poumon chez les Écossais, du colon chez les Argentins...) », explique Annie Hubert. Reste que, grâce à des dépistages plus fréquents, des diagnostics plus précoces et des protocoles thérapeutiques plus efficaces, un nombre >

RÉPARTITION MONDIALE DE DIFFÉRENTS CANCERS

(source : rapport 2008 IARC, chiffres de 2002)

CANCER DU POUMON CHEZ LES FEMMES



CANCER DU POUMON CHEZ LES HOMMES



Le nombre de nouveaux cas croît avec l'intensité de la teinte

Le nombre de nouveaux cas de cancer du poulmon, le plus meurtrier dans le monde, est bien plus élevé dans les pays développés. Les hommes sont aussi beaucoup plus touchés que les femmes, en particulier en Europe de l'Est.

Le tabagisme passif aggrave ou crée des maladies. Par exemple, le risque de développer un cancer du poulmon chez un non-fumeur augmente si son conjoint fume.

> grandissant de malades parviennent à repousser plus longtemps les attaques du « crabe ». Aujourd'hui, en France, 52 % des patients souffrant d'un cancer survivent au-delà de cinq ans à leur maladie, contre 20 % en 1920, 39 % en 1960, 43 % en 1970. Le taux de guérison peut

CANCER DU RHINOPHARYNX CHEZ LES FEMMES



CANCER COLORECTAL CHEZ LES FEMMES



La répartition du cancer du rhinopharynx, qui semble propre à l'Afrique et à l'Asie, est très différente de celle du cancer colorectal et du cancer du poulmon (voir carte ci-dessus). L'anthropologie permet de comprendre ce type d'inégalités en identifiant des explications locales. Les cartes concernant les hommes, non publiées ici, sont très proches de celles-ci.

© World Cancer Report 2008 IARC/International Agency for Research on Cancer/ Peter Boyle and Bernard Lemaire/ESB, 1/75, 3/81



© M. Iannace/Corbis

perception du cancer. Dans cette nouvelle perspective, le corps médical peut désormais expliquer aux patients qu'ils vivront dorénavant plus et mieux avec leur maladie. »

VERS UNE MÉDECINE PLUS HUMAINE

Qu'en est-il, maintenant, des relations soignants-soignés ? Le temps est presque révolu où la consultation d'annonce se faisait « entre deux portes », de façon aussi brutale qu'inhumaine, par de grands maîtres jargonnant et imbus de leur toute-puissance. Il s'est produit, voilà quelques années, « une sorte de déverrouillage du monde des médecins cliniciens qui était jusqu'alors très rigide et somme toute assez indifférent à la dignité et au vécu quotidien des malades et de leur famille, commente Annie Hubert. Nous rattrapons enfin notre retard, dans ce domaine, sur les Anglo-Saxons. » Et de se féliciter que, dans les établissements hospitaliers, les oncologues, en particulier les plus jeunes, portent un regard innovant sur leur pratique. « Beaucoup d'entre eux attendent des sciences sociales qu'elles les aident à découvrir ce qu'ils ne voient pas, ce qu'ils ne voient plus ou ce qu'ils n'auraient jamais imaginé voir pour, au bout du compte, améliorer ce qui peut l'être encore, qu'il s'agisse de

l'organisation des soins, de l'ergonomie des services, de l'accompagnement en fin de vie... De fait, de grands progrès ont été réalisés pour personnaliser l'accueil des patients, aménager des espaces d'intimité, offrir des chambres individuelles dans les hôpitaux de jour, mettre au point un arbre décisionnel et décider d'un traitement avec la collaboration du patient s'il le désire... » Sans oublier qu'un certain langage guerrier (« Battez-vous ! »), très angoissant et très fatigant pour le patient secoué par des thérapies complexes, cède la place à l'information (« Voilà ce que l'on peut faire pour vous soigner »), au dialogue, à la décision partagée et à l'attention portée à l'ensemble des besoins du malade et de sa famille.

Quant au rôle des médecins généralistes dans la prise en charge des patients atteints de cancer, et leurs relations avec les équipes de soins spécialisées, l'enquête conduite récemment par Martine Bungener est riche d'enseignements. « Concernant l'annonce du diagnostic, nous avons été surpris de constater à quel point les généralistes sont impliqués et apparaissent comme des interlocuteurs compétents, aux yeux des patients, dit Martine Bungener. Après avoir été reçus par un spécialiste, ces derniers éprouvent même fréquemment le besoin de se faire mieux expliquer la situation par

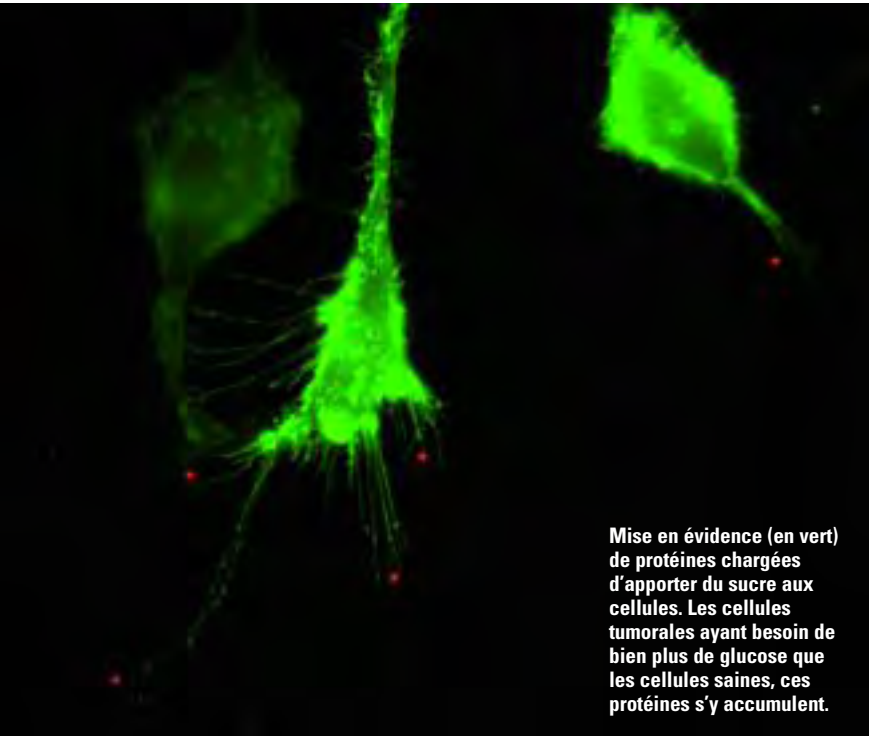
leur généraliste. » D'autre part, les généralistes n'hésitent plus à acquérir de nouvelles compétences. Ainsi en est-il de l'autonomie acquise par certains dans la prescription de la morphine en cas de fin de vie à domicile, « une pratique qui leur échappait jusqu'ici par manque de technicité et de savoir-faire, et qui contribue à rééquilibrer, à leur avantage, les rôles entre médecine générale et médecine spécialisée », indique Martine Bungener. Au final, il ressort de ce programme de recherche, le premier du genre, que la plupart des généralistes français, tout en ne masquant pas la limite de leur compétence, « cherchent à rester présents auprès de leurs patients atteints du cancer », quelles que soient les phases de la maladie.

Philippe Testard-Vaillant

1. Source : Organisation mondiale de la santé.
2. Le plan Cancer 2003-2007, à l'origine de la création de l'Institut national du cancer (Inca), affichait trois grandes ambitions : permettre à la France de rattraper son retard en matière de prévention et de dépistage, offrir à chaque malade la qualité de soins et l'accompagnement humain auxquels il a droit, donner une impulsion décisive à la recherche.
3. Source : Institut national du cancer.
4. Laboratoire Anthropologie bioculturelle (CNRS / Université Aix-Marseille-II / Établissement français du sang Alpes-Méditerranée).
5. Source : *Cancers : pronostics à long terme*, rapport Inserm, 2006.
6. Centre CNRS / Inserm / Écoles de hautes études en sciences sociales / Université Paris-XI.

CONTACTS

- Annie Hubert, anahubert@club-internet.fr
- Martine Bungener, bungener@vjf.cnrs.fr



© M. Sitbon

Mise en évidence (en vert) de protéines chargées d'apporter du sucre aux cellules. Les cellules tumorales ayant besoin de bien plus de glucose que les cellules saines, ces protéines s'y accumulent.

Comprendre la maladie avant tout

Connaître son ennemi : un principe de base pour qui doit mener une guerre délicate. Et c'est bien le problème contre le cancer. Certes, les chercheurs disposent déjà de quelques certitudes et d'une trame conceptuelle : une cellule se détraque, se divise de façon anarchique et donne naissance à un cancer (voir infographies p. 22-23). Mais il reste encore beaucoup d'énigmes à résoudre. Alors dans les labos, aucune piste n'est négligée. Du rôle du système immunitaire à celui des altérations génétiques, en passant par l'avidité des cellules cancéreuses pour le glucose, et l'implication des cellules souches cancéreuses, ou encore de l'environnement des cellules tumorales, chaque avancée apporte une nouvelle pièce au grand puzzle de la compréhension du cancer.

LA FAILLE DE L'IMMUNITÉ

Commençons avec le système immunitaire et par cette théorie qui perdure depuis le début du ^{xx}e siècle : ce système de surveillance éliminerait les cellules cancéreuses dès leur apparition, au même titre que les virus. Et ce sont ses défaillances qui expliqueraient la survenue des cancers. Seulement voilà, David Klatzmann et son équipe de l'unité « Immunologie, immunopathologie, immunothérapie ¹ », ont très récemment revu et corrigé cette copie.

Dans les tous premiers jours d'apparition d'une tumeur, deux types de cellules immunitaires se mettent en action : les lymphocytes régulateurs, qui protègent les cellules de l'organisme, et les lymphocytes effecteurs, qui détruisent les intrus. « On peut voir les cellules tumorales comme des cellules anormales : elles ont quelques gènes altérés ou mutés, qui leur confèrent leur caractère de malignité », assure David Klatzmann. Mais tous les autres gènes sont normaux ! Aux yeux des lymphocytes régulateurs, les cellules cancéreuses sont donc reconnues comme des cellules normales. « Ils vont donc les protéger, avant que les lymphocytes effecteurs n'aient pu les attaquer. Ce sont toujours les régulateurs qui gagnent ! » En d'autres termes, une immunosurveillance existe bel et bien mais paradoxalement, elle protège les cellules malades.

Du coup, le scientifique souhaite aujourd'hui rouvrir la voie de la vaccination anticancéreuse préventive : « Comme pour une vaccination classique, l'idée serait de préparer les lymphocytes effecteurs à reconnaître les antigènes ² spécifiques d'un cancer donné, les antigènes de cellules prostatiques tumorales par exemple, afin qu'ils puissent ensuite agir plus rapidement contre ce même antigène. »

AFFAMER LE CANCER

Peu de chercheurs ont l'espoir de trouver une même faille pour tous les cancers. Toutefois, certains scientifiques travaillant sur le métabolisme veulent y croire. Car toutes les tumeurs ont une chose en commun : elles sont avides de sucre. La raison ? Lorsque les cellules deviennent cancéreuses, elles arrêtent de respirer normalement via les mitochondries et consomment du sucre pour se fournir en énergie. Comme ce mécanisme est bien moins efficace que la respiration, les cellules ont besoin de beaucoup de glucose. C'est d'ailleurs grâce à cette addiction que l'on arrive à visualiser les tumeurs par imagerie médicale.

De nombreuses équipes souhaitent élucider ce changement de métabolisme et s'en servir pour enrayer la prolifération cellulaire. L'équipe de Marc Sitbon au sein de l'Institut de génétique moléculaire de Montpellier ³, pour sa part, a rejoint l'aventure presque par hasard. « On sait que les cellules cancéreuses, grosses consommatrices de sucre, ont en conséquence beaucoup de transporteurs (ces protéines qui transportent les nutriments dans la cellule) de glucose, expose-t-il. Or, nous avons récemment découvert une famille de virus qui reconnaît et utilise ces transporteurs de nutriments pour infecter les cellules hôtes. Nous avons donc eu l'idée d'utiliser des fragments de >

COMMENT SE FORME UNE TUMEUR

Le cancer commence par l'apparition d'une cellule mutante, une seule parmi les quelque 60000 milliards qui constituent le corps humain et dont certaines se renouvellent chaque jour. Elle a subi une modification dans l'ADN de son noyau : une mutation.

Cette mutation lui fait ignorer certains des signaux qui normalement limitent sa prolifération. Elle se divise trop vite. Et les cellules filles issues de ces divisions héritent elles aussi de la mutation. Et puis, des mois ou des années plus tard, l'une des cellules filles subit une mutation supplémentaire (cellule la plus foncée sur le dessin).

Cette mutation supplémentaire affranchit encore plus la cellule du contrôle exercé par son environnement. La prolifération s'accroît et donne naissance à des cellules filles qui cumulent les deux mutations. Jusqu'à ce qu'une nouvelle mutation touche l'une d'elles (cellule la plus foncée).

VAISSEAUX SANGUINS

Les cellules mutantes s'entassent les unes sur les autres et commencent à former une **TUMEUR**. Celle-ci peut rester confinée dans son tissu d'origine. Ou bien, l'une des cellules tumorales peut subir une mutation de plus... (cellule la plus foncée).

TUMEUR EN FORMATION

...qui lui permet de se glisser au travers des **VAISSEAUX SANGUINS**. Ceux-ci deviennent d'ailleurs de plus en plus ramifiés au voisinage de la tumeur. Ils alimentent les cellules cancéreuses, gourmandes en glucose, et leur intense prolifération.

MÉTASTASES

➤ virus comme nouveaux marqueurs métaboliques. » Les chercheurs espèrent ainsi utiliser les transporteurs pour repérer les cellules cancéreuses, et en déduire s'il faut alléger ou intensifier les traitements en fonction du nombre de transporteurs et donc du stade de développement. Et pourquoi pas, un jour, réussir à bloquer ces transporteurs pour couper les vivres aux cellules tumorales.

DES SOUCHES RÉCALCITRANTES

Autre piste qui revient en force actuellement : les cellules souches cancéreuses. « De nombreux travaux ont permis d'établir la présence de tels éléments cellulaires, minoritaires (de l'ordre de quelques pour cent de cellules de la tumeur), au sein de lésions cancéreuses du sein, du côlon, de la prostate, du cerveau, confirme Daniel Louvard, directeur du Centre de recherche de l'Institut Curie. On soupçonne ces cellules d'être directement à l'origine de la prolifération cancéreuse. Si ce concept est validé, il va bouleverser la lecture que l'on a pu faire jusqu'ici des processus cancéreux. » Si on ignore encore précisément leur rôle, on sait en revanche qu'elles se comportent comme des cellules souches classiques : elles se multiplient indéfiniment et peuvent ensuite se différencier pour donner différentes cellules tumorales.

Ces petits groupes de cellules posent un gros problème : « Beaucoup de médicaments ciblent les cellules qui prolifèrent. Or les cellules souches cancéreuses, comme les cellules souches normales, peuvent très bien rester sans se multiplier pendant des mois, voire des années. Si elles sont en quiescence, le traitement n'a aucun effet sur elles », explique Paul-Henri Roméo, directeur du Laboratoire de recherche sur la réparation et la transcription dans les cellules souches⁴.

Les scientifiques tentent aujourd'hui d'isoler ces cellules récalcitrantes afin de les étudier, l'objectif final étant d'élaborer de nouveaux traitements capables de les détruire tout en préservant les cellules souches normales. « Il y a peut-être différents types de cellules souches cancéreuses à l'intérieur d'une même tumeur. Donc réussir à caractériser parfaitement une cellule souche ne signifie pas forcément que

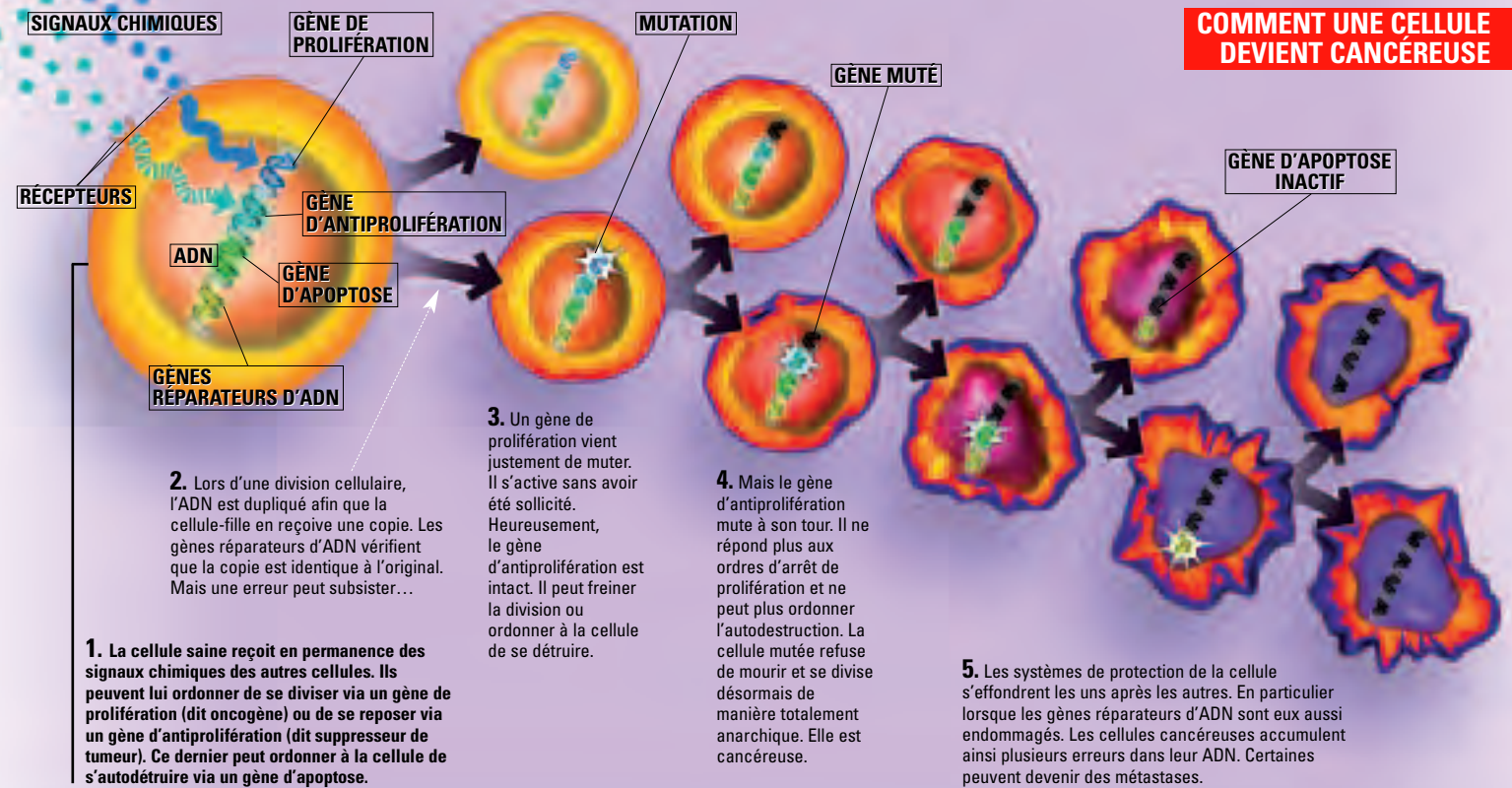
l'on pourra éradiquer complètement cette population, tempère Paul-Henri Roméo. Mais ce sera déjà un grand pas en avant ! »

Mais les avancées viendront peut-être aussi des recherches sur les cellules souches normales. C'est en tout cas ce que laissent penser les récents travaux de l'équipe de Jean-René Huynh du laboratoire Génétique et biologie du développement⁵ : ceux-ci ont révélé l'un des mécanismes qui régule l'équilibre entre prolifération et différenciation. « On a montré qu'au moment où la cellule souche se divise, les protéines qui servent à faire des ribosomes – les composants de la cellule chargés de synthétiser les protéines en décodant l'information contenue dans l'ARN messager⁶ – se répartissent de manière inégale entre les deux cellules filles, relate Jean-René Huynh. S'il n'y a pas assez de ribosomes dans la cellule qui doit redevenir cellule souche, celle-ci se différencie. Et s'il y en a trop dans la cellule qui doit se différencier, elle continue à se diviser, ce qui va engendrer l'apparition de tumeurs. » Une découverte de taille.

CES CELLULES QUI MIGRENT

Autre terrain de recherche, le microenvironnement dans lequel baignent les cellules tumorales et qui subit de multiples transformations à mesure de la progression de la maladie. Et notamment celle de la matrice extracellulaire, qui assure la cohésion et l'organisation des tissus. « L'importance de la matrice a longtemps été sous-estimée, relate Ellen Van Obberghen-Schilling, de l'Institut de signalisation, biologie du développement et cancer (IBDC)⁷. Pourtant, les cellules tumorales et celles présentes autour de la tumeur lui envoient des signaux pour la remanier. Et la matrice modifiée exerce ensuite une influence majeure sur la prolifération et la dispersion des métastases. »

Son équipe s'intéresse justement à ces échanges de signaux et plus particulièrement aux intégrines, des protéines qui permettent à la cellule tumorale de s'ancrer dans son environnement et de communiquer avec lui. « Les intégrines recrutent des protéines comme la protéine ILK pour transformer les signaux en action. Nous avons ainsi démontré qu'ILK jouait un rôle clé dans l'assemblage de différentes protéines qui vont former des sortes de rails : ces derniers favorisent le déplacement (la

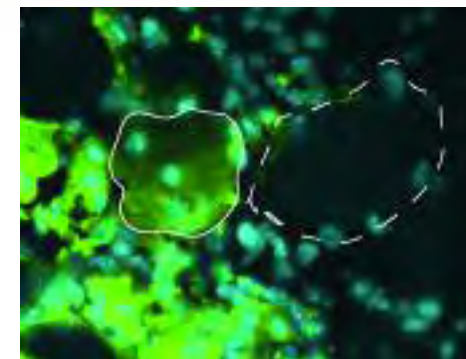


migration) des cellules cancéreuses et la colonisation d'autres tissus », explique Ellen Van Obberghen-Schilling.

« La migration des cellules cancéreuses est une étape capitale, reprend Stéphane Noselli, directeur de l'IBDC et médaillé d'argent 2009 du CNRS. Et ça, on ne peut le comprendre que dans un modèle comme la drosophile, simple et facile à manipuler. On peut muter le ou les gènes de notre choix dans un tissu donné et suivre le développement des cellules mutantes avec des techniques d'imagerie in vivo. Nous avons ainsi pu identifier de nouveaux gènes impliqués dans le détachement des cellules et dans leur migration vers d'autres tissus. »

LA RÉGULATION DES GÈNES A FAIT SES PREUVES

Les gènes mutés ou dérégulés que l'on retrouve dans les tumeurs sont évidemment au cœur de nombreuses recherches. Mais les mécanismes qui gouvernent l'expression ou la mise sous silence de ces gènes, et que l'on regroupe sous le terme de facteurs épigénétiques, sont tout aussi importants. Un exemple ? Le mécanisme qui supervise l'organisation de l'ADN dans l'espace. S'il est trop condensé, des gènes chargés de réparer ses lésions peuvent se retrouver bloqués et ne plus pouvoir agir. Un mécanisme dont on imagine facilement la participation à la cancérisation. Autre sujet central des travaux actuels : les micro-ARN. Ce sont des petits bouts d'ARN qui « peuvent inhiber l'expres-

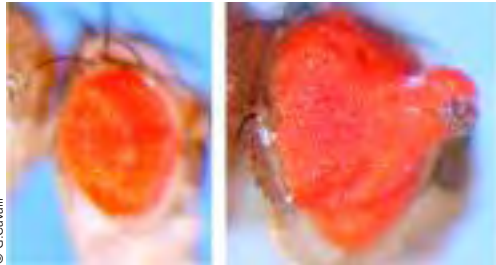


Muscle de souris où seules les cellules en régénération expriment l'ARNmiR-181 (en vert). Preuve de son implication dans la différenciation cellulaire.

les chercheurs souhaitent répertorier tous les autres micro-ARN impliqués dans ces processus. Mais les chercheurs sont aussi capables de fabriquer des ARN sur mesure. L'objectif : bloquer l'ARN messager de leur choix et faire taire le gène correspondant. « C'est évidemment une arme extraordinaire contre le cancer », s'enthousiasme Annick Harel-Bellan. Dans cette optique, les chercheurs de la plateforme Pari, un plateau technique situé à Villejuif⁸, utilisent ces ARN pour repérer les gènes impliqués dans la prolifération des cellules cancéreuses de poumon et espèrent ensuite s'en servir pour neutraliser les gènes incriminés au sein des tumeurs. Autre régulateur de l'expression des gènes : les protéines Polycomb. Celles-ci – que l'on retrouve sous une forme mutée ou altérée dans les cancers de la prostate, du sein, du poumon, du cerveau – bloquent l'expression de cer-

NOUVELLE TUMEUR

Des cellules cancéreuses peuvent alors voyager dans le reste du corps via les vaisseaux sanguins. Et peuvent aller altérer le fonctionnement d'autres organes en créant de nouvelles tumeurs. On parle de **MÉTASTASES**.



À gauche, un œil de drosophile normale. À droite, celui d'une drosophile dont on a muté une protéine qui empêche d'ordinaire la prolifération cellulaire. On voit alors une nette surcroissance due à la division anarchique des cellules.

➤ tains gènes en se fixant dessus. En travaillant chez la drosophile, Anne-Marie Martinez et d'autres membres de l'équipe de Giacomo Cavalli à l'Institut de génétique humaine de Montpellier¹⁰ ont mis en évidence l'action anti-tumorale de l'une de ces protéines. « En provoquant la mutation de cette protéine dans un œil de mouche, on s'aperçoit que les cellules perdent leur capacité de différenciation et prolifèrent de manière incontrôlée. Le tissu devient amorphe, envahit les organes voisins et finit par tuer l'hôte... Or ce sont

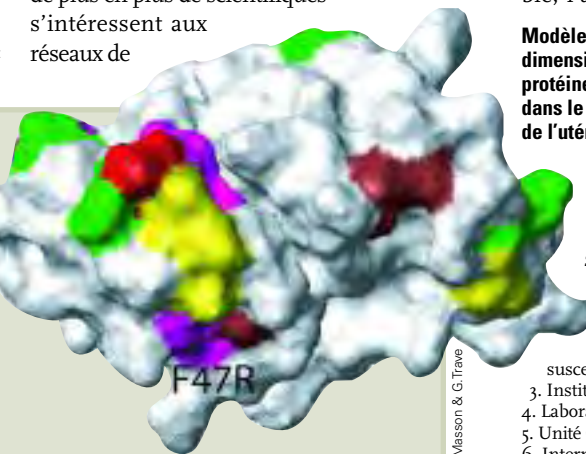
DES VIRUS SANS GÈNE

Aux côtés du tabac, des facteurs héréditaires, des ultraviolets et autres, il est une cause de cancer que l'on oublie parfois : les agents infectieux, responsables de près de 20% des cancers. Pour ne citer que les plus fréquents, *Helicobacter pylori* est à l'origine de 50% des cancers gastriques, les virus de l'hépatite B et C à l'origine de 80% des cancers du foie, et le virus du papillome humain de 95% des cancers du col de l'utérus.

Le mode d'action de ces micro-organismes ? Il est très varié. Certains introduisent directement des oncogènes (voir infographie p. 23) au sein de la cellule hôte, d'autres ont une action détournée. « Par exemple, explique Jean-François Delfraissy, directeur de l'Agence nationale de recherche sur le Sida et les hépatites virales (ANRS), certains pathogènes augmentent les risques de cancer en provoquant la suppression des réactions immunitaires ou bien une inflammation chronique, comme c'est le cas avec le virus de l'hépatite B ou *Helicobacter*. » La suppression des défenses immunitaires favorise en effet l'action d'autres virus cancérigènes et les tissus inflammés procurent un environnement idéal pour la croissance des cellules cancéreuses.

Depuis plus de 10 ans, l'équipe Oncoprotéines de l'Institut de recherche de l'école supérieure de biotechnologie de Strasbourg¹ s'intéresse au virus du papillome humain qui provoque le cancer du col de l'utérus en exprimant deux petites protéines nommées E6 et E7 dans les cellules hôtes. Les chercheurs savaient que la protéine virale E6 cible et dégrade la protéine p53, bien connue des biologistes qui l'ont baptisée « le gardien du génome ». En s'appuyant

sur la structure 3D de la protéine, ils ont donc décidé de modifier la surface de la protéine E6, et ont obtenu une forme mutante inopérante. « En exprimant ce mutant dans des cellules cancéreuses du col de l'utérus, on empêche la dégradation de p53 et on déclenche la sénescence des cellules, c'est-à-dire qu'elles arrêtent de se diviser, relate Murielle Masson, chargée de recherche dans l'équipe Oncoprotéines. Ces travaux démontrent que l'on peut arrêter la prolifération des cellules cancéreuses et donc les éliminer. » À travers tous ces travaux, les biologistes espèrent trouver de nouvelles voies thérapeutiques complémentaires de la vaccination préventive.



« Les vaccins contre le papillomavirus et l'hépatite B sont les deux grands succès de la vaccination préventive, réagit Jean-François Delfraissy. De nombreuses équipes travaillent actuellement à la mise au point d'un vaccin contre l'hépatite C et *Helicobacter*. »

Laurianne Geffroy

1. Institut CNRS / Université Strasbourg.

Contacts :
Jean-François Delfraissy, jf.delfraissy@anrs.fr
Murielle Masson, murielle.masson@unistra.fr

des caractéristiques typiques des tumeurs », explique Giacomo Cavalli. Les chercheurs ont ensuite décortiqué le mécanisme : la protéine Polycomb empêche la prolifération et la formation des tumeurs en se fixant sur le gène Notch, régulateur bien connu du cycle cellulaire chez l'humain. Lorsque la fameuse protéine est mutée, le gène est déverrouillé et la machinerie s'emballe.

Mais pour contrôler le développement cellulaire, les gènes et leurs régulateurs interviennent très souvent de concert. C'est pourquoi de plus en plus de scientifiques s'intéressent aux réseaux de

gènes et de facteurs épigénétiques. Un exemple avec les récents travaux de Laurent Journot, directeur de recherche à l'Institut de génomique fonctionnelle¹¹. « Certains ensembles de gènes sont soumis à empreinte génomique : dans leur cas, c'est toujours l'allèle¹² maternel qui est exprimé et l'allèle paternel qui est réprimé, ou l'inverse. Et jusqu'à très récemment, on ne voyait pas de lien fonctionnel entre ces gènes, expose le chercheur. Finalement, nous avons montré qu'ils sont impliqués dans le contrôle de la croissance normale mais aussi dans la croissance tumorale lorsqu'ils sont altérés. » Une approche qui permet de pointer du doigt les gènes impliqués dans les mécanismes de contrôle et qu'il serait bon de surveiller de près.

Pour comprendre le cancer dans son ensemble, l'une des clés de la réussite réside sans aucun doute dans l'échange d'informations entre chercheurs. Car, résolument, comme l'affirme Laurent Journot :

Modèle en trois dimensions de la protéine E6, impliquée dans le cancer du col de l'utérus.

« La biologie cellulaire, ce n'est pas compliqué, c'est complexe ! Les mécanismes sont relativement simples à décrire mais les scénarios possibles innombrables. »

Laurianne Geffroy

1. Unité CNRS / Inserm / Université Paris-VI.
2. Substance étrangère à l'organisme susceptible de déclencher une réponse immunitaire.
3. Institut CNRS / Universités Montpellier-I et -II.
4. Laboratoire CEA / Inserm / Paris-VI.
5. Unité CNRS / Inserm / Institut Curie / Université Paris-VI.
6. Intermédiaire entre l'ADN et la fabrication des protéines.
7. Unité CNRS / Université de Nice.
8. Fédération de recherche CNRS.
9. La plateforme automatisée Pari est hébergée par l'Institut André-Lwoff « Biologie intégrée de la cellule, virus et cancer ». Institut fédératif de recherche CNRS / Inserm / Université Paris-XI / Assistance publique-Hôpitaux de Paris.
10. Unité CNRS / Universités Montpellier-I et -II.
11. Unité CNRS / Inserm / Universités Montpellier-I et -II.
12. Les allèles sont les différentes versions d'un gène.

CONTACTS

→ Giacomo Cavalli, giacomo.cavalli@igh.cnrs.fr
→ Annick Harel-Bellan, ahhellan@vjf.cnrs.fr
→ Jean-René Huynh, jean-rene.huynh@curie.fr
→ Laurent Journot, laurent.journot@igf.cnrs.fr
→ David Klatzmann, david.klatzmann@upmc.fr
→ Stéphane Noselli, noselli@unice.fr
→ Ellen Van Obberghen-Schilling, vanobber@unice.fr
→ Paul-Henri Roméo, paul-henri.romeo@cea.fr
→ Marc Sitbon, marc.sitbon@igmm.cnrs.fr

Conçue par des chercheurs du CNRS, la molécule HB-19 (en rouge et jaune) est capable de se fixer sur certaines cellules cancéreuses (en vert) et d'empêcher leur prolifération.

Vers des traitements plus ciblés

Grossières et non exemptes d'effets secondaires. Ainsi pourraient parfois se résumer les armes traditionnelles anticancer que sont la chimiothérapie, la radiothérapie et la chirurgie. Mais la relève arrive. À la fois plus précis en termes de quantités de médicaments administrés et de ciblage des cellules, de nouveaux traitements développés dans les labos du CNRS laissent entrevoir à plus ou moins long terme des suivis thérapeutiques adaptés aux patients et au type de cancer concerné.

Mieux traiter le cancer, c'est d'abord mieux le diagnostiquer. Or le scanner à rayons X, l'outil principal de diagnostic, exige un minimum de contraste de densité entre les tissus sains et tumoraux. Chez certaines femmes et pour certains cancers, ce seuil n'est pas atteint, rendant les images obtenues difficilement lisibles pour le radiologue. Dans le cas du cancer du sein, un nouveau type d'échographe, développé par Mathias Fink et son équipe de l'Institut Langevin « ondes et images »¹, devrait améliorer nettement le diagnostic et le dépistage précoce des tumeurs.

Cet appareil est le premier échographe à observer la propagation d'ondes ignorées jusqu'à présent par les appareils : les ondes de cisaillement². Pour réaliser cet exploit, l'appareil envoie d'abord des ultrasons dans la région d'intérêt, où ceux-ci créent un micro-séisme qui déclenche l'émission d'ondes de cisaillement. Un processeur dit à retournement temporel analyse ensuite ces ondes et dresse à partir d'elles une carte quantitative, précise au millimètre près, de l'élasticité des tissus. Or cette dernière n'est ni plus ni moins ce que cherchent à mesurer les médecins lorsqu'ils établissent un diagnostic en palpant le sein.

« Quand on marie cette image d'élasticité avec l'échographie standard, nous obtenons quatre-vingt-dix-neuf pour cent de spécificité dans la détection des tumeurs du sein », se réjouit Mathias Fink. Autre-

ment dit, la méthode ne donne presque jamais de faux positifs. Seule l'IRM est capable de rivaliser avec une telle précision, mais pour un coût d'équipement nettement supérieur. C'est la société Supersonic Imagine, spécialement créée pour l'occasion et dont le CNRS est actionnaire, qui commercialise l'échographe multi-ondes à retournement temporel³. En moins d'un an, vingt-cinq appareils ont déjà été livrés dans le monde, et autant ont été commandés. L'autorisation de mise sur le marché américain, accordée en août, devrait accélérer le déploiement de l'instrument. En attendant, Supersonic Imagine travaille sur l'application du principe à d'autres régions du corps.

UNE PROTÉINE ORACLE

Mais pour établir un diagnostic complet de la tumeur et planifier le traitement adéquat, localiser les cellules cancéreuses ne suffit pas dans tous les cas. Car des tumeurs a priori similaires peuvent évoluer différemment d'un individu à un autre. Avec le résultat qu'une chimiothérapie légère puisse se révéler insuffisante en cours de traitement, ou, au contraire, qu'un patient subisse les désagréments d'une chimiothérapie lourde quand un traitement superficiel aurait suffi. Les travaux menés en ce moment par Geneviève Almouzni, chercheuse au laboratoire « Dynamique nucléaire et plasticité du génome »⁴, laissent espérer dans un avenir proche une meilleure prédiction du développement du cancer, au moins celui du sein. Au départ de ces travaux, il y a une observation faite dans le laboratoire de Geneviève Almouzni sur des échantillons de la banque de tissus de l'Institut Curie : la protéine HP1alpha, ordinairement présente dans les cellules, est surreprésentée dans les cellules tumorales. Les échantil-

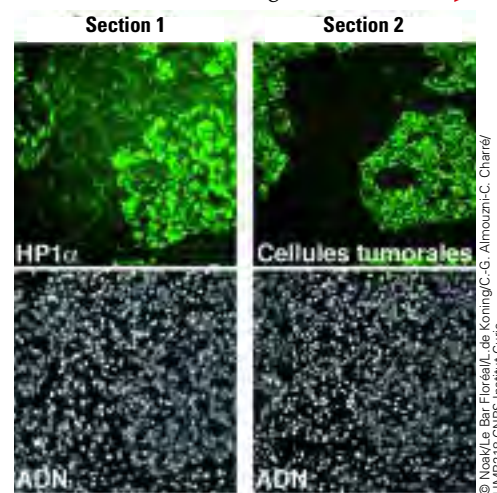
Les futures cellules cancéreuses du sein expriment la molécule HP1alpha bien avant leur dégénérescence. Cette découverte pourrait servir à mieux diagnostiquer ce cancer.

lons avaient été prélevés en 1995 sur des patientes atteintes d'un cancer du sein, permettant des études futures de leurs tissus. Toutes les femmes qui ont développé par la suite des métastases se sont révélées posséder, sous l'œil du microscope de Geneviève Almouzni, un fort taux de HP1alpha dans les cellules du sein.

Il existe donc un parallèle entre l'expression de cette protéine et l'évolution du cancer. Tourné d'une autre manière, la concentration en HP1alpha des cellules pourrait servir d'indice pour prédire l'apparition de métastases. « Cela va permettre de guider les médecins, qui sont en attente de meilleurs outils de diagnostic, s'enthousiasme Geneviève Almouzni. C'est un message d'espoir, même si nous devons d'abord affiner nos conclusions ». Une demande de brevet est en cours, pour des applications thérapeutiques pas attendues avant plusieurs années.

Si un traitement mieux adapté à l'évolution de la maladie permettra de réduire les effets secondaires de la chimiothérapie, il n'éliminera pas totalement la chute des cheveux, nausées et autre fatigue. Et pour cause : la chimiothérapie, le traitement des cancers avec des molécules médicamenteuses, frappe sans discernement le corps tout entier, cellules tumorales comme cellules saines. D'où l'intérêt de la découverte de l'équipe d'Ara Hovanessian, du laboratoire « Régulation de la transcription et maladies génétiques » du CNRS, qui a mis au jour une voie chimique pour cibler spécifiquement les cellules cancéreuses, via une protéine membranaire des cellules tumorales, la nucléoline.

Protéine non pathologique, la nucléoline joue un rôle dans la croissance des tissus. Présente en faible quantité sur les cellules saines, elle est fortement exprimée à la fois sur les cellules en multiplication rapide comme les cellules cancéreuses, et sur les cellules des vaisseaux sanguins accompagnant les tumeurs. En bloquant l'action de cette protéine, on pourrait stopper spécifiquement le développement des cellules tumorales et sanguines. Une stra- ➤



© Murielle Masson, le Bac Florent, de Koning/C.G. Almouzni-C. Charaf-UNWZ 16 CNRS-Institut Curie

OBJECTIF SÉQUENÇAGE

En 2008, onze pays (Canada, États-Unis, Australie, Allemagne, France, Grande-Bretagne, Espagne, Japon, Inde, Chine et Singapour) ont donné naissance au Consortium international sur le génome des cancers (ICGC). L'objectif ? Mieux comprendre les altérations génétiques subies par les cellules tumorales. Une liste de 50 cancers répandus ou présentant un intérêt clinique a été dressée. Le consortium s'est engagé à réaliser le séquençage de ces types tumoraux. Comprendre en quoi le matériel génétique d'une cellule tumorale diffère de celui d'une cellule saine devrait fournir des pistes pour élaborer de nouveaux outils de diagnostics, ainsi que des voies thérapeutiques inédites. En France, une douzaine de centres hospitaliers et de laboratoires – impliquant des chercheurs du CNRS – participent au projet. Les résultats devraient être publiés dans cinq ou six ans. X. M.

> tégie qu'Ara Hovanessian a mise en œuvre avec succès, avec l'aide de deux autres équipes du CNRS⁵, sur des souris greffées avec des tumeurs humaines.

Les chercheurs ont d'abord conçu et synthétisé des molécules capables de se lier aux nucléolines et de les rendre non fonctionnelles, puis les ont administrées aux rongeurs : l'avancée du cancer a été stoppée net dans les régions cancéreuses. Mieux, dans le cas de cellules leucémiques, les molécules ont entraîné la mort pure et simple des tumeurs (générant une mort programmée similaire à l'apoptose) ! Cerise sur le gâteau : non toxiques, ces molécules baptisées HB-19 n'ont entraîné aucun effet secondaire. La société ImmuPharma⁶ devrait lancer des essais cliniques courant 2010 afin de tester l'efficacité de ces substances chez l'humain.

DÉCOUPLER L'EFFET DES MÉDICAMENTS

Luis Mir, biologiste au CNRS, au sein de l'unité « Vectorologie et transfert de gènes⁷ » à Villejuif, est l'inventeur d'une autre méthode de chimiothérapie ciblant spécifiquement les tumeurs : l'électrochimiothérapie. Déjà utilisée en routine dans certains hôpitaux, l'électrochimiothérapie exploite les propriétés électriques des membranes cellulaires. En appliquant un champ électrique sur une cellule, on écarte les mailles de sa membrane, favorisant ainsi la pénétration des substances médicamenteuses dissoutes dans le liquide extracellulaire.

L'effet est spectaculaire. Luis Mir a démontré qu'en approchant une électrode d'une tumeur, l'efficacité d'un médicament anticancéreux classique (la bléomycine) pouvait être multiplié par mille ! Lors d'essais cliniques à l'Institut Gustave-Roussy puis dans d'autres centres européens, l'électrochimiothérapie a fait régresser totalement près de 75 % des tumeurs traitées en une seule séance. Démultipliant l'effet des substances actives, la technique garantit un effet thérapeutique même avec de faibles concentrations médicamenteuses. Elle réduit donc les risques de dégâts collatéraux de la chimiothérapie. De fait, les essais cliniques ont été menés sans effets secondaires pour les malades.

Environ une quarantaine de centres de traitement du cancer en Europe emploient aujourd'hui l'électrochimiothérapie. Pour l'instant, en raison de la nécessité d'approcher l'électrode des tumeurs, « la méthode est réservée au traitement de tumeurs superficielles et accessibles (les métastases cutanées et sous-cutanées), confie Lluís Mir. Mais la recherche technologique et clinique est portée sur le développement d'électrodes plus sophistiquées permettant d'atteindre des tumeurs profondes. »

Autre méthode, la photochimiothérapie qui utilise cette fois la lumière pour cibler les cellules tumorales. La technique fonctionne sur ce principe : on vient activer par des rayons lumineux une substance médicamenteuse inoculée dans la zone cancéreuse, qui d'inoïffensive devient toxique. La substance n'est pas ingérée comme en chimiothérapie standard, mais appliquée dans la région tumorale sous forme liquide ou de pommade.

Utilisant la lumière, cette méthode a pour terrain d'élection le traitement des cancers externes, en dermatologie. Mais l'emploi de fibres optiques endoscopiques permet également d'acheminer le faisceau lumineux dans un organe interne. « Son usage pour le traitement du cholangiocarcinome (cancer des voies biliaires) augmente la durée de survie de plus d'un an, tout en améliorant le confort des malades », assure Marie-Ange d'Hallewin, chercheuse au Centre de recherche en automatique de Nancy (Cran)⁸. Si la photochimiothérapie est d'emploi facile en dermatologie puisqu'une lampe à ultraviolets suffit, en revanche, le coût du laser et une certaine complexité dans la dosimétrie limitent encore la technique, pour les opérations endoscopiques, à quelques centres hospitaliers. Ce qui n'empêche pas le Cran de continuer à défricher cette voie d'avenir. Ses chercheurs ont notamment démontré qu'après une chirurgie de la vésie par endoscopie, une session de photochimiothérapie était béné-

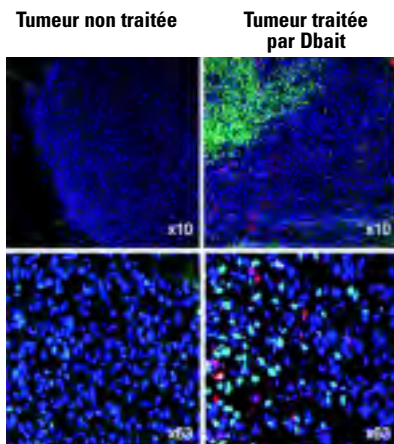
fique. Elle limite en effet le développement de cellules tumorales libérées lors de l'opération et réduit ainsi le risque de récidence.

DES LEURRES POUR CELLULES

Parallèlement aux recherches sur la chimiothérapie, les méthodes physiques de destruction de cellule font l'objet de recherches. En ligne de mire notamment : la radiothérapie, qui soigne par irradiation de rayons X, une technique très utilisée, efficace mais encore perfectible. Une séance de radiothérapie ne détruit en effet seulement que 30 à 50 pour cent des cellules cancéreuses. Un manque de réussite qui allonge la durée du traitement et donc amplifie les effets secondaires. Comment rendre la radiothérapie plus efficace ? Grâce à l'emploi de molécules leurres, propose l'équipe de Marie Dutreix, de l'unité « Génomotoxicologie et cycle cellulaire⁹ ». Testées sur des animaux, ces molécules ont hissé le rendement de la radiothérapie jusqu'à des valeurs comprises entre 75 et 100 pour cent ! Mais comment des molécules peuvent-elles agir de concert avec les rayonnements de la radiothérapie ? Les molécules leurres, ou Dbait dans le jargon des biologistes, sont en fait des fragments d'ADN recréés artificiellement. Une fois injectées dans une cellule tumorale, elles donnent l'illusion à celle-ci que son matériel génétique est en train d'être endommagé. La cellule enclenche alors des mécanismes de réparation, mécanismes qui sont ensuite à nouveau sollicités lorsqu'entre en jeu la radiothérapie dont la fonction est de casser les brins d'ADN avec les rayons X. Au final, la cellule se croit être la cible d'une attaque généralisée et s'autodétruit via le suicide cellulaire, l'apoptose.

Les molécules Dbait seront testées pour les examens précliniques réglementaires au début de l'année 2010 et les premiers essais cliniques associant radiothérapie et Dbait devraient débuter en fin d'année 2010 sur des patients atteints de métastases locales cutanées. Bonne nouvelle : « Nous avons recherché en vain des tumeurs qui présenteraient une résistance à ce traitement combiné :

Les molécules nommées Dbait (en rouge) donnent l'illusion aux cellules (en bleu) que leur matériel génétique est détérioré. Les molécules leurrées (en vert) se suicident alors par apoptose. Utilisé conjointement avec la radiothérapie, ce mécanisme pourrait doubler l'efficacité des rayons ionisants.



© M. Dutreix



© H. Raquet/BSIP

à ce jour toutes les tumeurs greffées sur des souris et sur lesquelles nous l'avons testé répondent au double traitement », révèle Marie Dutreix.

Autre point d'amélioration de la radiothérapie, la précision. En effet, les fougueux rayons X ne s'arrêtent pas au niveau de la tumeur, mais continuent de cheminer et s'en vont détruire des cellules saines aux alentours. Pour soigner les tumeurs sensibles, comme celles des yeux ou du cerveau, biologistes et physiciens ont mis au point une technique alternative : la protonthérapie. Sur le papier, la technique est idéale : elle consiste à remplacer les rayons X par un flux de protons. Côté précision, les médecins passent du tromblon au fusil à lunettes. En outre, les faisceaux de protons déposent leur énergie principalement en fin de course et n'abiment donc pas les tissus traversés.

Seul hic : la fabrication d'un flux de protons demande l'installation d'un coûteux et encombrant accélérateur de particules dans l'hôpital. D'où l'existence aujourd'hui de seulement quatre centres de protonthérapie en France, dont un en construction à Lyon. La méthode explorée par Julien Fuchs et ses collègues du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (Luli)¹⁰, pourrait permettre de démocratiser la protonthérapie. Elle repose sur un phénomène découvert en 2000 : en traversant une très fine feuille de métal, une impulsion laser brève et intense arrache des protons de la face arrière du métal. En focalisant les protons créés, on parviendrait à construire une usine à protons de taille modeste. Il faudra toutefois être patient avant de croiser dans un hôpital un appareil basé sur ce principe. « Les lasers à haut taux de répétition et forte puissance sont encore à un stade de balbutiement, expli-

que Julien Fuchs. Nous avons comme projet de réaliser un laser d'énergie de quelques dizaines de joules. C'est un premier stade, mais ce sera sans doute encore insuffisant pour les applications en protonthérapie. »

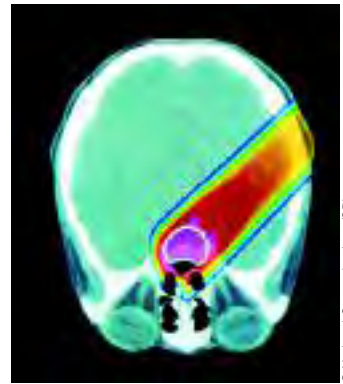
Devant l'ensemble des avancées fondamentales ou techniques dans le traitement du cancer qui se profilent, une chose est sûre : l'arsenal thérapeutique du médecin oncologue va considérablement s'étoffer dans la prochaine décennie.

Xavier Müller

1. Unité CNRS / École supérieure de physique chimie industrielle de Paris, Universités Paris-VI et -VII.
2. Les ondes de cisaillement correspondent à des vibrations des tissus perpendiculaires et non parallèles à la direction de propagation.
3. Lire *Le Journal du CNRS* n°226, « De bonnes ondes pour l'imagerie médicale ».
4. Unité CNRS / Institut Curie.
5. Celles de Jean-Paul Briand au laboratoire Immunologie et chimie thérapeutiques du CNRS et José Courty au Laboratoire de recherche sur la croissance cellulaire, la réparation et la régénération tissulaire (Unité CNRS / Université Paris-XII).
6. Lire *Le Journal du CNRS* n°236, « Soigner grâce aux peptides ».
7. Unité CNRS / Université Paris-XI / Institut Gustave-Roussy.
8. Unité CNRS / INPL / Nancy-université.
9. Unité CNRS/ Institut Curie.
10. Unité CEA / Université Paris-VI / École polytechnique.

CONTACTS

- **Ara Hovanessian**, ara.hovanessian@ext.parisdescartes.fr
- **Luis Mir**, luismir@igr.fr
- **Mathias Fink**, mathias.fink@espci.fr
- **Marie-Ange d'Hallewin**, m.dhallewin@nancy.fnclcc.fr
- **Marie Dutreix**, marie.dutreix@curie.u-psud.fr
- **Julien Fuchs**, julien.fuchs@polytechnique.fr



© National Cancer Institute/BSIP

Lors d'une protonthérapie, les cellules tumorales (en rose) sont détruites par un flux de protons (en rouge) avec une précision extrême et sans dégât pour l'environnement cellulaire.

Patient traité par protonthérapie. Il faut aujourd'hui d'imposants synchrotrons pour obtenir un flux de protons. Une technique moins coûteuse basée sur des lasers est en cours de développement.

POUR EN SAVOIR PLUS

À LIRE

> **Se mobiliser pour la santé.**

Des associations de patients témoignent, Madeleine Akrich, Cécile Meadel et Vololona Rabeharisoa, éd. Presses des Mines, coll. « Sciences sociales », 2009.

> **Les origines du cancer**, Louise Harel, éd. Puf, coll. « Que sais-je ? », 2008.

> **La santé est dans votre assiette**, Annie Hubert, éd. Erès, coll. « Même pas vrai », 2007.

> **Peut-on vaincre le cancer ?**, Laurent Degos, éd. Le Pommier, 2004.

> **Quelle médecine voulons-nous ?**, Isabelle Baszanger, Martine Bungener, Anne Paillet, éd. La Dispute, 2002.

> **Le cancer**, Jacques Rouëssé, éd. Le Cavalier Bleu, coll. « Idées reçues » 2001.

À VOIR

> **Cellules et prolifération cellulaire** (2008, 27 min) de Antoine Spire et Didier Deleskiewicz, produit par CNRS Images. http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1947

> **Guérir en nanos** (2007, 15 min) de Marcel Dalaize, produit par CNRS Images. http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=1833&rang=2

Contact : Véronique Goret, CNRS Images – Vidéotheque, Tél. : 01 45 07 59 69 – videotheque.vente@cnrs-bellevue.fr



EXPÉDITION AUX GALÁPAGOS

Sur les traces de Darwin



3



2

En pleine année Darwin, le paléontologue Sébastien Steyer et son équipe ont refait l'extraordinaire voyage du naturaliste aux Galápagos. Le but : observer la faune et la flore, uniques au monde, de l'archipel et tâcher de comprendre comment la théorie de l'évolution a fait son chemin dans l'esprit du célèbre naturaliste.



4



5



6



7



8



9

28 juin. Soirée pluvieuse dans la mangrove. Au retour, juste avant la nuit, surprise : un iguane marin en train de manger non pas une algue mais une plante grasse terrestre ! » L'auteur de ces lignes, consignées dans un carnet de voyage illustré, est Sébastien Steyer, paléontologue au Centre de recherche sur la paléo-biodiversité et les paléoenvironnements ¹. Le 25 mai dernier, il s'est envolé pour une expédition de quinze jours aux îles Galápagos. « Avant mon départ, raconte-t-il, mes collègues n'arrêtaient pas de me dire : "Que vas-tu donc faire aux Galápagos ? Il n'y a pas de fossiles !" Mais je n'y allais pas pour faire mon travail habituel de paléontologue. Un des principaux objectifs de cette mission était de marcher sur les pas de Darwin afin de mieux comprendre comment a germé sa fameuse théorie de l'évolution. » Dans l'équipe de Sébastien, il y a Samuel Martin. Biologiste de la conservation, il est également directeur de la Ferme aux crocodiles de Pierrelatte, dans la Drôme, une ferme éducative abritant des espèces exotiques, qui a financé l'ex-

pédition ². Du voyage également : Frédéric Pautz, botaniste, Béatrice Langevin, vétérinaire herpétologue ³, André Servan, producteur et réalisateur ainsi que sa femme Myriam, photographe animalier. Dès l'arrivée à l'aéroport, le ton est donné : tout le monde passe par un pédiluve pour se débarrasser d'éventuels insectes, graines et autres espèces qui pourraient envahir l'archipel. C'est que le gouvernement équatorien prend d'extrêmes précautions pour préserver la biodiversité si particulière de ce chapelet d'une quinzaine d'îles volcaniques. Elles constituent en effet le parc national des Galápagos, classé au Patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1978. Sur ces terres sacrées qui baignent dans les eaux turquoise de l'océan Pacifique à mille kilomètres au large de l'Équateur, les six compagnons de route ont refait une partie du voyage de Charles Darwin. Un voyage entamé il y a 178 ans, le 27 décembre 1831. Ce jour-là, le naturaliste, âgé de 22 ans, embarque sur le *HMS Beagle*, pour un périple de cinq ans ➤

1 Les iguanes marins, symboles des Galápagos, ne sont pas si marins que ça. Ils passent de longues heures sur la terre ferme à se chauffer sur les rochers noirs.

2 Sébastien Steyer et Samuel Martin observent la caldeira Sierra Negra qui mesure une dizaine de kilomètres de diamètre.

3 La grande frégate des Galápagos est un des oiseaux marins de l'archipel.

4 Quand les îles Galápagos ont émergé de la mer, il y a quelques millions d'années, elles étaient exemptes de végétation. Au gré des courants marins, vents ou tempêtes, des graines du continent ont traversé 1000 kilomètres et s'y sont installées.

5 L'écorce de ce cactus très présent aux Galápagos est composée de raquettes qui se soudent les unes aux autres pour former un véritable tronc.

6 *Grapsus grapsus* ou Sally-pied-léger, est un crabe très répandu le long des côtes et archipels d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale.

7 Les célèbres tortues à la carapace en selle de cheval, *galápagos* en espagnol, ont donné leur nom à l'archipel.

8 D'une île à l'autre, Darwin a remarqué chez les tortues des variations de taille et de forme au niveau de la carapace, de la tête et de certaines écailles. Il a soupçonné que toutes ces formes provenaient du même groupe.

9 Au centre de biologie de la conservation, les scientifiques étudient un échantillon de plus de cent tortues.



10 Lorsque des coulées de lave s'échouent dans la mer, il ne finit par rester que les croûtes, qui forment une succession d'arches volcaniques.

11 Les scientifiques observent une coulée de lave très récente. Elle n'a que quelques mois et témoigne de l'activité volcanique permanente de l'archipel.

12 La paruline jaune est, avec les fameux pinsons de Darwin, une des espèces d'oiseaux non marins des Galápagos.

13 Les fous à pattes bleues sont une autre espèce emblématique des Galápagos. La couleur varie légèrement d'un individu à l'autre.

14 Darwin a rejeté à plusieurs reprises un iguane marin au large. À chaque fois, il revenait sur la côte. Darwin émit l'hypothèse que les iguanes marins étaient d'origine terrestre.



11

➤ autour du monde. Issu du milieu conservateur de la bourgeoisie victorienne et anglicane, Darwin est alors encore créationniste et fixiste : il est persuadé que les êtres vivants ont été créés par Dieu et qu'ils n'évoluent pas. Mais au fil de ses observations minutieuses de la faune et de la flore, il va commencer à avoir des doutes. En 1835, son séjour de cinq semaines aux îles Galápagos, à l'époque appelées les îles enchantées, ne fera que les renforcer. « On le comprend ! Les îles Galápagos constituent un véritable laboratoire évolutif, témoigne Sébastien Steyer. On sait aujourd'hui que tous les êtres vivants qui sont arrivés sur ces îles, notamment grâce à une convergence exceptionnelle de courants marins, se sont adaptés à l'île sur laquelle ils ont atterri. Les quinze îles principales ne sont pas connectées entre elles et toutes sont différentes. Du coup, on y croise un grand nombre de formes diverses au sein d'une même espèce. Prenons l'exemple du pinson endémique de l'archipel : on rencontre pratiquement autant de formes de bec qu'il y a d'îles. Darwin a forcément fait le lien entre cet oiseau, avec son type de bec donné, et le type de végétation disponible sur l'île où il vit. Cela a dû contribuer à renforcer ses soupçons sur le créationnisme. » L'équipe est bien sûr allée à la rencontre d'une autre espèce endémique des îles enchantées : l'iguane marin, ce lézard de couleur noire cendrée, au faciès couvert d'écailles et au corps surmonté d'une longue crête, que l'on ne trouve nulle part ailleurs dans le monde. À l'observer, les scientifiques



12



13

ont noté, comme Darwin auparavant, sa grande similitude avec son cousin l'iguane terrestre, que l'on rencontre sur certaines îles. « Comme lui, l'iguane marin se nourrit, en plus des algues, de *Sesuvium*, une plante terrestre qui pousse au bord de la lagune, explique le paléontologue. Il passe également beaucoup de temps sur terre, à se réchauffer sur les rochers noirs. » Autre espèce emblématique des Galápagos : les tortues géantes. Les chercheurs les ont observées en milieu protégé, au centre Charles Darwin de biologie de la conservation. Mais cette visite avait surtout pour but le rapprochement de ce centre très actif avec la Ferme aux crocodiles et le CNRS. Un rapprochement fructueux : le centre équatorien vient d'offrir à la Ferme huit jeunes tortues qui partagent aujourd'hui la vedette avec 350 spécimens de crocodiles.

De retour, Sébastien Steyer a déjà plusieurs projets en tête : d'abord la publication de son carnet de voyage¹. Et puis, si possible, une nouvelle expédition en collaboration avec la Ferme aux crocodiles. Cette fois, pour suivre les traces de Bougainville...

Ulysse Fudour

1. Laboratoire CNRS / MNHN / Université Paris-VI.
2. Avec l'association « SOS Crocodiles ».
3. Spécialiste des reptiles et des amphibiens.
4. Sébastien Steyer est également auteur de *La Terre avant les dinosaures*, illustrations Alain Bénétou, Éditions Belin, coll. « Bibliothèque scientifique », 2009, 208 p.

➔ **En ligne** : Dossier Sagascience : "Darwin. Le voyage d'un naturaliste autour du monde" <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosdarwin/darwin.html> et www.cnrs.fr/darwin

CONTACT

➔ **Sébastien Steyer**
Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements, Paris
steyer@mnhn.fr

Colomban de Vargas

Biologiste

L'appel de la mer

On dit souvent que les biologistes ressemblent à leur objet d'étude, plaisante Colomban de Vargas. C'est vrai : j'ai une vie de plancton ! » Comme ces organismes en suspension, le chercheur du laboratoire « Adaptation et diversité en milieu marin¹ », à Roscoff, sillonne les mers. Hier, il naviguait dans un fjord de Norvège. Aujourd'hui, il se hâte sur le port de Roscoff, non loin de son bureau de la station biologique. Demain, il mettra le pied sur le voilier Tara, en escale à Barcelone avant de reprendre l'expédition de trois ans dans laquelle le CNRS est très impliqué, et dont le biologiste de 38 ans est l'un des coordinateurs².

Colomban de Vargas n'a pas toujours eu les pieds dans l'eau. Né à Paris, cet « enfant des montagnes » grandit et étudie en Suisse. Il vit aussi au Tchad, loin des côtes... La mer, il la découvre dans les émissions du commandant Cousteau, les seules qu'il est autorisé à regarder. Et il s'y plonge pour la première fois à sept ans, lors de vacances en Bretagne. Submergé d'émotions. En master d'océanographie biologique, il parcourt les atolls des Tuamotu, dans le Pacifique. De retour à Genève, il commence une thèse sur les protistes, organismes unicellulaires et eucaryotes (avec un noyau) particulièrement importants dans le plancton. Ce cinquième élément du vivant reste méconnu, bien moins étudié que les plantes, les animaux, les bactéries et les virus. Pour Colomban, ce sont des objets de recherche idéaux. Assez nombreux et variés pour satisfaire son inextinguible besoin « d'aller vers l'inconnu. Et le moyen de quitter les montagnes ! » Le Franco-Suisse au prénom irlandais, au nom espagnol et dont le père est né en Chine, effectue ainsi, en 1997, son premier périple scientifique, d'Angleterre aux Falkland. Armé d'une loupe et d'un filet à plancton.

Ce qui le passionne ? « L'interface entre organismes et environnement, les liens entre l'évolution de la vie et celle, physicochimique, de notre planète. » Là-encore, les protistes le comblent : ils utilisent leur membrane pour intégrer des éléments (chimiques, de la matière organique ou même des



© C. Labedinsky/CNRS Photothèque

“ Les protistes sont la plus belle archive fossile du vivant et de ses relations avec les climats. ”

proies), les transformer et les utiliser pour bâtir des structures en calcaire, en verre... Colomban de Vargas, en bon biologiste, leur ressemble, un peu : il apprécie l'échange. En témoigne la façon dont il évoque ses rencontres avec certains professeurs et son désir de transmettre le savoir. Comme à la *Rutgers University*, où il a enseigné après son postdoctorat à Harvard (États-Unis). Les protistes étanchent aussi sa soif d'interdisciplinarité. En particulier en géologie et paléontologie : les protistes morts qui s'accumulent depuis un milliard d'années « nous renseignent sur l'évolution de la Terre, dit Colomban, l'œil pétillant. De ce que leur squelette a absorbé, on peut déduire leur époque et leur environnement. Ils sont la plus belle archive fossile du vivant et de ses relations avec les climats. »

Pour ce petit-fils de diplômés des Beaux-Arts, « un des rares scientifiques de la famille », un autre domaine compte : l'art. Utile en biologie car il fait appel à « l'intuition » et à « l'introspection », l'art permet aussi de décrire les protistes, « aux formes inimaginables ! Agnès B, mécène de l'expédition Tara, les trouve pas mal du tout... » L'inventeur du mot protiste, Ernst Haeckel, louait déjà leur beauté. Mais « pour lui, c'était de la poussière philosophique, une fantaisie de l'évolution sans rôle particulier. Il se trompait. »

Et pour cause. Selon de récents travaux de Colomban de Vargas et son équipe, la sexualité pourrait trouver son origine dans la manière dont le protiste *Emiliana huxleyi* change radicalement de corps pour échapper à un virus³. Les protistes océaniques représentent aussi « un élément majeur de la biodiversité et de l'écologie globale » en pro-

duisant énormément d'oxygène et en emportant au fond de l'eau une partie du carbone atmosphérique absorbé par les mers.

L'expédition Tara Océans, partie en septembre, permettra de bien mieux les connaître. Colomban de Vargas, à bord du navire de Lorient, la ville du départ, à Lisbonne, embarquera à nouveau en Méditerranée et dans les océans Indien, Atlantique, Pacifique. Après la récolte du plancton, sa jeune équipe (qu'il dirige depuis son entrée au CNRS en 2006) emploiera des méthodes nouvelles de séquençage génétique massif et de microscopie à haut débit. Les chercheurs espèrent mieux comprendre structure et dynamique du plancton, découvrir et recenser les protistes, décrypter leur composition, analyser leur capacité d'adaptation à des océans plus ou moins acides, et l'impact de ces adaptations sur le climat. Crucial à un moment où acidification des mers liée à l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère et changement climatique inquiètent.

Mathieu Hautemulle

➔ **Pour en savoir plus** : http://oceans.taraexpeditions.org/?id_page=1
<http://www2.cnrs.fr/presse/communiquel644.htm>

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-VI.
2. Lire *Le Journal du CNRS* n°234-235.
3. Lire *Le Journal du CNRS* n°227.

CONTACT

➔ **Colomban de Vargas**
Laboratoire « Adaptation et diversité en milieu marin », Roscoff
vargas@sb-roscoff.fr

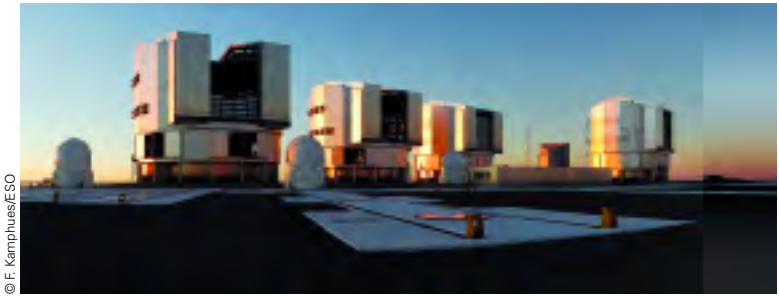
OBSERVATOIRE EUROPÉEN AUSTRAL

L'espace vu de la Terre

Directeur de l'Institut d'astrophysique de Paris¹, Laurent Vigroux est également depuis janvier dernier président du conseil de l'Observatoire européen austral (ESO). Il explique le rôle de cette organisation et en détaille les projets futurs.

Qu'est ce que l'Observatoire européen austral ?

Laurent Vigroux : Il s'agit d'une organisation intergouvernementale créée en 1962 sur le modèle du Cern (Organisation européenne pour la recherche nucléaire) dans le but de développer l'astronomie moderne en Europe. À l'époque, l'objectif des cinq pays fondateurs (Allemagne, France, Pays-Bas, Belgique, Suède) était de construire à La Silla au Chili, un télescope de quatre mètres dédié à l'étude de trois objets difficilement observables à partir de l'hémisphère Nord : le centre de notre galaxie, la Voie lactée, et les Nuages de Magellan, c'est-à-dire les deux galaxies les plus proches de la nôtre. Comme ce premier instrument et ceux qui s'y sont ajoutés au cours des années 1970 ont donné d'excellents résultats, d'autres pays ont, plus tard, décidé de rejoindre l'ESO. Grâce à la contribution financière et technique de ces nouveaux arrivants, il a alors été possible de se lancer dans des projets plus ambitieux dont le plus connu est



© F. Kamphuis/ESO

la construction dans les années 1990, sur le mont Paranal au Chili, des quatre télescopes de huit mètres du fameux *Very Large Telescope* (VLT), un observatoire qui est de nos jours considéré comme le meilleur au monde. En 2009, l'ESO compte quatorze états-membres et possède une vingtaine

d'instruments, sur les sites de La Silla et du mont Paranal. À eux tous, ils permettent de réaliser des observations du ciel dans à peu près toutes les longueurs d'onde. De plus, à la différence de l'Agence spatiale européenne qui consacre une bonne part de son activité aux lanceurs ou à l'observation de la Terre, l'ESO ne s'occupe que d'astronomie. Ce qui lui donne une plus grande importance aux yeux de la communauté scientifique. Pour vous donner une idée de l'intérêt que portent les astronomes à l'ESO, sachez que lors de notre dernier appel à propositions d'observations, nous avons reçu plus de 1 200 demandes d'utilisation des télescopes : sept fois ce que nous pouvions accorder ! Actuellement, c'est plus d'un article scientifique consacré à des études réalisées avec le VLT qui sort par jour : 400 par an ! Et il faut rajouter à ce chiffre les 250 à 300 publications annuelles qui concernent des découvertes faites à l'aide du VLTI (*Very Large Telescope Interferometer*), le mode interférométrique du VLT², ou des télescopes de La Silla.

L'ESO est donc aujourd'hui une véritable machine à produire de la science à qui l'on doit des résultats aussi spectaculaires que l'évaluation, l'année dernière, de la masse du trou noir logé au centre de notre galaxie, ou encore la réalisation, en 2005, de la première image d'une exoplanète par des équipes internationales auxquelles participait le CNRS.

Quel est le poids de l'ESO dans l'astronomie mondiale ?

L.V. : L'ESO occupe une place unique dans la discipline dans la mesure où il est la plus grande organisation en charge d'instruments au sol : tous les grands pays européens en sont membres. Aucune région du monde, même les États-Unis où les télescopes appartiennent généralement à des universités ou à des consortiums privés, ne possède une structure comparable, c'est-à-dire une organisation capable de jouer un rôle fédérateur à l'échelle d'un continent, doté d'un budget annuel et disposant à demeure d'un personnel qualifié.

Le *Very Large Telescope* (VLT) est aujourd'hui considéré comme le meilleur observatoire du monde.

Quelles relations entretient l'ESO avec les agences spatiales ? Y-a-t-il concurrence entre l'astronomie spatiale et au sol ?

L.V. : Non, certainement pas, car ces deux branches de l'astronomie sont complémentaires. Pour réaliser des images d'exoplanètes, un télescope de 40 mètres installé au sol est indispensable. Mais pour repérer les zones vers lesquelles pointer cet instrument, il faut disposer d'un télescope spatial du type Corot (du Centre national d'études spatiales). De même, l'étude du ciel à certaines longueurs d'onde – comme le domaine des rayons X et gamma ou même l'infrarouge lointain – n'est pas possible à partir du sol. C'est pourquoi nous avons besoin des initiatives qui sont prises en dehors de l'ESO. D'autant que tous les moyens d'observations terrestres ne sont pas représentés dans notre organisation. L'ESO ne fait pas de radioastronomie ou ne participe pas à des instruments d'astrophysique des hautes énergies comme Hess ou Auger.

Comment est organisé l'ESO ?

L.V. : Le budget annuel de l'ESO est d'un peu plus de 130 millions d'euros venant essentiellement des contributions de chaque état-membre proportionnellement à son PIB. Environ 40 % de cette somme est utilisée pour les opérations et dans le cadre de contrats industriels portant sur la construction des télescopes et de leur instrumentation. Le reste sert à payer le personnel, soit 650 personnes réparties entre le siège de l'ESO

L'ESO représente l'Europe au sein du projet international ALMA qui vise à construire d'ici 2013 sur le site de Llano de Chajnantor, au Nord du Chili, un interféromètre géant à plus de 5 000 mètres d'altitude.



© ESO/NAOJ/NRAO

près de Munich (Allemagne) et les observatoires du Chili. Du point de vue organisationnel, l'observatoire est dirigé par un conseil, dont je suis le président depuis le début de l'année, au sein duquel chaque état-membre dispose de deux représentants. C'est cette instance qui est chargée de nommer le directeur général, de voter le budget et de fixer les grandes orientations politiques. Par ailleurs, il est important de savoir qu'en général, ce n'est pas l'ESO qui construit les instruments qui équipent ses télescopes. Il lance des appels d'offres auxquels répondent les laboratoires des états-membres en échange de l'attribution de temps d'observation garantis. La France est d'ailleurs l'un des grands pays de ce domaine où elle s'est distinguée par ses idées originales sur l'optique adaptative, cette technique qui permet de corriger en temps réel grâce à un miroir déformable l'effet des perturbations introduites par l'atmosphère. Elle dispose, à l'Institut des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS, de plusieurs équipes spécialisées dont les plus connues sont regroupées dans des observatoires des sciences de l'Univers, à Marseille, Toulouse, Bordeaux, Grenoble, Nice et Lyon. À cela, il faut rajouter les groupes de l'observatoire de Paris et de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu) du CEA.

Comment va évoluer le parc d'instruments de l'ESO dans les prochaines années ?

L.V. : Le VLT est actuellement équipé de douze ins-

truments. Ceux-ci vont progressivement être remplacés par d'autres de la seconde génération dont deux font actuellement l'objet de développements en France. Dédiés à la recherche d'exoplanètes et à la spectroscopie dans le visible et l'infrarouge des galaxies lointaines, ces dispositifs appelés Sphere, Muse et Kmos devraient être installés sur le site à partir de 2012 ou 2013. Le VLTI bénéficie lui aussi d'un plan d'instrumentation de seconde génération, avec une forte participation du CNRS.

Parallèlement à cela, l'ESO représente l'Europe au sein d'un vaste programme international appelé Alma auquel participent les États-Unis, le Canada, le Japon et Taïwan. Doté d'un budget de 800 millions d'euros versé pour moitié par l'ESO pour la partie européenne, celui-ci vise à construire à plus de 5 000 mètres d'altitude, sur le site de Llano de Chajnantor, au Nord du Chili, un interféromètre géant. Lorsqu'il sera opérationnel en 2013, ce réseau d'antennes permettra d'étudier la composition des nuages interstellaires, ces nuées de gaz et de poussières d'où sont vraisemblablement sorties les premières galaxies. Pour ce qui concerne l'après VLT, nous réalisons actuellement les études d'un télescope de 42 mètres : le E-ELT (*European Extremely Large Telescope*). Si elles s'avèrent concluantes, les pays-membres de l'ESO pourraient décider la construction de cet instrument, dont un des grands buts sera de réaliser des images d'exoplanètes pour fin 2010 ou mi-2011, avec une mise en service aux alentours de 2017 ou 2018. Mais tout dépend de la volonté politique des états. Car s'ils décident de soutenir ce projet estimé à environ un milliard d'euros, ceux-ci devront accepter d'augmenter sensiblement leurs contributions financières.

Propos recueillis par Vahé Ter Minassian

1. Unité CNRS / Université Paris-IV.
2. L'interférométrie est une méthode qui consiste à réaliser des images d'un objet cosmique en faisant travailler plusieurs télescopes de concert.

CONTACT

→ **Laurent Vigroux**
Institut d'astrophysique de Paris
vigroux@iap.fr

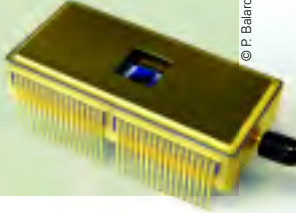
UNE CAMÉRA POUR FILMER L'UNIVERS

Un consortium de trois laboratoires français de l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu)¹ du CNRS vient d'achever pour le compte de l'ESO la mise au point d'une caméra ultrarapide et de très haute sensibilité pour l'optique adaptative. Capable de prendre 1 500 images par seconde dans une obscurité quasi complète, Ocam, financée pour moitié par la Commission européenne, l'ESO et l'Insu, a nécessité cinq ans de développement au sein du projet européen Opticon. Destiné à être utilisé notamment sur le futur instrument de seconde génération Sphere du VLT dédié à l'imagerie des exoplanètes, le dispositif permettra aux astronomes de mesurer puis corriger en temps réel avec une précision jusqu'ici inégalée, les turbulences atmosphériques responsables du brouillage des clichés des télescopes au sol. **V. T. M**

1. Laboratoire d'astrophysique de Grenoble (CNRS / Université Grenoble-I, Observatoire des sciences de l'Univers de Grenoble (CNRS / Université Grenoble-I / Institut polytechnique Grenoble), Laboratoire d'astrophysique de Marseille (CNRS / Université Aix-Marseille-I / Observatoire astronomique de Marseille-Provence) et Observatoire de Haute-Provence (CNRS).

Contacts :
Philippe Feautrier
philippe.feautrier@obs.ujf-grenoble.fr
Jean-Luc Gach
jean-luc.gach@oamp.fr

Détecteur de la caméra Ocam. Celle-ci pourra prendre 1 500 images par seconde dans une obscurité quasi complète.



© P. Balard/Laboratoire d'Astrophysique de Marseille/Univ. de Provence

TSUNAMI

Quinze minutes pour donner l’alerte

Le tsunami du 26 décembre 2004, avec 230 000 victimes, a réveillé les esprits : aucune côte n’est à l’abri de ces vagues meurtrières. La France va donc se doter d’un Centre régional d’alerte aux tsunamis pour l’Atlantique Nord-Est et la Méditerranée (Cratanem). Régional, parce qu’il s’insérera dans le dispositif mondial coordonné par l’Unesco qui est, pour l’instant, surtout opérationnel dans le Pacifique. Une convention-cadre a été signée en septembre dernier à l’instigation des ministères français de l’Inté-

rieur et de l’Environnement. Elle organise la collaboration entre l’Institut national des sciences de l’Univers du CNRS (Insu), le Commissariat à l’énergie atomique (CEA) et le Service hydrographique et océanographique de la marine (Shom). Objectif : mettre en place un système capable d’alerter les autorités françaises – et internationales – moins de quinze minutes après la survenue d’un séisme susceptible d’engendrer un tsunami menaçant les côtes françaises de l’Atlantique et de la Méditerranée.

« Évaluer rapidement le risque de formation d’un tsunami est une gageure, expliquent Helle Pedersen, du Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique (LGIT)¹ et Anne Deschamps, du laboratoire Géosciences Azur², qui coordonneront les efforts du CNRS pour ce projet. La nature même des ondes sismiques et des méthodes d’analyse fait que plus une secousse est importante, et susceptible de provoquer un tsunami, plus il faut de temps pour s’assurer de sa profondeur et de sa magnitude exactes. Il faut parfois des centaines de secondes. » Autrement dit de précieuses minutes quand les vagues qui menacent plages et côtes basses voyagent à plus de 500 km/h. Grâce à son réseau de détection des explosions nucléaires souterraines, basé entre autres sur des stations sismologiques à l’écoute des soubresauts de la Terre, le CEA est un acteur majeur des alertes sismiques euro-méditerranéennes. Quatre stations sismologiques de l’Insu installées en Corse et sur les côtes méditerranéennes viendront compléter le dispositif. Elles seront équipées d’un système de communications par satellite qui transmettra les mesures avec un décalage de quelques secondes seulement au Cratanem, installé au CEA à Bruyères-le-Châtel (Essonne). Le Shom fournira les mesures de hauteur d’eau de ses marégraphes. L’ensemble devrait être opérationnel fin 2012. Dans ce même esprit de collaboration, les données des sismographes du CEA viendront enrichir le réseau instrumental Resif³ mis en place par l’Insu – et piloté par Helle Pedersen – pour étudier les risques sismiques, la structure interne de la Terre et les ressources du sous-sol.

Denis Delbecq

- 1. Unité CNRS / Université Joseph-Fournier de Grenoble / Laboratoire central des Ponts et Chaussées / IRD / Université de Savoie / Observatoire des sciences de l’Univers de Grenoble.
- 2. Laboratoire CNRS / Université de Nice Sophia-Antipolis / IRD / Université Paris-VI / Observatoire de la Côte d’Azur.
- 3. Résif (Réseau sismologique français) est classé comme projet de Très grande infrastructure de recherche par le ministère de l’Enseignement supérieur et de la Recherche.

CONTACTS

→ **Helle Pedersen**
Laboratoire de géophysique interne et tectonophysique, Grenoble
helle.pedersen@obs.ujf-grenoble.fr
→ **Anne Deschamps**
Géosciences Azur, Nice
deschamps@geoazur.unice.fr



Gravure du XIX^e siècle représentant les terribles séisme et raz-de-marée qui ont causé la destruction de nombreux édifices à Lisbonne en 1755.

PROGRAMME EUROPÉEN SESAR

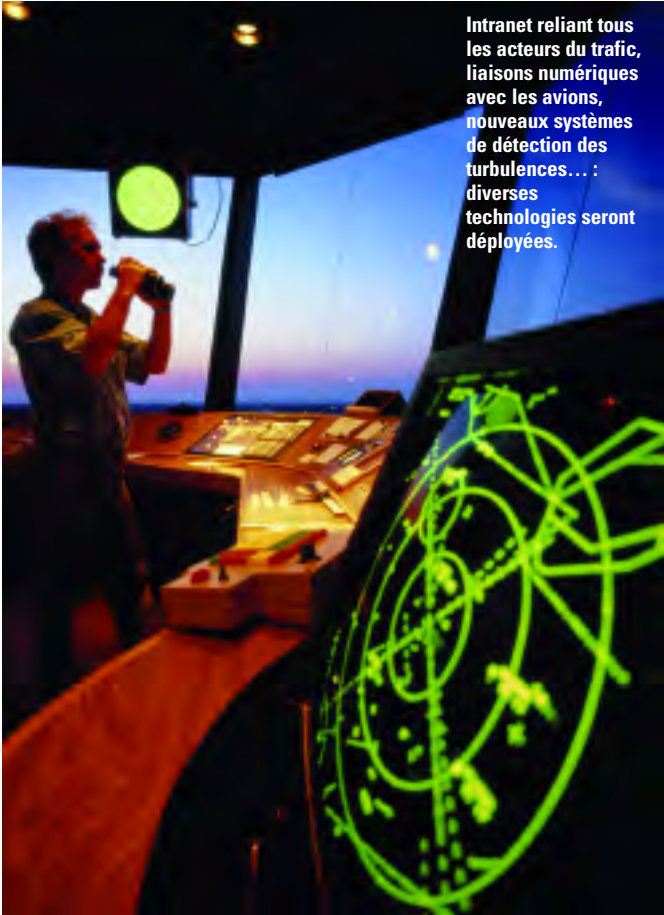
Moderniser le trafic aérien en Europe

Permettre un triplement du trafic dans le ciel européen, diviser par deux les frais de gestion, améliorer la sécurité d’un facteur dix et réduire de 10 % l’impact environnemental de chaque vol : tels sont les objectifs du programme Sesar¹ auquel participe le CNRS.

Mesdames, messieurs, ici votre commandant de bord. Je vous informe que le décollage de notre avion est retardé de vingt minutes. » Ce type d’annonces, les habitués des voyages en avion sur l’Europe risquent de l’entendre de plus en plus souvent. Car, avec près de 30 000 vols par jour en période de pointe, plus de dix millions de vols par an, 17 millions prévus pour 2020 et 20,4 millions pour 2030, le trafic aérien européen risque la paralysie si sa gestion et son contrôle ne sont pas rapidement modernisés. « Depuis la mise en place de la communication par radio et des radars, le contrôle aérien n’a que très peu évolué, explique en effet Philippe Baptiste, un des douze membres du comité scientifique de Sesar et directeur du Laboratoire d’informatique de l’École polytechnique (Lix)². Il reste dans une large mesure artisanal, très peu automatisé, et repose sur la capacité individuelle des contrôleurs à gérer toujours plus de trafic. » Pour éviter la congestion annoncée, un traitement de choc s’imposait. En 2007, la Commission européenne lance donc le programme Sesar, volet technologique de l’initiative « Ciel unique européen » visant à restructurer la gestion du trafic aérien sur le Vieux Continent, actuellement fragmentée en 27 systèmes nationaux différents ! « Les pertes économiques liées au manque d’efficacité du système sont estimées à entre 3 et 5 milliards d’euros par an, dont un milliard dû à cette fragmentation », souligne Alain Jeunemaître, également membre du comité scientifique de Sesar, et directeur de recherche au Pôle de recherche en économie et gestion de l’École polytechnique (Preg)³. Proportionnellement, la gestion du trafic aérien coûte deux fois moins cher aux États-Unis qu’en Europe, notamment parce qu’ils n’ont pas ce problème. »

LA TRAJECTOIRE OPTIMALE EXISTE

Pour atteindre ses objectifs, Sesar mise sur l’optimisation de la trajectoire des avions. Pour un vol donné, celle-ci sera définie de façon concertée entre les contrôleurs, les compagnies aériennes et autres utilisateurs de l’espace aérien (aéroports, jets d’affaires, aviations privée et militaire...). En



par de nouvelles fonctions automatisées ; nouveaux systèmes de détection des turbulences... Une fois mises au point, ces technologies seront déployées au sol puis sur les avions à partir de 2014.

RECHERCHE À LONG TERME

Parallèlement à ces développements technologiques en cours, le comité scientifique de Sesar construit des réseaux de recherche académique à plus long terme sur diverses thématiques : modélisation et optimisation du trafic aérien, interface contrôleur/ordinateur, amélioration de la performance économique du système... En France, plusieurs laboratoires du CNRS mènent des recherches dans ce domaine. À titre d’exemple, le Preg a étudié les pistes de restructuration du contrôle aérien européen pour en réduire le coût, et le Lix a travaillé sur les aspects de modélisation du trafic. En 2002, 71 personnes trouvèrent la mort lors de la collision entre deux avions au dessus du lac de Constance en Suisse. En cause : la défaillance du contrôle aérien. La contribution des meilleures équipes de recherche sera nécessaire pour moderniser le trafic

aérien européen dont les limites peuvent avoir des conséquences dramatiques.

Jean-Philippe Braly

→ À voir : <http://www.sesarju.eu>

- 1. Single European Sky Air Traffic Management and Research. Son budget actuel s’élève à 2,1 milliards d’euros répartis entre la Commission européenne, Eurocontrol (organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne), et 15 partenaires industriels.
- 2. Laboratoire CNRS / École polytechnique.
- 3. Laboratoire CNRS / École polytechnique.

CONTACTS

→ **Patrick Ky**
Sesar Joint Undertaking, Bruxelles
Patrick.ky@sesarju.eu
→ **Philippe Baptiste**
Laboratoire d’informatique de l’École polytechnique (Lix), Palaiseau
Philippe.Baptiste@polytechnique.fr
→ **Alain Jeunemaître**
Pôle de recherche en économie et gestion de l’École polytechnique (Preg), Paris
alain.jeunemaître@polytechnique.edu

Vous avez dit Univers?

Venez découvrir des images exceptionnelles de l’Univers
Couloir de la station de métro Montparnasse, Paris. Jusqu’au 15 janvier 2010

Logos: CNRS, CEA, DATP, 2009

Doyle McKey

L'aventurier de l'interaction

Des forêts camerounaises aux savanes de Guyane en passant par les champs de manioc cultivés en Amazonie, les « *terrains de jeu* » de Doyle McKey ne sont jamais très loin de l'équateur. Pour ce chercheur en écologie évolutive aux faux airs de Robin Williams, la biodiversité des tropiques est un trésor : « *on peut trouver parfois dans un même lieu jusqu'à 30 espèces d'un seul genre ! Cette richesse permet de faire de la biologie comparée à une échelle impossible dans d'autres écosystèmes.* » L'Américain de 60 ans est spécialiste de la coévolution dans les cas d'interactions entre plantes et animaux au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (Cefe) ¹, à Montpellier. Au fil de sa carrière, il a développé trois grands thèmes de recherche : l'association entre plantes et fourmis, l'évolution du manioc sélectionné par la pratique agricole et, dernièrement, l'étude archéologique et écologique des savanes côtières de Guyane.

Petit, ce natif du Texas s'imaginait tour à tour explorateur, à l'image de ses héros Davy Crockett et Daniel Boone, ou naturaliste comme son chef scout de l'époque. À l'heure de choisir sa formation universitaire, le jeune Doyle privilégie celle qui dispense le plus de cours sur le terrain et s'oriente vers des études de gestion de la faune. Il y découvre l'écologie tropicale et « *mord à l'hameçon* » articule-t-il, satisfait de pouvoir employer des expressions imagées à la française. L'écologue Daniel Janzen, aujourd'hui mondialement connu ², deviendra son directeur de thèse. Tandis que Doyle McKey s'initie à l'espagnol pour travailler au Costa Rica, Daniel Janzen lui propose un sujet au Cameroun. « *Cinq semaines plus tard, je décollais pour l'Afrique avec dans mes bagages : Apprendre le français en 90 jours et Les trois Mousquetaires.* » Et d'ajouter avec malice : « *ils furent vite remplacés par le commissaire San Antonio.* » Commencent sept ans de thèse, dont quatre de terrain. « *Ces années au Cameroun m'auront donné des idées de recherches pour le reste de ma vie !* » L'Américain devient « *francophone puis francophile* », si bien qu'il épouse une Française et finit par décrocher un poste à l'université Montpellier-II en 1995, en accueil au Cefe, où sa femme travaille déjà. Dès son arrivée en France, il attaque des recherches sur le manioc parallèlement à celles

sur les interactions entre plantes et fourmis sur lesquelles il bûche depuis plusieurs années. Le scientifique et ses étudiants ont montré comment, de manière empirique, les agriculteurs amérindiens gèrent durablement leurs champs en combinant bouturage et reproduction sexuée afin de conserver la diversité et le potentiel adaptatif du manioc. Ces recherches lui ont valu le prix Terra Ficara (Fondation Yves Rocher/ Institut de France) en 2006. L'année suivante, il lance un vaste projet interdisciplinaire sur les savanes côtières d'Amazonie ³. Ces paysages sont caractérisés par une multitude de petites buttes, vestiges des champs surélevés précolombiens. Mais comment, après 800 ans d'abandon et de pluies tropicales, ces monticules ont-ils pu traverser les âges ? Doyle McKey soupçonne déjà que « *ces paysages construits par des hommes ont été maintenus par des organismes ingénieurs* » : plantes, vers, termites, fourmis... Bref, encore une histoire d'interactions. On vous avait prévenu !

Caroline Dangleant

1. Unité CNRS / Universités Montpellier-I, -II et -III / Ensa Montpellier / Cirad / École pratique des hautes études, Paris.
2. Daniel Janzen a reçu le prix Crafoord en 1984, équivalent au prix Nobel de l'écologie.
3. Le projet *Savanes côtières*, financé par le CNRS dans le cadre du programme interdisciplinaire « Amazonie 2 », rassemble biologistes, écologues, pédologues, anthropologues, archéobotanistes et archéologues.

CONTACT

→ **Doyle McKey**
Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive,
Montpellier
doyle.mckey@cefe.cnrs.fr

BRÈVES

Grande première en Asie

Le 7 octobre, le CNRS, la Nanyang Technological University (NTU) de Singapour et Thales ont créé Cintra, la première unité mixte internationale en Asie avec un partenaire industriel. Basée à Singapour, elle va se consacrer aux nanotechnologies pour l'électronique et à la photonique du futur. Elle est dirigée par Dominique Baillargeat, du laboratoire XLIM (CNRS/Université de Limoges), avec pour adjoints le professeur Tjin Swee Chuan de la NTU et le docteur Myriam Kaba de Thales.

> www2.cnrs.fr/presse/communique/1687.htm

Appel à candidatures

Les inscriptions pour les chaires internationales de recherche Blaise-Pascal, destinées aux chercheurs étrangers de toutes disciplines, sont ouvertes. Les candidatures peuvent être déposées jusqu'au 11 janvier 2010.

> Pour en savoir plus : www.chaires-blaise-pascal.org

PROJETS EUROPÉENS

Suivez le guide !

Monter un projet scientifique à l'échelle européenne n'a souvent rien d'une sinécure. Les ingénieurs projet européen (IPE) du CNRS sont là pour aider les chercheurs à se lancer dans cette aventure.

Vous souhaitez diriger un projet de recherche avec des partenaires européens et décrocher un contrat de la Commission européenne pour assurer son financement ? Malgré votre détermination, vous vous sentez parfois découragé devant les contraintes administratives imposées par Bruxelles ? Bénéficiez du soutien d'un ingénieur projet européen (IPE) de la Direction des affaires européennes (DAE) du CNRS. Mis en place au CNRS en 2003, et pour la première fois en Europe, lors du lancement du sixième programme-cadre de recherche et développement (PCRD), les IPE ont su en quelques années se faire une place dans la communauté scientifique en France et en Europe. Le besoin était net. Si les appels à propositions offrent chaque année plusieurs millions d'euros, seul un projet sur dix est retenu après évaluation par un comité de pairs. La compétition est rude, même pour le CNRS qui demeure pourtant le premier participant aux programmes communautaires, avec 884 contrats signés pour le sixième programme-cadre et bientôt 300 pour le septième qui a débuté en 2007.

La Commission exige de chaque candidature, outre un descriptif pertinent des recherches, « *des informations précises en terme de montage financier, de management des équipes européennes engagées, de valorisation (applications, transferts de technologies)* ainsi qu'une évaluation étayée de l'impact socioéconomique des recherches sur la société européenne », explique Monica Dietl, responsable du Bureau de Bruxelles de la DAE en charge de la coordination de ces IPE. Un travail qui exige du coordinateur scientifique du projet une légitimité parmi ses pairs, un engagement personnel « *sur plusieurs mois voire plusieurs années* » et des compétences qui dépassent largement le cadre de ses recherches. Malgré l'appui des services de partenariat et valorisation des délégations régionales de l'établissement, les dossiers montés en hâte peuvent être écartés par un processus d'évaluation devenu très sélectif. D'où l'idée du CNRS de recruter et de former des ingénieurs qui soient le trait d'union entre les chercheurs, les services du CNRS, les institutions partenaires et, parfois, les chargés d'affaires de la Commission européenne. Des IPE qui assurent le montage et le lancement des dossiers, sans pour autant intervenir dans le cœur scientifique du projet.



© J. Picaud pour le journal du CNRS

Un pool de neuf IPE est aujourd'hui en poste dans les délégations régionales du CNRS. Recrutés pour trois ans, ces ingénieurs sont placés auprès du coordinateur scientifique du projet, sous l'autorité de la DAE. Ils suivent un portefeuille de trois à cinq projets, traquent l'information la plus récente et la plus juste, rédigent en binôme avec le coordinateur les parties non-scientifiques du dossier et montent ensemble le budget.

« *Les IPE sont en charge de grands projets européens portés par le CNRS, des consortiums de recherche pouvant réunir jusqu'à trente partenaires européens.* » Malgré leur « *jeunesse* » – ils ont entre 25 et 35 ans –, les IPE sont de véritables « *spécialistes des programmes communautaires* ». Diplômés de Science-Po, juristes ou spécialistes en management de projets, rarement scientifiques, ils ont sillonné l'Europe et ses instituts avant de frapper aux portes du CNRS. Mar Roig-Ripoll, d'origine espagnole, recrutée en juin 2008, est actuellement, à 25 ans, la benjamine du groupe. Elle a ainsi passé deux ans au Collège d'Europe ¹ dans le cadre d'un échange Erasmus, un an dans une université anglaise, un an au Portugal en pre-

mière année de master, sept mois en stage à la délégation catalane de la Commission européenne à Bruxelles et une sixième année en Pologne. « *Multilingue catalan, espagnol, français, anglais et portugais* », Mar se dit également très « *à l'aise en Italien, polonais et russe* ». La jeune IPE gère avec professionnalisme le montage d'un projet de recherche « *confidentiel* » dans le domaine de la santé, évalué à douze millions d'euros. Si le projet est lancé et si son coordinateur le souhaite, un *European project manager* ² du CNRS pourra prendre la suite de l'IPE pour assurer le suivi des actions jusqu'à échéance du contrat de recherche, soit un maximum de six ans. Voilà de quoi rassurer les scientifiques les plus frileux à se lancer dans l'aventure européenne.

Séverine Lemaire-Duparcq

1. Le collège d'Europe est un institut universitaire de formation spécialisée dans les études européennes. Il est basé à Bruges et Varsovie.
2. Manager de projet européen.

CONTACT

→ **Monica Dietl**
Bureau du CNRS à Bruxelles
monica.dietl@cnrs-dir.fr

3 questions à...

Chantal Gascuel

Sous les pavés, la terre Connaître et gérer les sols urbains

Claude Cheverry et Chantal Gascuel, Éd. Omniscience, coll. « Écrin », septembre 2009, 208 p. – 25 €

Chantal Gascuel est hydropédologue, membre du Centre armoricain de recherche en environnement (CNRS / Universités de Rennes-I et -II / Inra / Agrocampus Ouest).

Ce « gentil coquelicot » sur la couverture de votre livre adresse en fait une véritable alerte aux gestionnaires des villes de France. Autrement dit : pourquoi cet ouvrage ?

Nous avons pris le coquelicot comme emblème parce que si cette plante fragile survit en ville, la nature aura toute sa place dans la cité. Les pédologues – les spécialistes du sol – se sont mobilisés dans le cadre de l'Année internationale de la planète Terre pour que les gestionnaires prennent le sol urbain véritablement en compte dans leurs décisions. Précisons que l'on entend par sol urbain non seulement celui qui est sous les pavés mais aussi celui des parcs, des jardins et celui qui entoure la ville. Il s'agit du sol dit surface et celui dit

volume (de deux à cinq mètres de profondeur). Ce sol n'est pas un sol agricole ou forestier. Il est l'empreinte de l'histoire de la ville avec ses activités, ses spots de pollution – d'où une composition hautement hétérogène qui le rend difficile à caractériser – et, sans doute, cause principale de l'oubli pendant des années chez les scientifiques et les gestionnaires, contrairement aux sols agricoles ou forestiers, il n'a pas vocation à produire de la biomasse alimentaire. Tout cela fait qu'il véhicule une image négative ou reste le grand absent de la ville dont il a intégré les divers déchets. Or, c'est une ressource limitée. L'urbanisation en consomme de plus en plus. Elle occupe des sols fertiles (70 % des

Français sont aujourd'hui dans les villes). Parvenir à contrôler cette urbanisation galopante est désormais un enjeu majeur. D'où la mobilisation ici de quarante auteurs de toutes disciplines.

Malgré cette image négative, ce sol a-t-il des fonctions importantes pour la ville ?

Bien sûr, puisque, grâce à lui, nous avons arbres, pelouses, jardins potagers ! L'homme peut ainsi garder en ville un contact essentiel avec la nature en la regardant, d'abord, et, très matériellement, en marchant. Il contrôle aussi l'eau : il avait un rôle de filtre qu'il a perdu par son imperméabilisation, par l'installation anarchique des réseaux (tuyaux, câbles) ce qui modifie la genèse des crues comme la qualité des eaux. C'est aussi un écosystème : même pollué, ce sol est un milieu vivant du fait de micro-organismes qui sont des acteurs de résilience (réparation) dans les pollutions. Des plantes, comme la violette calaminaire métal-

lophyte, par exemple, peuvent contribuer à la remédiation – remise en état – des sols pollués. Ces techniques ont été étudiées dans la plaine d'Achère, qui a reçu les eaux usées de la ville de Paris pendant deux cents ans. Toutes ces fonctions génèrent des transferts de matières, du sol vers les eaux, les plantes, l'atmosphère qui ont des conséquences sur la santé de l'homme et des écosystèmes.

Comment corriger l'oubli du sol pour aller vers une ville harmonieuse ?

On ne pourra pas toujours prélever des sols agricoles pour créer la nature dont la ville a besoin. Il faudra inventer des nouveaux matériaux pour les revêtements, améliorer la compréhension et les techniques de remédiation des sols pollués. Par ailleurs, les outils d'enregistrement des données sur le sol seront essentiels. La base de données Basias existe sur les anciens sites industriels mais il n'y a rien sur le suivi des caractéristiques et des interventions. Or, gérer les sols, c'est prendre en compte leurs caractéristiques pour décider de leur usage futur. Mais, vous savez, le sol urbain est l'affaire de tous : chercheurs, gestionnaires et habitants des villes.

Propos recueillis par A.L.



La fabrique du patrimoine De la cathédrale à la petite cuillère

Nathalie Heinich, éd. Maison des sciences de l'homme, septembre 2009, coll. « Ethnologie de la France », 288 p. – 21 €



Par quelles opérations un édifice ou un objet se trouve-t-il intégré au corpus du patrimoine ? Quels sont les critères, les étapes de l'obtention de ce statut juridique ? Quelles émotions sous-tendent les mobilisations des profanes en faveur des biens à préserver et, pour finir, quelles valeurs fondamentales posent la notion de patrimoine ? Par une spécialiste de la sociologie de l'art, une étude passionnante de l'inventaire patrimonial (pilote par le ministère de la Culture et de la Communication) qui, récemment, vient de reconnaître la borne Michelin.



L'hôpital dans la France du xx^e siècle

Christian Chevandier, éd. Perrin, coll. « Pour l'histoire », octobre 2009, 492 p. – 25 €

Il était une fois un hôpital où « l'on soignait mal et guérissait peu ». Mais, de la fin du XIX^e au début de ce XXI^e siècle, l'institution hospitalière a connu une formidable mutation. Jadis lieu d'accueil et de relégation, l'hôpital est devenu, surtout sous la Cinquième République, un

endroit où sont reconnus les droits du patient-citoyen. Historien, l'auteur retrace ici l'évolution de la médecine et de ses exécutants (médecins, personnel des services de soins, personnel administratif, directeurs et ouvriers) et, en parallèle obligatoire, celle de l'économie et du droit hospitalier. Histoire d'un colossal outil de soin.

Les grandes découvertes de l'archéologie méditerranéenne 1959 - 2009



Sous la direction de Joseph Césari, Xavier Delestre, Michel L'Hour, Henri Marchesi, éd. Actes sud, octobre 2009, 216 p. – 39 €

Issu du colloque « Archéologie des rives méditerranéennes : cinquante ans de recherche » (Arles, octobre 2009), cet imposant ouvrage entre dans les célébrations du cinquantenaire de la création du ministère des Affaires culturelles sous la responsabilité d'André Malraux. Une synthèse pour un large public sur les grandes étapes de l'évolution de l'archéologie durant ces cinquante dernières années, sous forme de notices consacrées à des sites et découvertes parmi les plus significatifs en Languedoc-Roussillon, Corse et Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Homme et animal, la question des frontières

Valérie Camos, Frank Cézilly, Pierre Guenancia, Jean-Pierre Sylvestre (coord.), éd. Quae, coll. « Update Sciences et technologies », juillet 2009, 216 p. – 35 €

Des scientifiques d'horizons variés (philosophes, éthologues, sociologues et biologistes) remettent ici en question la thèse de la singularité radicale de l'humain : du point de vue de l'identité psychologique et des performances cognitives, la différence entre les grands singes et l'homme ne serait pas de nature mais seulement de degrés ; pour la biologie, la distinction entre l'humain et les autres animaux est maintenue seulement comme une différence de complexité à l'intérieur de l'ordre naturel. Une réflexion éthique doit désormais prendre en compte l'instrumentalisation de l'animal, les menaces sur les espèces dues au développement industriel et la nécessité d'une véritable responsabilité morale des hommes à l'égard de leurs « frères inférieurs ».



Informé n'est pas communiquer

Dominique Wolton, éd. CNRS Éditions, coll. « Débats », octobre 2009, 64 p. – 6 €



« Avec la mondialisation de l'information, le moindre événement est rendu visible et apparemment plus compréhensible. Pour autant, il n'y a pas de lien direct entre l'augmentation du nombre d'informations et la compréhension du monde. Telle est la nouvelle donne du siècle qui s'ouvre : l'information ne crée pas la communication. Bien au contraire. » Cet inédit de Dominique Wolton explique le hiatus.

Vie et mort de la population mondiale

Hervé Le Bras, éd. Le Pommier, coll. « Le Collège de la Cité n° 4 », octobre 2009, 192 p. – 8,60 €

Selon l'ONU, la population de la Terre a franchi le seuil des six milliards six cent millions au 1^{er} janvier 2009. Que signifie un tel chiffre ? Mais, au fait, à partir de quelles valeurs peut-on calculer la population maximale « pouvant durablement vivre sur la planète » (45 évaluations variant de 4 à plus de 40 milliards ont été forgées entre 1650 et 2000) ? L'invention de la notion de « population mondiale », à la fois simple chiffre et abstraction, reviendrait-elle à se demander si la population menace la Terre ?



Mars : planète rouge ou bleue ?

Jean-Pierre Bibring, éd. Odile Jacob, novembre 2009, 224 p. – 23,90 €

Astrophysicien à l'Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay et responsable de plusieurs programmes d'exploration sur Mars, Jean-Pierre Bibring retrace ici l'évolution de la planète qui, sans doute, a le plus fasciné les esprits. Il raconte les prouesses technologiques et les trésors d'ingéniosité déployés par les chercheurs pour trouver de la vie sur Mars, souligne ce que ces travaux ont apporté dans la compréhension de la formation des planètes – y compris la nôtre – et dans la connaissance de la nature de la vie.

Prévenir les dégâts du travail : l'ergoprévention

Pierre Trinquet, préface du professeur Yves Schwartz, éd. Puf, coll. « Le travail humain », septembre 2009, 224 p. – 24 €

L'ergologie n'est pas une science mais une méthode d'appréhension de l'activité humaine dans sa globalité. Et l'ergoprévention en est la mise en œuvre dans le domaine de la prévention des risques du travail. Devant la recrudescence des dégâts « tous azimuts » au travail, Pierre Trinquet, enseignant-chercheur en ergoprévention aux universités Aix-Marseille-I et -II, propose ici, après *Maîtriser les risques du travail* (Puf, 1996), un ouvrage dont le premier chapitre s'intitule « Travail, mon ami, mais qu'est-ce qu'on a fait de toi ! » et se termine par un encouragement « C'est possible ! », sous-entendu de prévenir le fléau social (harcèlements, suicides, cancers, burn out...) qu'entraîne la négation du travail réel au profit du seul travail prescrit. Une méthode novatrice qui, bien qu'imposée par une directive cadre européenne en 1989 et transposée en droit français en 1991, reste mise en œuvre comme une simple formalité administrative.



La crise

Edgar Morin, CNRS Éditions, coll. « Débats », novembre 2009, 64 p. – 4 €

Réflexion incisive sur la crise mondiale à partir de l’analyse du mythe du progrès qui a imprégné toute la planète comme une loi de l’histoire et qui s’est avéré favoriser d’énormes régressions : « *Il faut admettre l’échec de notre vision du monde. [...] Les outils qui fonctionnaient plus ou moins bien selon les moments, matériels ou théoriques, ne sont plus suffisants.* »

Essai pour une histoire des voix au XVIII^e siècle

Arlette Farge, éd. Bayard, octobre 2009, 320 p. – 22 €

Aux limites du travail de l'historien, Arlette Farge propose ici un original essai sur « les voix au XVIII^e siècle » –les voix, ces « *substances immatérielles mais présences actives, entêtantes, charmeuses ou déplorées* ». Fondée sur les archives de polices, terrain de prédilection de l’auteur parce que « *tout est consigné, y compris l’intonation de l’accusé* », cette réflexion sur l’objet-voix privilégie celle du « *peuple* », celle des plus démunis parce qu’elle est le « *ciment des sociétés* ». Ce faisant, l’auteure aborde, avec la même sensibilité extrême, d’autres voix : déclamées ou chantées, hurlées, voix de la conversation amoureuse ou des larmes. Une inédite lecture historique qui montre comment l’écriture court-circuite tous les itinéraires de la voix. En compagnie de Lacan, Jules Verne, Michelet, Goffmann, Barthes, Butler, etc.



Le savoir de la main



Robert Halleux, éd. Armand Colin, octobre 2009, 256 p. – 25 €

Cette réflexion brillante explore le passé des sciences et des techniques en montrant le lien entre savants et artisans et met en évidence comment se sont réconciliés ces deux univers –celui du savoir et celui de la main– à travers l’évolution de la relation des humains aux sciences.

Espèce de... ! Les lois de l’effet injure

Évelyne Larguèche, éd. Université de Savoie, coll. « Langages », mai 2009, 148 p. – 16 €

Après *L’effet injure : de la pragmatique à la psychanalyse* (Puf, 1983), *L’injure à fleur de peau* (L’Harmattan, 1993), *Injure et sexualité : le corps du délit* (Puf 1997), la sociologue Évelyne Larguèche propose ici une étude désormais de référence. Après avoir montré que l’injure n’est pas seulement un objet lexical ni un duel entre injurieur et injurié mais une sorte de théâtre avec un tiers, elle dégage, et, c’est là l’originalité de ce travail, une théorie de l’effet injure – les conditions, les lois à partir desquelles on peut déterminer s’il y a injure ou non –, théorie qui pourrait servir de base pour étudier l’injure dans une perspective plus universelle que celle où est menée cette étude (la société française contemporaine).



AUTRES PARUTIONS

MATIÈRE ET MATÉRIAUX
De quoi est fait le monde ?
Étienne Guyon (dir), éd. Belin, coll. « Bibliothèque scientifique », octobre 2009, 304 p. – 27,50 €

LES MONDES DARWINIENS
L’évolution de l’évolution
Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein (dir), préface Jean Gayon, postface Richard Lewontin, éd. Syllepse, coll. « Matériologiques », octobre 2009, 1 104 p. – 30 €

HISTOIRE DES SCIENCES À L’ÉPOQUE MODERNE
Simone Mazauric
Éd. Armand Colin, coll. « U Histoire », octobre 2009, 320 p. – 29 €

LES HORLOGES DU VIVANT
Comment elles rythment nos jours et nos nuits
André Klarsfeld, éd. Odile Jacob, coll. « Sciences », octobre 2009, 320 p. – 21,50 €

LES JEUNES, L’ÉCOLE ET LA RELIGION
Céline Béraud et Jean-Paul Willaime (dir)
Éd. Bayard, octobre 2009, 300 p. – 18 €

LA CHIMIE ET LA MER
Ensemble au service de l’homme
Coordonné par Minh-Thu Dinh-Audouin, éd. EDP Sciences, octobre 2009, 208 p. – 24 €

SOCIÉTÉ DE LA CONNAISSANCE
Fractures et évolutions
Coordonné par Michel Durampart, CNRS Éditions, coll. « Les Essentiels d’Hermès », septembre 2009, 176 p. – 8 €

LE XX^e SIÈCLE IDÉOLOGIQUE ET POLITIQUE
Michel Winock, éd. Tempus, octobre 2009, 544 p. – 11 €

DU REGARD À L’ÉMOTION
La vision, le cerveau, l’affectif
Christian Marendaz, éd. Le Pommier, coll. « Essais », octobre 2009, 168 p. – 19,90 €

PRÉHISTOIRE. LA FABRIQUE DE L’HOMME
François Bon, éd. Seuil, coll. « L’univers historique », octobre 2009, 338 p. – 22 €

Retrouvez les publications de CNRS Éditions sur le site : www.cnrseditions.fr

EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Anne-Solweig Gremillet

Teotihuacan, cité des Dieux

Jusqu’au 24 janvier 2010, Musée du quai Branly, Paris (VII^e).
Tél. : 01 56 61 70 00 — www.quaibranly.fr



Masque rituel en pierre, avec incrustations de turquoise, d’amazonite, d’obsidienne et de coquillage.

Teotihuacan a rayonné sur le monde mésoaméricain pendant six siècles, atteignant même une population de plus de 100 000 habitants avec une apogée entre 150 et 450 de notre ère. Mais il faudra attendre les Aztèques et leur redécouverte du lieu au XIV^e siècle pour qu’un nom lui soit attribué : la cité des Dieux. Entre le V^e et le XIV^e, que s’est-il passé ? Les archéologues s’attellent à répondre à cette épineuse question, mettant au jour sculptures, masques, encensoirs enfouis sous la végétation luxuriante qui a recouvert le site de l’ancien Mexique. Et en ce moment, le musée du quai Branly se fait écrivain de ce joyau muséographique regroupant 450 imposantes pièces, témoins de la splendeur de cette mystérieuse cité précolombienne. Un voyage extraordinaire au cours duquel sont présentés tour à tour l’architecture et l’urbanisme, la politique, l’économie et le militarisme, la religion, la vie des palais et les habitations, l’artisanat, les relations de la ville avec le monde mésoaméricain, et enfin la chute de la cité. Pour agrémenter le tout, des fresques monumentales et des pièces jamais venues en Europe. Une exposition évènement.



Sculpture du seigneur de l’au-delà, réalisée entre 300 et 450 après J. C.

© Photos : Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mexico, photo M. Alamana

César, le Rhône pour mémoire, 20 ans de fouilles dans le fleuve à Arles

Jusqu’en septembre 2010, Musée départemental Arles Antique (13). Tél. : 04 90 18 89 08 — www.arles-antique.cg13.fr

Ces vingt dernières années, la pêche a été excellente pour les archéologues qui ont remonté de multiples trésors du fond du Rhône, à Arles et au large des Saintes-Maries-de-la-Mer. Cette exposition permet d’admirer ces découvertes, près de 650 objets, des plus modestes aux plus exceptionnels. Dont le célèbre buste de Jules César, le seul connu à ce jour réalisé du vivant de l’empereur.

A VOIR ÉGALEMENT

QUI L’EÛT CRU(E) ? , SI LE RHÔNE M’ÉTAIT CONTÉ
Du 05 au 12 novembre 2009, Port Saint-Louis-du-Rhône (13). Puis du 17 au 29 novembre 2009, Bregnier-Cordon (01). Tél. : 04 79 42 06 06 — www.quileutcrue.com

Au départ, il y a le Rhône, fleuve indompté. Et puis il y a les humains qui vivent sur ses rives. Pour les sensibiliser au risque de crue mais aussi développer la mémoire collective, un sociologue et un photographe sont partis à la rencontre des anciens marins, pêcheurs ou simples riverains du Rhône et ont recueilli leurs témoignages sur leur rapport au fleuve. À voir et à écouter sans plus tarder.



400 ans après Galilée, le système solaire revisité

Jusqu’en février 2010, Cité des sciences, Paris (XIX^e). Tél. : 01 40 05 70 00 — www.cite-sciences.fr

À l’occasion de l’Année mondiale de l’astronomie, à l’espace Sciences actualités de la Cité, venez visiter le système solaire tel que les scientifiques le connaissent mais aussi avec tous leurs questionnements en cours. Au menu de ce voyage spatial : de nombreuses photographies, des films sur la conquête de mars, des maquettes de robots, des météorites en provenance du Muséum national d’histoire naturelle, des interviews filmées d’éminents spécialistes tels André Brack, astrobiologiste au CNRS, Claudie Haigneré, astronaute de l’Agence spatiale européenne et présidente de la Cité, ou encore Thérèse Encrenaz, astrophysicienne au CNRS. Et même des œuvres d’artistes contemporains.



Futur antérieur

Jusqu’au 13 mars 2010, Centre d’éducation au patrimoine Ospitalea, Irisarry (64). Tél. : 05 59 37 97 20 — www.ospitalea.cg64.fr

Bienvenue dans une savoureuse expérience d’anticipation ! Venez vous balader dans cette exposition bâtie grâce aux fouilles archéologiques réalisées... en l’an 4 000, dévoilant des objets familiers du XXI^e siècle, accompagnés de truculentes hypothèses. Comme ce nain de jardin tenant un pot de fleurs avec pour seule explication « Statuette d’homme avec gobelet à libation ». Un bon moment en perspective, et une réflexion sur ce qu’il restera de notre civilisation dans deux mille ans.

ET AUSSI

PRÉDATEURS
Musée d’histoire naturelle et de géologie, Lille (59). Tél. : 03 28 55 30 80
Les prédateurs sont à l’honneur, de la coccinelle à l’humain en passant par les grands félins, le crapaud qui se délecte de limaces ou l’hermine dévoreuse d’oiseaux. Une exposition qui montre les dessous parfois méconnus de la chasse, les méthodes et armes des traqueurs, les ruses des traqués.



Atlas des Parisiens De la révolution à nos jours

Jean-Luc Pinol et Maurice Garden, éd. Parigramme, septembre 2009, 288 p., 320 cartes, 250 photographies – 49 €

Ce premier atlas historique des parisiens met en évidence les grandes évolutions qui ont façonné le corps social parisien de la fin du XVIII^e siècle à nos jours. Cartographie composée à partir des annuaires, registres, « *listes à l’adresse* » et données de recensements disponibles ainsi que documents photographiques d’archives qui dressent un portrait des habitants de la capitale : habitat, transports, loisirs, hygiène, santé, alimentation, naissance du rapport capitale / banlieue, pratiques religieuses, maintien de l’ordre, éducation, enseignement, mariages, natalité, mortalité et nuptialité durant les guerres.

COLLOQUES

Des climats et des hommes, glaciologie, climatologie, archéologie, histoire

19, 20 et 21 novembre 2009, Cité des sciences, Paris (XIX^e), entrée libre, Tél. : 01 40 05 80 00 – www.cite-sciences.fr/college

À quelques semaines du sommet de Copenhague sur le climat, 30 chercheurs étrangers et français abordent la question des changements climatiques et la façon dont les sociétés humaines s’y sont adaptées dans la durée.

Colloque international Jean-Rouch

Du 14 au 20 novembre 2009, Paris (I^{er}, XIII^e, XVI^e). Tél. : 01 47 04 38 20 – www.comite-film-ethno.net

Durant une semaine, anthropologues, sociologues, universitaires, étudiants, cinéastes, producteurs, acteurs, critiques de cinéma, viendront témoigner et débattre du rôle précurseur et original en France comme à l’étranger, de l’ethnologue et cinéaste Jean Rouch, décédé en 2004. Et qui était, selon Jean-Luc Godard, de ceux qui ont ouvert la voie à la Nouvelle Vague du cinéma français ! Son œuvre a aussi changé le regard porté sur certains peuples africains, comme les Dogon. Un colloque dont le CNRS est coorganisateur.

« Maths à venir 2009 »



© Ekaterina Yam

Les 1^{er} et 2 décembre 2009, Maison de la mutualité, Paris (V^e), Tél. : 01 44 27 67 72 – www.maths-a-venir.org

Une réflexion en profondeur sur la recherche mathématique d’aujourd’hui et de demain, à destination avant tout des non-mathématiciens !

Conférences, tables rondes sur les rapports entre les maths et la société, ou sur leur place dans les médias et une exposition intitulée « À quoi servent les maths ? » sont au menu de ce colloque organisé par la Fondation sciences mathématiques de Paris, le CNRS, l’Institut des hautes études scientifiques et l’Inria.

ÉVÈNEMENT
La Fête de la science

Du 16 au 22 novembre 2009, dans la France entière, www.fetedelascience.fr et www.cnrs.fr/fetedelascience

C’est la 18^e fois qu’on vous y reprend. La fête de la science, c’est maintenant, c’est gratuit et en plus c’est pour tous. Les labos ouvrent leur porte, et la recherche se met en quatre pour vous accueillir et vous faire découvrir ses mille facettes. À l’honneur cette année, les premières observations faites à la lunette astronomique par Galilée il y a 400 ans. Et la naissance de Darwin, il y a 200 ans.



© Ministère de l’enseignement supérieur et de la Recherche

DVD

« Être psy »

Éditions Montparnasse / CNRS Images, novembre 2009, prix public conseillé 70 €

Sigmund Freud tout de couleurs acidulées vous accueille. Bienvenue dans le coffret de 14 DVD, réalisé par Jérôme Blumberg et Daniel Friedmann, sociologue au CNRS, et qui tente de répondre à cette question : qu’est-ce que la psychanalyse ? Pour cela, 14 praticiens dont Elisabeth Roudinesco, André Green ou encore François Roustang, filmés pour la plupart en 1983 puis 25 ans plus tard, nous livrent leurs réflexions sur la pratique de la psychanalyse, sur ses différences avec la psychiatrie et la psychothérapie, ou encore sur le rapport à la religion, aux idéologies politiques et à l’argent. Envie d’un avant-goût ? C’est au Mk2 Quai de Seine à Paris jusqu’au 14 février 2010. Un entretien y est projeté les samedis à 11 h30, et avec en prime un débat les dimanches à 11 h.



TV

Espèces d’espèces

Le 14 novembre à 20h45 sur Arte. Film de Denis van Waerebeke, Vincent Gaullier et Raphaëlle Chaix, produit par Ex-nihilo, France5, Arte, NHK, CNRS Images et le MNHN (82 min).

Primé lors de l’édition 2008 du festival Pariscience, ce film propose, de façon claire et ludique, une représentation renouvelée de l’arbre du vivant, de ces millions d’espèces qui peuplent la planète : elles appartiennent toutes à une seule et même famille. Comment les classer ? Sur quels critères ? Leur nombre de pattes ? La présence de plumes ?

CONFÉRENCES

Des sources de vie dans les abysses

Le 18 novembre, 19h30, Aline Fiala-Médioni, Institut océanographique, Paris (V^e). Tél. : 01 44 32 10 70 – www.oceano.org/io/

Comment vivent les espèces par des milliers de mètres de fond, là où la lumière est si rare, la pression si grande et la température extrême, parfois glaciale, parfois très élevée ? La vie dans les abysses pose énormément de questions aux scientifiques qui tentent d’y répondre au fur et à mesure de leurs pérégrinations.



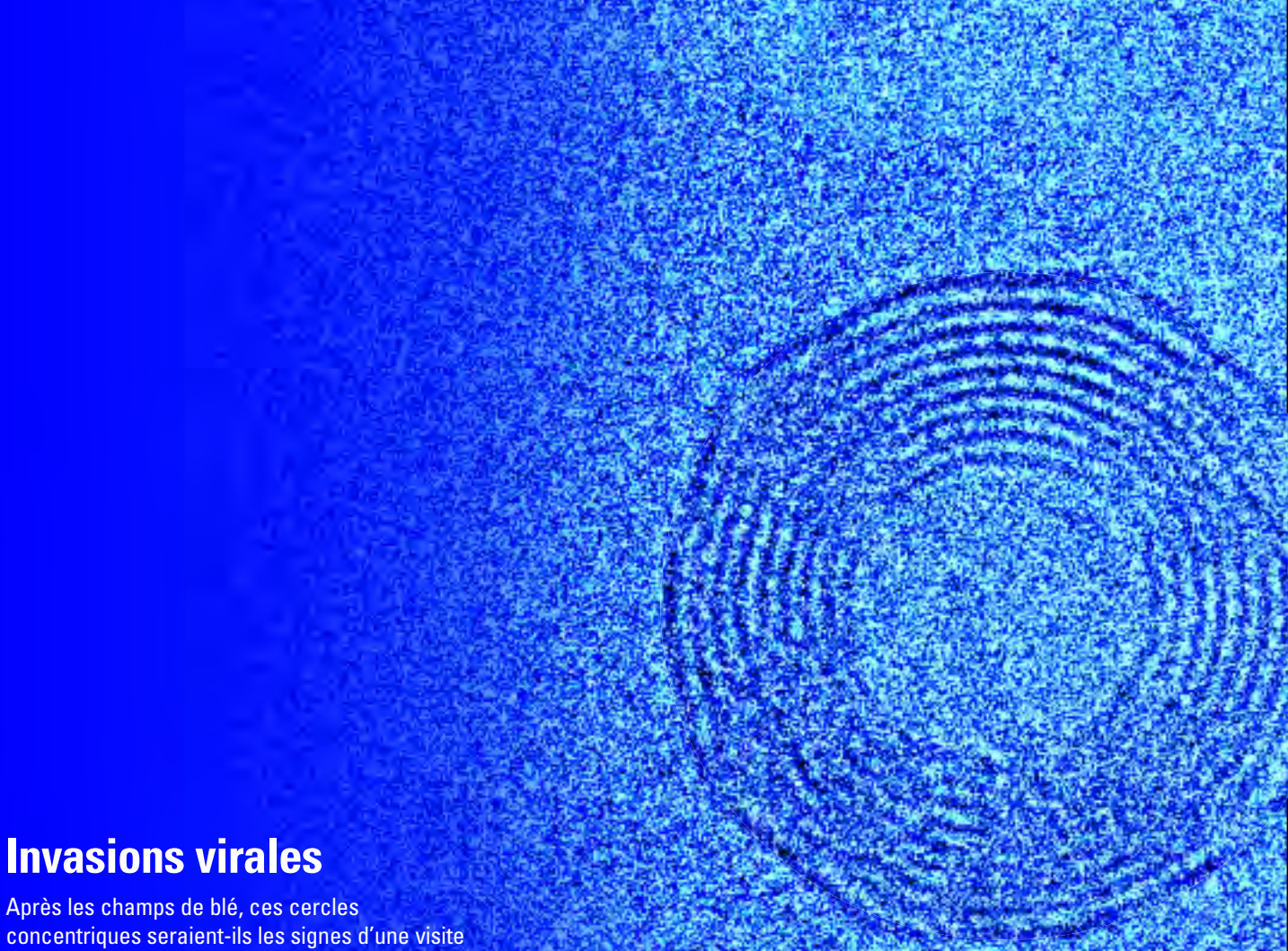
© J.-L. Cherminée/CNRS Photothèque

Économies d’énergie, du comportement collectif au comportement individuel

Le 27 novembre, 18h15, Conservatoire national des arts et métiers, Paris (III^e). Tél. : 01 53 85 44 30 – www.cnam.fr

Un débat organisé par l’Académie des technologies pour mieux saisir les enjeux environnementaux, géopolitiques et sociaux des économies d’énergie dans les villes, l’habitat ou encore les transports.

ÉTONNANTES IMAGES



Invasions virales

Après les champs de blé, ces cercles concentriques seraient-ils les signes d’une visite extraterrestre au fond de la mer ? Rassurez-vous ! L’invasion n’est pas pour maintenant. Il ne s’agit que d’une forme condensée d’un ADN viral, et plus particulièrement celui d’un bactériophage, un virus qui ne s’attaque qu’aux bactéries. Il est situé dans la capside, l’enveloppe qui renferme le génome. Pour l’empêcher de sortir complètement et donc de contaminer la bactérie, une équipe du Laboratoire de physique des solides¹ y a ajouté une solution d’ions positifs de spermine. En réaction, la molécule d’ADN s’effondre sur elle-même et forme alors ces cercles, un mouvement comparable à l’enroulement d’un fil de laine en bobine. L’apparition de cette structure particulière d’ADN, dite torique en raison de son allure, a été observée par cryomicroscopie, une technique qui consiste à congeler la solution pour pouvoir figer l’action. L’étude de telles structures permet de mieux comprendre l’organisation de l’ADN *in vivo*. **F.P.-C.**

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.

© A. Leforestier/CNRS Photothèque/IPS



Festival *Cinéma science*

*Deuxième édition
du 1^{er} au 6 décembre 2009
Bordeaux - Aquitaine*

Le festival de cinéma du CNRS

*Comédies, drames, thrillers, science-fiction...
Rencontres entre le public,
les cinéastes et les chercheurs*

www.cnrs.fr/cinemascience



www.cnrs.fr

