Le journal du CNRS
N° 233 JUIN 2009

EMBRYON
GREFFES
PROCRÉATION ASSISTÉE

La bioéthique EN DÉBAT

ÉVÈNEMENT

Serge Haroche
Le physicien reçoit la médaille d'or 2009 du CNRS

cnrs
dépasser les frontières

sommaire

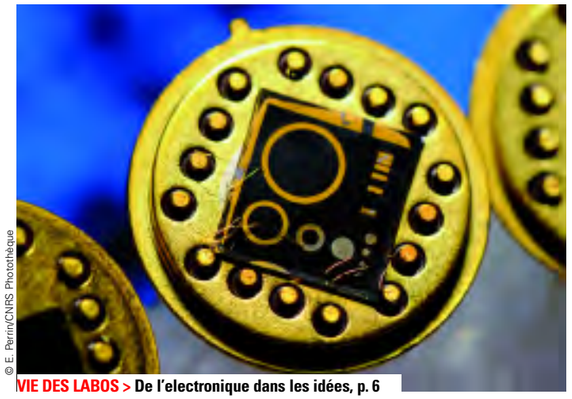
Le journal du CNRS
1 place Aristide-Briand
92195 Meudon Cedex
Téléphone : 01 45 07 53 75
Télécopie : 01 45 07 56 68
Mél. : journal-du-cnrs@cnrs-dir.fr
Le journal en ligne :
www2.cnrs.fr/presse/journal/
CNRS (siège)
3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16

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 Ravaud
Conseillère à la rédaction :
Françoise Harrois-Monin
Chefs de rubrique :
Fabrice Demarthon
Charline Zeitoun
Rédactrice :
Anne Loutrel
Assistante de la rédaction et fabrication :
Laurence Winter
Ont participé à ce numéro :
Stéphanie Arc
Kheira Bettayeb
Jean-Philippe Braly
Jason Brown
Patricia Chairopoulos
Claude-Isabelle Chauvel
Caroline Dangléant
Denis Delbecq
Françoise Dupuy-Maury
Sebastián Escalón
Isoline Fontaine
Mathieu Grousson
Camillle Lamotte
Virginie Lepetit
Marie Lescroart
Émilie Martin
Dominique Salomon
Vahé Ter Minassian
Géraldine Véron

Secrétaire de rédaction :
Olivia Dejean
Conception graphique :
Céline Hein
Iconographes :
Marie Mabrouk
Marie Gandois
Couverture :
Stéphane Kiehl pour le journal du CNRS ; C. Lebedinsky/ CNRS Photothèque
Photogravure :
PLB Communication
Impression :
Imprimerie Didier Mary
6 route de la Ferté-sous-Jouarre
77440 Mary-sur-Marne
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.



© E. Perrin/CNRS Photothèque

VIE DES LABOS > De l'électronique dans les idées, p. 6

© Stéphane Kiehl pour le journal du CNRS

© NIBSC/SPL

IN SITU > Explorer la biodiversité génétique du sol, p. 34

© A. Derantes/Gamma/Eyedea Presse

IN SITU > Les enjeux des élections européennes, p. 32

VIE DES LABOS P. 6
> REPORTAGE
De l'électronique dans les idées

> ACTUALITÉS P. 8
Les derniers résultats de la recherche

> MISSION P. 12
Sur la piste des chrétiens d'Orient

INNOVATION P. 14
Un nouveau test pour un meilleur diagnostic

PAROLE D'EXPERT P. 16
Les Français consommateurs durables… en théorie !
Entretien avec Nicolas Herpin

JEUNES CHERCHEURS P. 17
Séduite par le plastique
Portrait d'Anne-Valérie Ruzette

L'ENQUÊTE P. 18
EMBRYON, GREFFES, PROCRÉATION ASSISTÉE
La **bioéthique** EN DÉBAT
La société change, la loi aussi > 19
Embryon : un casse-tête pour le législateur > 21
Procréation assistée : la loi face à l'évolution des mœurs > 23
Greffes : les failles de la loi > 25
Comment encadrer les sciences émergentes ? > 26

ZOOM P. 28
Gustave Eiffel, le magicien du fer

RENCONTRE AVEC P. 31
Gardien de la biodiversité
Portrait d'Yvon le Maho

IN SITU P. 32
Les enjeux des élections européennes
Entretien avec Pascal Perrineau

HORIZON P. 36
Guerre ouverte contre le cancer
Portrait de Chrétien Moonen

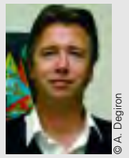
GUIDE P. 38
Le point sur les livres, les expos…

Deux physiciens français à l'honneur

Alain Aspect et Thomas Ebbesen sont les lauréats 2009 des deux prestigieux prix seniors en électronique et optique quantique de la Société européenne de physique. Décernés tous les deux ans, ces prix récompensent des scientifiques du plus haut niveau, l'un pour des recherches fondamentales, l'autre pour des recherches appliquées.

© J. Chatin/CNRS Photothèque

Directeur de recherche CNRS, Alain Aspect, également médaillé d'or du CNRS en 2005, s'est vu remettre le prix pour ses travaux fondamentaux en optique quantique et atomique, qui ont ouvert la voie à la révolution moderne du traitement de l'information, de la cryptographie et du calcul quantique.


© A. Degiron

Thomas Ebbesen, professeur à l'université de Strasbourg et directeur de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaire[1], a, quant à lui, reçu le prix pour ses recherches sur les propriétés optiques des métaux nanostructurés, au carrefour des nanosciences et de la photonique. Les deux lauréats recevront leurs prix le 16 juin prochain lors du congrès World of Photonics, à Munich.

1. Institut CNRS / Université de Strasbourg-I.

GUY MÉTIVIER À LA TÊTE DES MATHÉMATIQUES AU CNRS

Guy Métivier, 59 ans, a été nommé chargé de mission auprès du directeur général du CNRS, pour la mise en place de l'Institut des sciences mathématiques et leurs interactions (INSMI). Ce professeur des universités de classe exceptionnelle, ancien élève de l'École normale supérieure de Saint-Cloud, Prix Lequeux, puis Prix Servant de l'Académie des sciences, est actuellement directeur de l'Institut de mathématiques de Bordeaux. Il travaille entre autres sur la propagation des ondes non linéaires, sur les ondes de choc, sur les modèles en mécanique des fluides.

→ L'ÉVÉNEMENT

Serge Haroche, Médaille d'or 2009

Le physicien Serge Haroche, chercheur au laboratoire Kastler Brossel (LKB)[1], professeur au Collège de France, est le lauréat 2009 de la médaille d'or du CNRS, la plus haute récompense scientifique française. Ce spécialiste de physique atomique et d'optique quantique rejoint ainsi la longue liste d'éminents physiciens du palmarès, notamment Alfred Kastler et Jean Brossel (en 1964 et 1984), qui ont donné leurs noms à son laboratoire, ainsi que Claude Cohen-Tannoudji (en 1996), également Prix Nobel 1997, qui fut son directeur de thèse. Titulaire de 14 prix scientifiques nationaux et internationaux, auteur de plus de 180 publications, le lauréat s'est déclaré *« très sensible à cet honneur et à l'opportunité que lui donne le CNRS de promouvoir la recherche fondamentale »*. Il souligne également que ses *« travaux sont le résultat du travail de toute une équipe »*. Serge Haroche a en particulier développé un nouveau domaine, l'électrodynamique quantique en cavité, qui consiste à étudier les interactions entre un atome unique et quelques photons contenus dans une « boîte » ou cavité. La physique de ce système microscopique défie notre intuition classique et ne peut se comprendre que dans le cadre de la théorie quantique. Dès sa thèse, le chercheur s'était d'ailleurs penché sur le concept de « l'atome habillé », décrivant comment un atome interagissant avec un nuage de photons voit ses propriétés fortement altérées par ce couplage. *« Ces considérations ont jalonné toute ma carrière »*, explique Serge Haroche, qui ajoute : *« dans mes recherches plus récentes, l'atome est pour ainsi dire "habillé de façon beaucoup plus légère" qu'à mes débuts. Un seul photon ou même une cavité vide suffisent à modifier profondément son comportement »*. Ses travaux ont permis de vérifier expérimentalement certains postulats de la physique quantique, en s'inspirant des expériences de pensée imaginées par Albert Einstein et Niels Bohr, qu'il a réussi à réaliser grâce aux progrès récents de la technologie. Les recherches de Serge Haroche pourraient avoir des retombées dans le domaine du traitement quantique de l'information, très riche d'applications potentielles en informatique. Selon Bertrand Girard, directeur scientifique (Institut de physique du CNRS), le lauréat, *« chercheur internationalement reconnu »*, se distingue par *« une profondeur de pensée hors du commun et une compréhension exceptionnelle de phénomènes extrêmement complexes »*. La cérémonie de remise de la médaille d'or aura lieu en décembre prochain à Paris.

C.Z.

1. Laboratoire CNRS / ENS / Université Paris-VI.

© C. Lebedinsky/CNRS Photothèque

édito

© X. Pierre

Bruno Laurioux
Directeur scientifique
Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)

DR

Pierre Demeulenaere
Directeur scientifique adjoint
INSHS

Bioéthique : des normes à repenser

Avec la révision des lois de 2004, les questions de bioéthique se sont installées au centre du débat politique et citoyen en France. Cette actualité brûlante est l'une des conséquences des avancées considérables et rapides que ne cessent d'enregistrer, depuis des décennies, les sciences du vivant et de la santé. Devenue insuffisante pour encadrer des recherches toujours plus audacieuses, l'éthique strictement médicale (telle qu'exprimée par exemple dans le Serment d'Hippocrate ou dans le Code de Nuremberg) s'est élargie en « bioéthique », concept apparu aux États-Unis dans les années 1970.

Si les questions que pose la bioéthique figurent désormais parmi les principales « questions de société », elles restent cependant très difficiles à résoudre, comme le montre l'« Enquête » de ce numéro du *Journal du CNRS*.

Au-delà des cas concrets qu'induisent les pratiques de recherche biomédicales ou ce qu'il est convenu d'appeler l'évolution des mœurs, ces questions renvoient en effet à la conception que l'on peut se faire de la nature humaine. Longtemps, celle-ci a été conçue comme une donnée stable et associée à des attributs clairs. Déjà présente chez le philosophe grec de l'Antiquité Aristote, cette fixité de la nature humaine est devenue un dogme de la théologie chrétienne du Moyen Âge avant de fournir le fondement doctrinal de la pensée des droits de l'homme, conçus comme des droits naturels.

Or, deux grands évènements dans l'ordre de la connaissance ont conduit à rompre avec cette idée simple d'une nature humaine fixe. À partir de Descartes, l'homme s'est défini en manipulateur technologique de la matière, ambition transformatrice qui s'est étendue au fonctionnement de l'esprit depuis les découvertes importantes en neurobiologie. La deuxième rupture a été introduite par le darwinisme, qui situait l'espèce humaine comme un moment particulier d'une évolution plus générale, et qui analysait ses traits caractéristiques comme résultant d'une histoire sélective, en transition entre un passé et un futur possible. On peut désormais envisager, sur certains aspects, des modifications de la nature humaine. L'idée de clonage paraît en l'espèce particulièrement spectaculaire, puisqu'elle semble suggérer la possibilité d'entièrement manipuler le vivant – ce qui crée de grands espoirs parmi les malades mais suscite en même temps la crainte de voir ces techniques sophistiquées utilisées à des fins autres que thérapeutiques. Il est donc nécessaire de refondre les normes susceptibles d'encadrer de nouvelles pratiques, afin de définir ce que sont les interventions légitimes sur le vivant. Mais sur quelle base ?

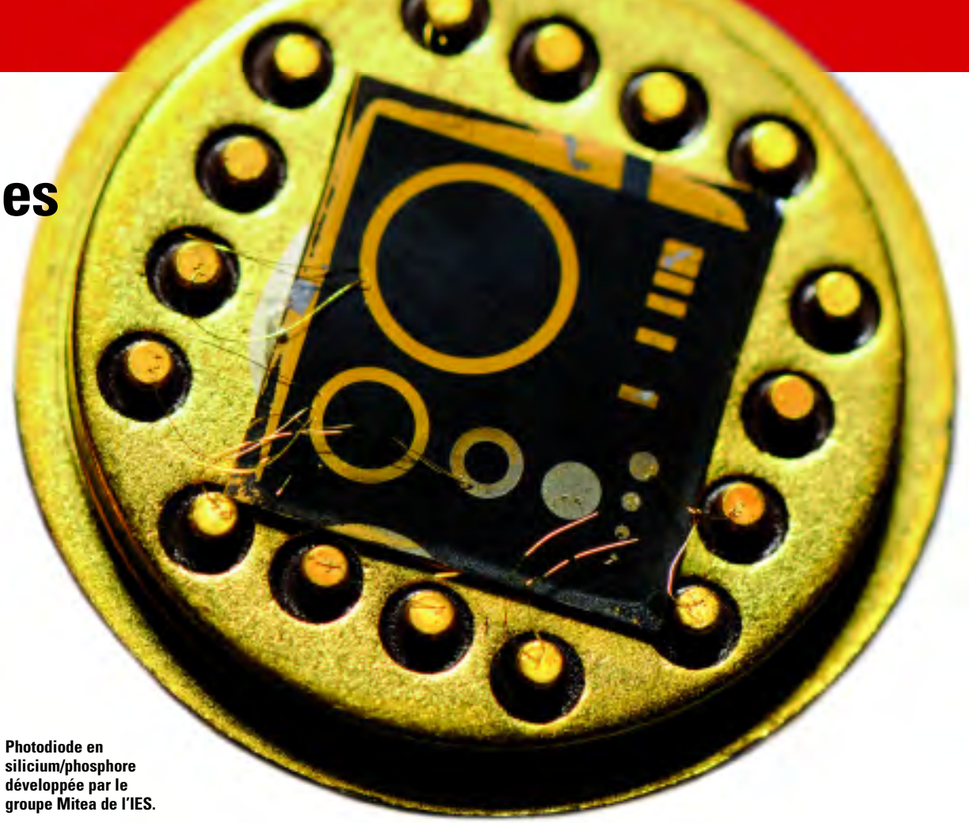
La grande source normative des sociétés contemporaines, le principe du consentement individuel – fondé lui-même sur une conception de l'homme naturellement libre, rationnel et capable de déterminer ses choix – fait souvent défaut dès lors qu'il est question d'une modification de la nature humaine, qui peut avoir des incidences sur des individus n'ayant pu exprimer leur choix. S'il est possible à une femme de soixante ans d'avoir des enfants, que penser de l'enfant qui naîtra ainsi, contre les normes « naturelles » mais aussi « habituelles » ? On ne peut évidemment lui demander à l'avance son consentement !

Entre le refus des « dérives » au regard des normes de base de la vie sociale et la confiance dans les « progrès » qui peuvent être réalisés par un dépassement de ces normes, le débat est rude. L'apport des sciences humaines et sociales est ici fondamental : elles nous permettent de penser, comprendre et expliquer l'émergence, l'évolution et la logique de normes aussi indispensables que problématiques.

SYSTÈMES

De l'électronique dans les idées

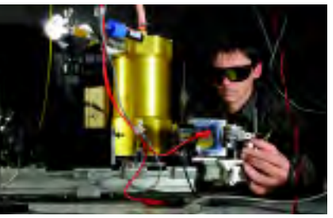
Sous le soleil de Montpellier, un pôle d'excellence en électronique s'épanouit depuis deux ans. Visite commentée de l'Institut d'électronique du Sud (IES)[1], un laboratoire qui se distingue dans plusieurs domaines de pointe.



Photodiode en silicium/phosphore développée par le groupe Mitea de l'IES.

Record du monde ! » Sur un tableau, dans la salle de café du groupe de recherche Nanomir, l'inscription victorieuse légende une courbe dont les valeurs avoisinent 2,64 micromètres. « *C'est la plus petite longueur d'onde jamais émise par un laser à cascade quantique*, nous éclaire Alexei Baranov, directeur de recherche et Médaille d'argent du CNRS en 2006. *Nous avons réussi la manip il y a tout juste trois semaines.* » Le physicien et son équipe sont spécialisés dans la conception de lasers émettant dans le moyen infrarouge (MIR), et plus particulièrement de ces fameux lasers à cascade quantique. Ces composants sont les seuls à pouvoir fonctionner dans des conditions extrêmes de température, et l'objectif de leur dernier « record » est justement l'analyse de gaz au fond d'un forage avoisinant les 200 °C, afin d'obtenir des informations sur la qualité du pétrole disponible. « *Nous construisons nos dispositifs de A à Z. C'est cette capacité qui nous positionne comme leader en matière de laser moyen infrarouge* », explique Éric Tournié, responsable de Nanomir. Car la recette pour élaborer un laser à cascade quantique n'est pas simple. Elle réside dans une succession de couches de matériaux semi-conducteurs, et c'est en se déplaçant à travers ces différentes strates que les électrons libèrent les photons à l'origine du rayonnement émis. Il aura fallu près de 1 000 couches successives pour réussir à obtenir des photons d'une longueur d'onde avoisinant les 2,64 micromètres.

C'est avec cette machine sophistiquée, dite d'épitaxie par jets moléculaires, que les chercheurs du groupe Nanomir élaborent leurs fameux lasers à cascades quantiques.



Un scientifique du groupe GEHF aligne un faisceau d'ondes térahertz obtenu par la méthode du photomélange en régime continu (conversion du battement de deux lasers térahertz).

À LA LUMIÈRE DES TÉRAHERTZ

Ce record du monde ne doit pas occulter que Nanomir est seulement l'un des huit groupes de recherche aux thématiques aussi novatrices et variées que complémentaires abrités par l'Institut d'électronique du Sud (IES), créé le 1er janvier 2007 par la fusion de trois laboratoires[2]. « *Les thèmes de recherche de l'IES se situent en amont des technologies de l'information et de la communication*, comme nous l'explique son directeur Daniel Gasquet. *Notre travail est donc la conception, la réalisation et la caractérisation de composants et de systèmes électroniques.* » De fait, les applications sont extrêmement variées : les télécommunications, l'énergie, l'imagerie, le médical, etc. La particularité de l'Institut est d'exceller dans des domaines de niche, ce qui lui vaut une reconnaissance internationale, par exemple pour le groupe Nanomir, à l'origine de plusieurs premières mondiales, comme la réalisation du tout premier laser MIR émettant par la surface.

Mais continuons la visite. Autre étage, autre fréquence. Le Groupe d'étude des hautes fréquences (GEHF) s'intéresse, lui, aux ondes térahertz (THz). « *Elles ont un très fort intérêt applicatif, puisque l'imagerie térahertz peut détecter les matériaux non métalliques et les identifier par leur signature spectroscopique : plastique, céramiques, explosifs, etc.* », explique Laurent Chusseau, responsable de GEHF. Il a également été montré que les ondes térahertz révèlent mieux les cancers cutanés de type carcinome qu'une simple observation à l'œil nu. Les chirurgiens seraient à même d'enlever l'ensemble de la tumeur à la « lumière » des ondes térahertz. Seul problème, leur utilisation est encore extrêmement complexe et fait appel à une machinerie lourde et coûteuse. « *Notre objectif est d'améliorer et de simplifier leur emploi pour les faire sortir du laboratoire.* »

BEAUCOUP DE BRUIT POUR BOM

L'IES regroupe aujourd'hui 120 permanents et une soixantaine de doctorants qui travaillent très souvent ensemble dans des domaines complémentaires. Ainsi, une fois conçus, les lasers de Nanomir prennent la direction des locaux du groupe « Bruit optoélectronique et microélectronique » (BOM). L'étude du bruit[3] électronique dans les composants et les systèmes permet d'améliorer leur qualité. C'est l'une des plus anciennes thématiques de l'IES. Une partie de l'activité de cette équipe, à la pointe dans son domaine, consiste à mesurer le bruit de circuits intégrés « dernier cri » pour de grands industriels comme STMicroelectronics ou pour de gros laboratoires comme le CEA-LETI[4].

Autre terrain d'excellence de l'IES, l'étude des radiations sur les composants : dans l'espace, le rayonnement extrêmement important tend à perturber le fonctionnement des appareils électroniques. « *La fiabilité des composants microélectroniques soumis aux effets des radiations est devenue une priorité pour les industriels, quelles que soient les applications : spatiales, avioniques ou terrestres* », assure Frédéric Saigné, responsable de « Radiations et composants » (Radiac). L'Agence spatiale européenne (Esa) et le Centre national d'études spatiales (Cnes) ont d'ailleurs confié une lourde responsabilité au groupe de recherche : la mise au point d'une norme européenne concernant des tests de dégradation des composants dans l'espace. Pour valider leur modèle, les chercheurs profiteront du projet Robusta[5]. Ce picosatellite de seulement 1 kg et 10 cm de côté est en cours de fabrication par près de 150 étudiants du Languedoc-Roussillon. Il décollera à bord de Vega, la nouvelle fusée de l'Esa, en 2010. Mais le groupe de chercheurs se concentre à présent sur un aspect novateur : « *L'électronique est aujourd'hui tellement miniaturisée que même au niveau du sol, elle peut être perturbée par le rayonnement environnant.* » Ce phénomène risque de poser des problèmes de fiabilité pour les composants automobiles ou aéronautiques. « *Mais il n'y a pas lieu de paniquer,* insiste Frédéric Saigné. *Ces problèmes sont parfaitement anticipés et on sait très bien comment les gérer grâce à notre expérience du secteur spatial.* » Cette nouvelle discipline est en plein essor, et Radiac se positionne déjà comme leader dans toute l'Europe. Le groupe a même trouvé une astuce pour suivre le rythme toujours plus rapide des avancées technologiques. « *Nous allons envoyer les composants à tester à bord d'un ballon qui s'élèvera à 20 km au-dessus du sol. Comme les radiations sont beaucoup plus importantes à cette altitude, l'électronique se dégrade de la même manière en seulement une semaine qu'en une année au sol.* »

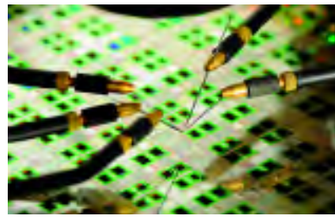
Pesant seulement 1 kg et mesurant 10 cm de côté, le picosatellite Robusta, en cours d'assemblage, servira aux chercheurs du groupe Radiac pour valider leur modèle de dégradation des composants électroniques dans l'espace.

© Photos : E. Perrin/CNRS Photothèque

L'IES VERS LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

« *Un laboratoire de recherche public doit être souple pour anticiper les grands enjeux sociétaux. Aujourd'hui, c'est l'énergie. Demain, ce sera l'eau* », explique Alain Foucaran, professeur au groupe de recherche « Micro-capteurs thermomécaniques et électronique associée » (Mitea). Depuis trois ans, l'équipe développe plusieurs projets réunis sous l'intitulé « Capteurs pour l'efficacité énergétique ». Yvan Cuminal, impliqué dans le projet « Fortes concentrations pour la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire » (Forco-PV), qui porte sur le photovoltaïque, souligne que « *le défi des années à venir est d'abaisser le prix du kilowattheure car les cellules photovoltaïques en silicium coûtent encore extrêmement cher* ». La ruse consiste à concentrer les rayons du soleil sur une seule petite cellule ultra-performante de manière à atteindre 1 €/W produit contre environ 10 €/W aujourd'hui. Mais le projet sur lequel Alain Foucaran mise le plus s'intitule Rider : « *Pour vous donner une idée, c'est un peu le web de l'énergie.* » L'objectif de Rider, fraîchement labellisé par le pôle de compétitivité « Développement des énergies renouvelables pour le bâtiment et l'industrie » (Derbi), est de concevoir un réseau capable d'optimiser les transferts d'énergie quelle que soit sa forme (électricité, chaleur…). Si le projet est retenu, un réseau pilote devrait voir le jour d'ici à la fin de l'année au sein du Green Data Center d'IBM à Montpellier. « *Ces grands centres de traitement de données sont en pleine expansion, mais ils utilisent une énergie folle pour refroidir tous leurs systèmes, à tel point que certains envisagent même de les installer en Alaska !* » Grâce aux ingénieux chercheurs de l'Institut, la chaleur produite sera peut-être un jour recyclée pour réchauffer un lotissement voisin. L'IES, ou l'électronique au secours des grands défis de notre société.

Caroline Dangléant



L'équipe BOM compte parmi les leaders européens dans la mesure du bruit émis par les circuits intégrés. Ici un banc de mesure sous pointes pour caractériser le bruit basse fréquence.

1. Institut CNRS / Université Montpellier-II.
2. Le Centre d'électronique et de micro-optoélectronique de Montpellier (CEM2, CNRS / Université Montpellier-II), le Laboratoire d'analyse des interfaces et de nanophysique (Lain, CNRS / Université Montpellier-II) et le laboratoire d'électrotechnique de Montpellier (Lem, Université Montpellier-II).
3. Le bruit est la fluctuation d'un signal (lumineux ou électromagnétique) autour d'une valeur moyenne. S'il est trop important il peut empêcher la détection de ce signal.
4. Leti : Laboratoire d'électronique et de technologies de l'information, Commissariat à l'énergie atomique (CEA).
5. Robusta est l'un des trois projets retenus par le Centre national d'études spatiales dans le cadre d'un appel à idées pour des projets étudiants lancé en 2006.

CONTACTS

Institut d'électronique du Sud, Montpellier

→ **Alexei Baranov**
alexei.baranov@ies.univ-montp2.fr

→ **Éric Tournié,** eric.tournie@ies.univ-montp2.fr

→ **Daniel Gasquet**
daniel.gasquet@ies.univ-montp2.fr

→ **Laurent Chusseau**
laurent.chusseau@ies.univ-montp2.fr

→ **Frédéric Saigné**
frederic.saigne@ies.univ-montp2.fr

→ **Alain Foucaran**
alain.foucaran@ies.univ-montp2.fr

→ **Yvan Cuminal**
yvan.cuminal@ies.univ-montp2.fr

© Gaucher

La croissance de la forêt guyanaise amazonienne est suivie en permanence par les chercheurs.

CLIMAT

La forêt amazonienne sensible à la sécheresse

L'immense forêt amazonienne, véritable régulateur naturel du climat, risque-t-elle de disparaître en raison des dérèglements de la circulation des courants océaniques au large de l'Amérique du Sud ? Question cruciale à laquelle un réseau de chercheurs apporte les premières réponses.

C'est un régulateur naturel. Une sorte de super-stabilisateur vert sans lequel notre environnement serait radicalement différent. Avec ses 6 millions de kilomètres carrés, la forêt amazonienne est un rouage-clé de la machine climatique. Outre qu'elle stocke sous forme de biomasse aérienne (troncs, arbres, feuilles…) pas moins de 120 milliards de tonnes de carbone, cette immense étendue boisée en recycle chaque année 18 milliards de tonnes supplémentaires, l'équivalent de deux fois le total des émissions dues aux énergies fossiles exploitées par l'homme !

Ce couvert végétal si important pour la stabilité de notre milieu pourrait-il disparaître sous l'effet du réchauffement planétaire ? Pour la première fois, un groupe international de chercheurs vient d'apporter un élément de réponse à cette question inquiétante [1]. L'équipe du réseau « International Amazon Forest Inventory Network » (Rainfor), coordonné par Oliver L. Philips, de l'université de Leeds (Royaume-Uni), et auquel participe Jérôme Chave, directeur de recherche CNRS au laboratoire « Évolution et diversité biologique » [2], à Toulouse, a étudié les conséquences d'une sécheresse exceptionnelle survenue en Amazonie en 2005.

Certaines « prédictions catastrophe » publiées en 2004 par un groupe de l'université de Reading (Royaume Uni) [3] indiquent que la forêt amazonienne pourrait carrément disparaître à la fin de ce siècle en raison des changements climatiques. À en croire ces modèles, en effet, le réchauffement planétaire se manifestera dans cette partie du globe par une multiplication et une intensification d'un phénomène appelé « anomalie atlantique ». Ce changement brusque de la circulation des courants océaniques, survenant de temps à autre au large de l'Amérique du Sud, est à l'origine d'une baisse des précipitations sur le continent. En se répétant, cet épisode pourrait contribuer à éradiquer la forêt amazonienne, ce qui provoquerait un rejet de son carbone dans l'atmosphère dont la teneur doublerait alors, bouleversant encore un peu plus le climat. Un avenir « plausible » si la forêt tropicale est incapable de résister à des sécheresses répétées…

Et c'est ce qu'ont voulu vérifier les 42 scientifiques de 13 pays membres du réseau Rainfor. Ce programme de surveillance à long terme, par le suivi régulier de 136 parcelles forestières à travers le continent – dont deux qui s'étendent sur 22 hectares à la station de Nouragues (Guyane française) du CNRS –, dispose de trente ans de données concernant la croissance de la végétation dans le Bassin amazonien. Après l'épisode d'anomalie atlantique d'une rare intensité survenu en 2005, les chercheurs ont procédé en urgence à un réexamen d'une fraction de ces parcelles afin de déterminer les effets de cette chute des précipitations sur leur croissance et leur mortalité.

Ce véritable travail de titan leur a permis d'aboutir à plusieurs conclusions chiffrées : avant 2005, 76 % des parcelles (93 sur 123) accumulaient de la biomasse. Mais au cours de la sécheresse, ce chiffre serait tombé à 51 % (28 sur 55). « *Autrement dit, nos données d'avant 2005 montraient que la forêt amazonienne ancienne était en pleine croissance et qu'elle stockait du carbone atmosphérique à un rythme de 0,44 tonne par hectare et par an* », explique Jérôme Chave. « *La nouvelle étude a permis de prouver qu'au cours de l'épisode d'anomalie atlantique, cette tendance s'est inversée : à cause du manque d'eau, les jeunes plants ont poussé plus lentement et beaucoup de vieux arbres sont morts en renvoyant une partie du carbone qu'ils stockaient dans l'atmosphère. La région est ainsi devenue cette année-là globalement émettrice en dioxyde de carbone en rejetant quelque 0,8 tonne de carbone par hectare et par an. Si les choses sont depuis revenues à la normale, cet épisode indique que la forêt amazonienne n'est pas résiliente : elle résiste mal aux chocs climatiques et elle est susceptible d'être modifiée par les changements futurs du climat.* »

Vahé Ter Minassian

1. *Science*, 6 mars 2009.
2. Laboratoire CNRS / Université Toulouse-III / École nationale formation agronomique.
3. *Theoretical Applied Climatology*, vol. 78, pp. 137-156, 2004.

CONTACT
→ **Jérôme Chave**
Laboratoire « Évolution et diversité biologique », Toulouse
chave@cict.fr

BIOLOGIE

Quand l'horloge interne gouverne le sexe du foie

Entre les mâles et les femelles, il y a certes des différences anatomiques. Il existe aussi des différences biologiques plus subtiles, mais tout aussi importantes. C'est le cas des molécules qui dégradent les médicaments dans le foie, appelées « enzymes », et qui sont différentes entre mâles et femelles. Jusque-là, les biologistes ne savaient pas expliquer précisément l'origine de ces étonnantes variations. Lors d'une étude publiée en avril [1], des chercheurs CNRS de l'Institut de génomique fonctionnelle [2] de Montpellier ont levé le voile sur ce mystère : ils ont montré que le « sexe du foie » est gouverné par l'horloge interne, connue pour contrôler les rythmes biologiques du sommeil et de la vigilance. Surprenant, ce résultat soulève la question d'éventuels effets secondaires insoupçonnés chez les populations soumises à des dérégulations chroniques de l'horloge circadienne, comme les voyageurs transcontinentaux ou les travailleurs de nuit…

« *Notre résultat est complètement inattendu*, souligne Xavier Bonnefont, initiateur de l'étude. *Au départ, nous ne cherchions nullement à expliquer les différences au niveau du foie entre mâles et femelles ! En fait, nous voulions savoir pourquoi les souris particulières sur lesquelles nous travaillons avaient une taille anormalement petite.* »

Il s'agit là de souris mâles spéciales que le chercheur a rapportées en 2003 de son stage postdoctoral à l'université de Rotterdam, aux Pays-Bas : des souris modifiées génétiquement, dont les gènes impliqués dans le fonctionnement de l'horloge circadienne, baptisés « cryptochromes 1 et 2 » ou « Cry1 » et « Cry2 », ont été éteints.

Afin de s'expliquer la petite taille de ces rongeurs, les chercheurs ont commencé par soupçonner un trouble dans la libération d'une substance permettant la croissance : l'« hormone de croissance ». Problème : impossible d'évaluer les variations du taux de cette hormone dans quelques millilitres de sang d'une souris. Les scientifiques ont donc tenté d'évaluer un autre paramètre gouverné par l'hormone de croissance : la nature des enzymes dans leur foie ! Et surprise, il est apparu que les souris mâles avec une horloge interne désactivée possédaient deux des enzymes existant normalement chez la femelle !

« *Via cette étude, nous avons mis en évidence que les gènes Cry1 et Cry2 sont aussi des déterminants génétiques des différences sexuelles dans le foie des mammifères* », précise Xavier Bonnefont.

Kheira Bettayeb

1. *The Journal of Biological Chemistry*, 3 avril 2009, pp. 9066-9073.
2. Institut CNRS / Inserm / Universités Montpellier-I et II.

CONTACT
→ **Xavier Bonnefont**
Institut de génomique fonctionnelle, Montpellier
xavier.bonnefont@igf.cnrs.fr

DICTIONNAIRE

Le français du XVIIIe siècle en ligne

Après pas moins de quinze années de travail, trois laboratoires [1] viennent de mettre en ligne [2] le *Dictionnaire critique de la langue française*, de Jean-François Féraud (1725-1807). « *Cet ouvrage, publié pour la première fois en 1787-1788, constitue une contribution majeure à la connaissance de la langue de l'époque* », s'enthousiasme le chercheur Philippe Caron, membre associé du laboratoire « Lexiques, dictionnaires, informatique » (LDI) et coordinateur de ce projet.

Juste avant la Révolution, à une époque où les dictionnaires étaient encore très peu développés dans leur traitement de l'information, Féraud, prêtre jésuite, se distingue par ses audaces. « *Entre autres innovations, il introduit jusqu'à deux numérotations pour signifier, au sein d'un même article, le passage d'une acception d'un mot à la suivante. Il signale même, par des signes cabalistiques, l'ampleur du changement de sens ! Son dictionnaire comprend aussi de nombreuses observations sur les synonymes et des indications de prononciation, quasi systématiques, qui, pour la première fois, figurent entre crochets, comme aujourd'hui.* »

Remarquablement à jour, les entrées du dictionnaire ouvrent à des définitions très précises, sources d'information historique. « *On y trouve par exemple une définition de l'aérostat, premier nom donné au ballon inventé en 1783 par les frères Montgolfier.* » Enfin, l'auteur propose une simplification considérable de l'orthographe. « *Pour la tester, il rédige ses articles de manière "réformée", mais laisse les citations dans leur état d'origine. Cela permet d'apprécier les changements proposés, dont beaucoup sont assez pertinents.* »

Tenu en haute estime par les linguistes, ce dictionnaire était peu disponible avant 1994. « *Nous l'avons alors fait rééditer en version papier* [3] *puis, en 1995, nous nous sommes attelés à sa mise en ligne.* » Le langage informatique XML rend possible des recherches limitées aux exemples, à la prononciation ou encore à certains types d'articles. On peut aussi naviguer depuis le « Féraud » vers deux autres dictionnaires, en ligne sur la même base [4]. Le supplément manuscrit, jamais publié, est également accessible. Il a été scanné et restauré numériquement avant sa mise en ligne.

Le « Féraud », disponible gratuitement, constitue une ressource précieuse pour qui s'intéresse à la langue française : chercheurs, enseignants, étudiants… « *De ses ressources phonétiques, on peut notamment tirer d'intéressantes informations sur la prononciation de l'époque*, ajoute Philippe Caron. *Cela peut permettre aux artistes d'interpréter plus fidèlement le théâtre de Marivaux, ou les opéras de Rameau.* »

Marie Lescroart

1. « Analyse et traitement informatique de la langue française » (Atilf, CNRS / Universités Nancy-I et II / Université Metz), « Lexiques, dictionnaires, informatique » (LDI, CNRS / Universités de Paris-XIII et de Cergy-Pontoise), et « Unité mixte de service maison des sciences de l'homme et de la société de Poitiers » (CNRS / Université de Poitiers).
2. www.cnrtl.fr/dictionnaires/anciens/feraud
3. Éditions Niemeyer, Tübingen, Allemagne.
4. *Dictionnaire de l'Académie française*, édition de 1762 et Trésor de la langue française informatisé, dictionnaire de langue des XIXe et XXe siècles.

© Marchaudon/CNRS

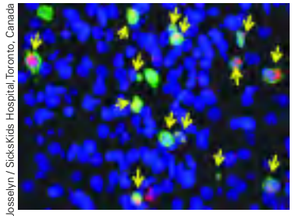
L'outil numérique a permis de rendre accessible un supplément manuscrit de 700 pages, qui n'avait jamais été publié.

CONTACT
→ **Philippe Caron**
Laboratoire « Lexiques, dictionnaires, informatique », Villetaneuse
philippe.caron@univ-poitiers.fr

NEUROSCIENCES

Ces neurones qui gardent la peur en mémoire

C'est une première : une équipe internationale, comprenant un chercheur CNRS, a réussi à apporter la preuve qu'un souvenir est encodé au sein d'un réseau de neurones spécifique et identifiable ! *« Auparavant, nous avions montré que les neurones qui surproduisent une substance particulière, la protéine CREB (Cyclic adenosine monophosphate Response Element-Binding), situés dans une région du cerveau appelée "amygdale latérale", sont activés lorsqu'on évoque un événement qui fait peur. Mais personne n'avait réussi à identifier précisément et rigoureusement le réseau de ces neurones dans le cerveau ; ce que nous avons fait ! »*, dit Bruno Bontempi, co-auteur de l'étude et chercheur au Centre de neurosciences intégratives et cognitives [1]. Un grand pas pour la recherche fondamentale, mais aussi pour la recherche clinique. Publié dans la revue *Science* [2], ce résultat pourrait permettre un jour d'effacer les souvenirs d'événements traumatisants.



© S.Josselyn / SickKids Hospital, Toronto, Canada

Ce sont des neurones surproduisant la protéine Creb (flèches) qui gardent la peur en mémoire – les autres neurones de l'amygdale apparaissent en bleu.

Et pour connaître précisément le réseau neuronal impliqué, Bruno Bontempi et ses collègues ont dû fabriquer une « construction génétique » particulière : ils ont inséré dans une même portion d'ADN le gène de CREB, celui d'une protéine fluorescente, et celui d'une substance rendant les neurones sensibles à une toxine donnée, celle de la diphtérie. Les chercheurs ont administré cette construction génétique dans le cerveau de souris. La molécule fluorescente va permettre de situer les neurones où CREB s'exprime. La construction a ainsi été imaginée pour d'une part repérer les neurones de l'amygdale latérale activés lors de la mise en mémoire d'un évènement effrayant – ici un son associé à un choc électrique – et d'autre part, les détruire sélectivement par l'injection d'une toxine.

La construction s'est intégrée dans les neurones en fonctionnement des animaux, dans l'amygdale latérale. Résultat : les neurones surproducteurs de la fameuse protéine CREB sont précisément ceux qui conservent la trace mémorielle la peur. *« La destruction sélective de ces neurones, et non d'autres choisis au hasard, efface les souvenirs de la peur à ce son : les souris ne s'immobilisent plus lorsqu'elles l'entendent »*, précise le chercheur. La localisation de ces neurones pourrait permettre à long terme de développer des traitements capables d'effacer sélectivement un ou plusieurs souvenirs désagréables ou anxiogènes, comme ceux à l'origine d'un stress post-traumatique, survenant par exemple après un attentat ou un accident grave. Mais comme le précise, prudent, Bruno Bontempi : *« Des années de recherche seront encore nécessaires pour en arriver là. »*

Kheira Bettayeb

1. Centre CNRS / Univ. Bordeaux-I et II.
2. *Science*, vol. 323, n° 5920, 13 mars 2009, pp. 1492-1496.

CONTACT

→ **Bruno Bontempi**
Centre de neurosciences intégratives et cognitives, Talence
b.bontempi@cnic.u-bordeaux1.fr

BIOCHIMIE

Un dangereux poison pris sur le fait

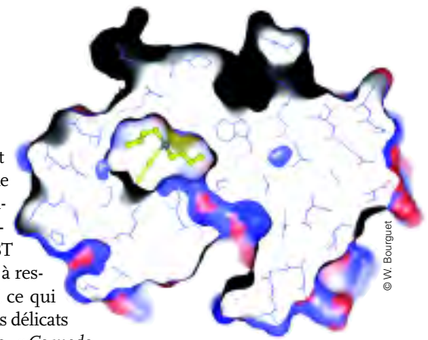
Sournois, ubiquitaires et très toxiques : ce sont les organoétains, petites molécules contenant un atome d'étain. L'industrie semble ne pouvoir s'en passer : on les retrouve aussi bien dans les pesticides que dans les canalisations en PVC, les plastiques et même les couches pour bébés. Leur utilisation dans les peintures marines a eu des effets dévastateurs sur plusieurs populations de mollusques et de poissons. Chez les mammifères, ils agissent sur le système immunitaire, le système reproductif et pourraient même jouer le rôle d'"obésogènes environnementaux", en favorisant l'accumulation de graisse corporelle.

Si les effets toxiques de ces composés commencent à être bien connus, en revanche, leur mode d'action demeurait un mystère… jusqu'à ce que deux équipes de chercheurs montpelliérains, dirigées par William Bourguet, du Centre de biochimie structurale (CBS) [1], et Patrick Balaguer, de l'équipe « Signalisation hormonale, environnement et cancer » à l'Institut de recherche en cancérologie de Montpellier [2], s'emparent du sujet. *« Nous avons élucidé un mécanisme d'action qui pourrait expliquer pourquoi les organoétains, même à des concentrations très faibles, sont des perturbateurs endocriniens aussi efficaces »*, affirme William Bourguet. Pour arriver à ce résultat, les chercheurs se sont penchés sur l'interaction entre un organoétain très toxique, le tributylétain (TBT), et une protéine du noyau des cellules, un facteur de transcription appelé RXRα, de la famille des récepteurs nucléaires. Ces derniers, lorsqu'ils sont activés par leurs hormones naturelles, se fixent sur l'ADN et régulent l'expression de certains gènes.

Les chercheurs ont montré que l'atome d'étain du TBT se lie facilement à l'un des acides aminés – une cystéine – du site actif de RXRα. De plus, entre l'étain et cet acide aminé se forme une liaison covalente, c'est-à-dire une liaison extrêmement solide. Le TBT oblige donc la protéine à rester dans son état actif, ce qui bouleverse les équilibres délicats du système endocrinien. *« Ce mode d'action du TBT semble pouvoir être extrapolé à d'autres récepteurs nucléaires contenant une cystéine dans leur site actif »*, affirme le chercheur.

Paradoxalement, ces recherches sur la dangerosité des organoétains pourraient déboucher sur de nouveaux remèdes contre certaines pathologies. *« L'on sait que des récepteurs nucléaires sont impliqués dans certains types de cancers. Si l'on parvenait à créer un organoétain parfaitement spécifique de ces récepteurs, on pourrait modifier artificiellement leur activité et combattre la maladie »*, conclut William Bourguet.

Sebastián Escalón



© W. Bourguet

Les organoétains comme le TBT (en jaune) sont des poisons très efficaces : lorsqu'ils se fixent sur le site actif d'un facteur de transcription, rien ne peut les en déloger. La protéine se bloque dans son état actif, ce qui affecte les équilibres hormonaux de tout l'organisme.

1. Centre CNRS / Universités Montpellier-I et II / Inserm.
2. Cet institut résulte d'un partenariat entre l'Inserm, l'Université Montpellier-I et le Centre régional de lutte contre le cancer.

CONTACT

→ **William Bourguet**
Centre de biochimie structurale (CBS), Montpellier
william.bourguet@cbs.cnrs.fr

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

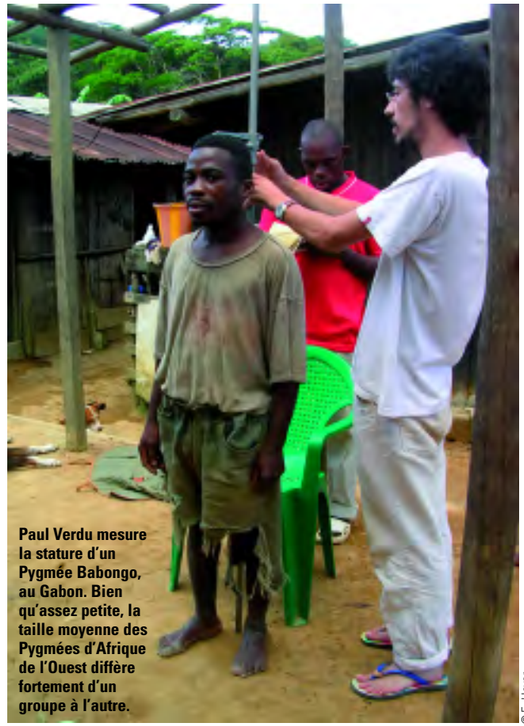
50 000 ans d'histoire génétique des Pygmées

Une grande diversité génétique, des langues différentes, des cultures différentes : les populations pygmées de l'Ouest de l'Afrique centrale n'ont pas de sentiment d'appartenance à un groupe commun. Pourtant, elles ont bien une origine commune, qui remonte à 50 000 ans.

Les Pygmées sont certainement le plus grand groupe de chasseurs-cueilleurs du monde. Et ils sont constitués de nombreuses populations différentes qui n'ont pas le sentiment d'une origine commune. Pourtant, récemment, des travaux de génétique des populations [1] d'une équipe française [2] ont jeté un éclairage inattendu sur l'origine des Pygmées de l'Ouest de l'Afrique centrale, et sur les conséquences des relations qu'ils entretiennent avec leurs voisins agriculteurs sédentaires, non pygmées.

Les chercheurs ont étudié une vingtaine de marqueurs génétiques sur 604 personnes du Cameroun, du Gabon et du Congo, qui proviennent de douze groupes non pygmées et de neuf populations pygmées voisines. Trois résultats notables ont été obtenus.

D'abord, vraisemblablement [3], les Pygmées de l'Ouest de l'Afrique centrale ont divergé des non-Pygmées depuis au moins 50 000 ans. Ils ont ensuite commencé à se fractionner en groupes plus petits il y a seulement 3 000 ans environ. *« D'après nos résultats, tous les groupes pygmées de l'Ouest de l'Afrique centrale ont bel et bien une origine commune »*, résume Paul Verdu, généticien des populations au laboratoire « Écoanthropologie et ethnobiologie » et co-auteur de ces travaux. *« Ce qui est assez étonnant, puisque la catégorie "Pygmées" est une projection d'un mythe occidental sur des populations africaines. Le terme est en effet dérivé d'un mot grec*, pygmaios, *qui signifie "haut d'une coudée". »* Le premier à l'employer fut Homère. *« Puis c'est au XIXe siècle que les premiers explorateurs européens en Afrique centrale ont baptisé "Pygmées" tous les hommes de petite taille qu'ils ont rencontrés, si bien qu'une trentaine de groupes ethniques, dispersés dans huit pays, sont aujourd'hui désignés ainsi. »* D'ailleurs, ce terme englobe des réalités culturelles, écologiques et même morphologiques très variées. *« Selon les groupes, la taille moyenne d'un homme adulte varie, par exemple, de 1,43 à 1,61 mètre. De même, si les Pygmées sont majoritairement des chasseurs-cueilleurs nomades, qui vivent en forêt, certains pratiquent l'agriculture et habitent la savane. Leurs différentes communautés n'ont pas de langue commune. Elles parlent généralement celles des groupes non pygmées voisins, avec lesquels elles entretiennent des relations complexes. »*



© E. Heyer

Paul Verdu mesure la stature d'un Pygmée Babongo, au Gabon. Bien qu'assez petite, la taille moyenne des Pygmées d'Afrique de l'Ouest diffère fortement d'un groupe à l'autre.

Second résultat : chacune des populations pygmées d'Afrique de l'Ouest présente une diversité génétique plus grande que celles des non-Pygmées qui les entourent. *« La date à laquelle, d'après nos résultats, les populations pygmées auraient commencé à se fragmenter, correspond à l'époque de la révolution néolithique dans la région. En favorisant l'expansion des agriculteurs de langue bantoue, ce phénomène a pu entraver la mobilité des Pygmées. Leur groupe d'origine se serait alors fractionné en populations d'assez faible effectif, ce qui aurait conduit, par un phénomène de "dérive génétique", à l'importante variabilité constatée aujourd'hui. »*

Enfin, le flux génique [4] entre Pygmées et non-Pygmées est asymétrique : il s'effectue préférentiellement des non-Pygmées vers les Pygmées. Il trouve peut-être son origine dans la discrimination qui s'exerce en partie sur ces derniers. *« Pour un homme pygmée, il est impossible de se marier à une femme non pygmée. Cependant, il est assez fréquent qu'un homme non pygmée prenne pour épouse une femme pygmée*, explique Paul Verdu. *Théoriquement, les épouses sont alors accueillies dans la famille du mari, mais compte tenu de la pression sociale, un grand nombre de ces "mariages mixtes" se soldent par une séparation. Les enfants, dont la moitié des gènes est non pygmée, retournent alors, avec leur mère, dans la communauté d'origine de celle-ci. Ce flux de gènes, des populations non pygmées vers les populations pygmées, pourrait être renforcé par la présence, chez les Pygmées, d'enfants illégitimes de père non-pygmée. »*

Maintenant, il faudrait comparer le lien de parenté des Pygmées de l'Ouest de l'Afrique centrale avec ceux qui peuplent l'Est du continent, afin de voir si eux aussi ont une origine commune, entre eux d'abord, et avec leurs congénères de l'Ouest ensuite.

Enfin, la génétique pourrait aider à élucider la cause de leur faible stature. *« Il peut s'agir d'une adaptation à l'environnement ou d'un "effet fondateur", si le groupe d'origine était composé d'individus de petite taille. Une thèse vient de débuter, dans notre laboratoire, pour essayer d'y voir plus clair »*, précise le chercheur.

Marie Lescroart

1. Publication dans la revue *Current Biology*, vol. 19, n° 4, 24 février 2009, pp. 312-318.
2. Associant notamment des chercheurs des laboratoires « Éco-anthropologie et ethnobiologie » (CNRS / MNHN), « Écologie, systématique et évolution » (ESE, CNRS / Université Paris-XI / Inst. Sciences et industries du vivant et de l'environnement), « Dynamique du langage » (CNRS / Université Lyon-II) et « Hôtes, vecteurs et agents infectieux : biologie et dynamique » (CNRS / Institut Pasteur).
3. Selon un modèle statistique calculant la vraisemblance de divers « scénarii des origines » à partir de ces données génétiques.
4. Flux génique : échange de gènes entre deux populations par reproduction sexuée.

CONTACT

→ **Paul Verdu**
Muséum national d'histoire naturelle, Paris
verdu@mnhn.fr

BIOLOGIE CELLULAIRE

La seconde jeunesse du cœur

Tout au long de la vie, la plupart des tissus de l'organisme se régénèrent. Des cellules meurent et d'autres, identiques, les remplacent. Or, question régénération, le cœur a plutôt mauvaise réputation : lorsque ses cellules disparaissent naturellement ou à cause d'une maladie, elles ne sont pas remplacées. C'est du moins ce que l'on croyait jusqu'à aujourd'hui. Dans un article publié dans *Science* en avril [1], l'équipe de Jonas Frisén, de l'Institut Karolinska de Stockholm (Suède), en collaboration avec celle de Samuel Bernard, de l'Institut Camille Jordan (ICJ) [2], vient de montrer que les cellules musculaires cardiaques – les cardiomyocytes – se renouvellent aussi. Un résultat qui pourrait se révéler fort utile pour la mise au point de traitements de maladies du cœur et qui s'appuie sur une analyse comparative des plus originales, fondée sur le carbone 14. Explications…

Durant la guerre froide, lors des différents essais nucléaires des années 1950, l'atmosphère s'est chargée en carbone 14 (^{14}C) radioactif. Après leur arrêt, en 1963, la radioactivité a chuté d'année en année, le carbone 14 étant progressivement incorporé dans les plantes, l'océan… À chaque année correspond donc un taux déterminé de carbone 14 dans l'atmosphère. Or, lorsqu'une cellule naît, elle synthétise de l'ADN qui intègre du carbone issu de l'environnement extérieur. En comparant le taux de carbone radioactif de l'atmosphère et celui des cellules, il est possible de déterminer en quelle année elles ont synthétisé leur ADN et donc de donner leur âge. En d'autres termes, les chercheurs ont mesuré le ^{14}C dans les cellules puis ont recherché l'année correspondant à ce taux. Grâce à cette comparaison, ils ont constaté que les cardiomyocytes des 13 personnes de leur étude étaient plus jeunes que leurs propriétaires. En effet, du carbone 14 était présent dans les cardiomyocytes de personnes pourtant nées avant les essais nucléaires. Et chez les individus nés juste au moment des essais, les taux de ^{14}C correspondaient à ceux présents dans l'atmosphère des années après la fin des explosions. Forts de ces résultats, ils en ont déduit que de l'ADN avait bien été synthétisé alors que les personnes étaient adultes, ce qui prouve le renouvellement de ces cellules cardiaques.

Restait alors aux scientifiques à déterminer comment ce renouvellement se déroulait au cours de la vie. « *Nous avons testé une dizaine de modèles mathématiques*, indique Samuel Bernard. *C'est ainsi que nous avons pu déterminer qu'à l'âge de 25 ans, 1 % de ces cellules se renouvelle, tandis qu'à 75 ans, ce taux tombe à 0,45 %. De fait, au cours de la vie d'un individu d'environ 75 ans, la moitié des cardiomyocytes a été renouvelée.* » En revanche, de l'aveu même des chercheurs, cette étude ne permet pas d'indiquer si ces nouvelles cellules sont issues de la division de cardiomyocytes déjà existants ou de cellules souches, ces cellules indifférenciées capables de donner naissance à des cellules musculaires cardiaques. En outre, ce renouvellement reste faible, puisque « *lors d'un infarctus, les lésions du cœur se cicatrisent avec du tissu fibreux et non des cardiomyocytes, ce qui diminue la capacité cardiaque*, précise le mathématicien. *Cependant, ces résultats ouvrent la voie à la mise au point de traitements qui accéléreront ce renouvellement physiologique et compléter ont par exemple des transplantations de cellules souches* ». Des pistes thérapeutiques qui pourraient se confirmer avec les nouvelles études sur le sujet menées actuellement chez des personnes victimes de maladies cardiaques.

Françoise Dupuy-Maury

1. "Evidence for cardiomyocyte renewal in humans", *Science*, vol. 324, n° 5923, 3 avril 2009, pp. 98-102.
2. Institut CNRS / Université Lyon-I / École centrale de Lyon / Insa Lyon.

CONTACT

→ **Samuel Bernard**
Institut Camille Jordan (ICJ), Villeurbanne
bernard@math.univ-lyon1.fr

© Direction Générale des Antiquités et des musées de Syrie.

Cette grande mosaïque, découverte à Nabkha, en Syrie, est probablement datée de 407-408 ap. J.-C. Elle comporte la plus ancienne inscription syriaque chrétienne datée connue à ce jour.

ARCHÉOLOGIE

Sur la piste des chrétiens d'Orient

Estampage relevé sur le site de Basufan. Il est réalisé à partir d'un "papier buvard" mouillé.

En ce mois de juin, une équipe de chercheurs français et syriens arpente la région des villes mortes, en Syrie, à la recherche de très vieilles inscriptions en syriaque, la langue originelle des chrétiens d'Orient. Trois semaines de travail minutieux les attendent.

Après une longue route sur des terrains escarpés, écrasés de chaleur, c'est pour eux une belle récompense que de découvrir enfin, sous un tas de pierres, sur les ruines d'une vieille église, le trésor – les premières inscriptions en langue syriaque – qu'ils sont venus chercher ici. Ici, c'est la région des villes mortes du massif calcaire, au Nord-Ouest de la Syrie, non loin de la frontière turque. Eux, c'est Françoise Briquel-Chatonnet, directrice de recherche au laboratoire « Orient et Méditerranée » [1], et son équipe franco-syrienne. La mission qu'ils accomplissent en Syrie pendant trois semaines chaque année depuis 2006 : relever toutes les notations faites dans cette langue originelle des chrétiens d'Orient. Une entreprise internationale effectuée dans plusieurs pays : le travail est déjà achevé pour le Kerala (Inde) et l'Irak.

« *Le syriaque, c'est en fait la variante chrétienne de l'araméen*, explique Françoise Briquel-Chatonnet. *Une langue attestée depuis le IXe siècle avant J.-C., et qui est encore parlée à l'Est de la Turquie et au Nord de l'Irak. Le syriaque apparaît vers le IIe siècle après J.-C. Il est peu à peu devenu la langue culturelle et liturgique des chrétiens d'Orient. Et c'est en Syrie que se trouvent les plus anciennes inscriptions ! Dans la grande majorité, elles sont de nature religieuse, ce sont des épitaphes, des invocations théologiques, des dédicaces à des saints, des graffitis. Les relever nous permet de remonter aux sources des églises d'Orient, c'est fascinant !* »

Le 1er juin, l'équipe s'est envolée pour Damas afin d'entamer sa quatrième campagne de prospection. À l'issue de ce travail épigraphique, un catalogue sera publié par l'Académie des inscriptions et belles-lettres. Comme les trois précédentes, cette campagne débute par un passage à la Direction générale des antiquités et des musées située dans la capitale. « *Cette institution est partenaire du laboratoire Orient et Méditerranée sur la mission*, précise la chercheuse. *Nous nous arrêtons y chercher nos permis de prospecter et nous y rencontrons les membres syriens de l'expédition.* » En tout, l'équipe est cette année composée de six personnes en plus de Françoise Briquel-Chatonnet [2].

C'est dans la ville d'Idlib, le chef-lieu du *muhafzat* – la province – d'Idlib, dans lequel l'équipe prospecte en ce moment, qu'elle est basée. Cette année encore, trois semaines de labeur intensif attendent les « explorateurs » : chaque jour, ils partent tôt le matin pour visiter un, deux, voire trois des sites repérés au fil des années. « *La région des villes mortes a été abandonnée au VIIIe siècle après J.-C. : elle comporte environ 700 sites archéologiques (villes, villages, établissements agricoles). C'est dans sa partie septentrionale, dans l'arrière-pays d'Antioche, que l'on trouve des inscriptions syriaques. Bien souvent, les sites sont inaccessibles en voiture et il nous faut faire de la randonnée pour les atteindre !* », précise Françoise Briquel-Chatonnet.

Et la difficulté ne s'arrête pas là, car les inscriptions ne sautent pas toujours aux yeux. Pour les trouver, il faut passer la zone au peigne fin, soulever la moindre pierre. Quand enfin elles sont localisées, le travail peut commencer : il faut d'abord étudier le contexte des inscriptions (sur quel type de bâtiment elles se trouvent, à quel emplacement), mesurer leurs dimensions, les décrire (technique, support, etc). Ensuite, les chercheurs mettent « la main à la pâte » : ils nettoient les inscriptions à la brosse et à l'eau puis les photographient sous toutes les coutures (de près, de loin, sous différents angles), les décalquent à l'aide de feutres indélébiles sur papier plastique. « *Si les inscriptions sont particulièrement intéressantes, on en prend un estampage*, précise Françoise Briquel-Chatonnet : *on y applique une sorte de papier buvard mouillé qui épouse complètement leur forme et, séché, la conserve quand on le décolle. Et si cela n'est pas réalisable – lorsque les motifs sont trop creusés par exemple –, nous utilisons une pâte à modeler pour prendre les empreintes. Nous photographions ensuite ce moulage.* » Une opération qui permet aux chercheurs de reproduire fidèlement l'inscription : ses aspérités, son épaisseur, etc.

Comme la région des villes mortes se repeuple progressivement, il n'est pas rare que l'équipe croise un groupe d'habitants. « *Certains se sont déjà montrés particulièrement intrigués, persuadés que nous étions sur la piste d'un véritable trésor* », s'amuse la chercheuse. Ce qui est un peu vrai, puisque ces scientifiques enrichissent notre connaissance de ces langues anciennes !

Émilie Martin

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-IV et Paris-I / Collège de France / Éc. pratique des hautes études Paris.
2. Il s'agit d'Alain Desreumaux, du même laboratoire, du Dr Widad Khoury, de la Direction générale des antiquités et des musées, de deux doctorants français, d'un étudiant en archéologie de l'université d'Alep, et d'Ihsan Ishaq, le précieux guide et chauffeur de la troupe.

Inscription du site de Dar Qita qui est répartie sur deux pierres : photo d'une des pierres et dessin final pour la publication qui reprend l'ensemble.

CONTACT

→ **Françoise Briquel-Chatonnet**
Laboratoire « Orient et Méditerranée », Villejuif
f.briquel-chatonnet@college-de-france.fr

© Photos : Mission franco-syrienne. Inscriptions syriaques de Syrie

Sur le site de Basufan, l'équipe est en plein travail. Avant de relever les inscriptions, il faut nettoyer le support à la brosse puis à l'eau. Ci-contre, un estampage sèche sur une inscription du site de Kafr Kila.

BRÈVE

Un traitement allégé contre la tuberculose

Une molécule capable d'augmenter l'efficacité des traitements contre les formes du bacille de la tuberculose résistantes aux antibiotiques a été mise au point par une équipe de chercheurs de l'Inserm, de l'Institut Pasteur de Bruxelles et de l'Institut de biologie de Lille [1]. Chaque année, dix millions de personnes sont touchées par la tuberculose. Il existe bien des traitements antibiotiques mais leur mauvaise observance, liée notamment à des effets indésirables, entraîne l'apparition de résistances. Un autre traitement est alors possible, mais il s'avère encore plus toxique pour l'organisme et provoque hépatites, troubles neurologiques et intolérances digestives sévères. Les scientifiques ont donc adopté une approche inédite : réduire les doses d'antibiotiques en améliorant leur rendement. La substance synthétisée, nommée BDM31343, augmente la production d'une enzyme bactérienne nécessaire à l'activation de l'antibiotique : le bacille devient hypersensible au traitement. Le résultat est probant. Chez la souris, la dose de médicament suffisante à la guérison est divisée par trois en présence de cette molécule [2] et elle ne pose plus de problème de toxicité pour l'organisme. Les premiers essais chez l'homme sont attendus à l'horizon 2012.

1. Laboratoire CNRS / Universités de Lille-I et II / Institut Pasteur.
2. *Nature Medicine* 15, pp. 537-544, 2009.

→ **Pour en savoir plus : www.nature.com/nm/journal/v15/n5/abs/nm.1950.html**

ALZHEIMER

Un nouveau test pour un meilleur diagnostic

Grâce à des brevets déposés par le CNRS, la société strasbourgeoise Innovative Health Diagnostics développe deux tests permettant d'identifier rapidement la maladie d'Alzheimer. Leur commercialisation est prévue pour fin 2010.

Voici un bel exemple de recherches purement fondamentales en passe d'aboutir à une application à fort enjeu sociétal : l'arrivée sur le marché fin 2010 d'un kit pour détecter à partir de quelques gouttes de sang la maladie d'Alzheimer. Cette dernière, qui affecte le tissu cérébral et les fonctions mentales, touche en effet 26 millions de personnes âgées dans le monde. Tout commence au milieu des années 1990 au Laboratoire de neurobiologie cellulaire de Strasbourg, aujourd'hui devenu l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives (INCI) du CNRS. *« Nous travaillions alors sur une sonde fluorescente permettant de visualiser les changements de conformation d'une enzyme, la protéine kinase C (PKC), impliquée dans le fertilisation des œufs d'oursins »*, explique Jean de Barry, chercheur dans ce laboratoire. De la pure recherche fondamentale en somme.

Mais une découverte scientifique va changer la donne. En effet, de nouveaux travaux indiquent qu'une protéine située dans la membrane cellulaire des globules rouges des patients atteints de la maladie d'Alzheimer est déficiente. Or, les scientifiques savaient que l'activité de cette protéine était régulée par la PKC… D'où l'idée de voir si la PKC présentait une conformation particulière chez ces patients. Le projet de mise au point d'un diagnostic sanguin de la maladie venait de germer ! Nom de code : Diagalz. Mais ce premier test expérimental qui scrutait la forme de la PKC avait une limite : *« Cette sonde fluorescente n'était pas assez stable pour une utilisation dans un cadre clinique »*, se souvient le scientifique. Une fois encore, les compétences des équipes du CNRS sont mises à contribution. Le chercheur fait ainsi appel au Laboratoire des matériaux, surfaces et procédés pour la catalyse (LMSPC)[1] de Strasbourg. Le savoir-faire de ce labo dans la synthèse des fluorophores – molécules chimiques capables d'émettre de la lumière fluorescente – aboutit à la mise au point d'une sonde plus performante.

Retour en 2009. Afin de développer un kit diagnostic commercial, Jean de Barry crée la société Innovative Health Diagnostics (IHD) avec deux associés, en octobre dernier. L'entreprise a en effet obtenu du CNRS le droit d'exploiter les brevets protégeant les méthodes de diagnostic et les réactifs mis au point par l'équipe du chercheur. Dans la pratique, IHD développe aujourd'hui deux tests complémentaires dont la combinaison permet un diagnostic plus fiable. *« Le premier mesure le changement de conformation de la PKC provoqué par l'interaction du peptide β amyloïde, caractéristique de la maladie, avec les membranes cellulaires des globules rouges*, précise le chercheur. *Quant au second, il détecte directement la présence du peptide adhérant aux membranes. »* Après avoir prouvé leur efficacité sur des modèles cellulaires et sur des animaux qui reproduisent la maladie, les deux tests sont en cours de validation sur l'homme dans le cadre d'études cliniques. *« Si tout se passe bien, nous pourrions les commercialiser dès la fin 2010 »*, annonce-t-il.

© A. Secco/CNRS

Le kit diagnostic d'IHD détecte des biomarqueurs sanguins de la maladie grâce à des sondes fluorescentes. Ici, un technicien fait interagir ces sondes avec des globules rouges.

L'arrivée d'un tel kit sur le marché pourrait révolutionner le diagnostic de la maladie d'Alzheimer. Aujourd'hui, celui-ci combine un examen clinique, des tests psychoneurologiques et de l'imagerie cérébrale. *« La fiabilité de cette méthode actuelle est de 90 %, tandis que la nôtre avoisine les 99 %*, indique Jean de Barry. *De plus, sous réserve de confirmation par une étude clinique, nos tests pourront être utilisés avant l'apparition des premiers symptômes, raccourcissant le délai de prise en charge du malade qui est aujourd'hui de deux à quatre ans. »* Autres arguments de taille : seules quelques gouttes de sang et quelques heures suffisent pour obtenir les résultats de ces deux tests très simples d'utilisation qui devraient être commercialisés à un prix abordable. Autant d'avantages concurrentiels face au développement de méthodes plus lourdes comme la recherche de biomarqueurs par ponction lombaire ou la mesure du volume de l'hippocampe par IRM[2].

L'éventuelle mise en place par les pouvoirs publics d'une politique de dépistage systématique de la maladie chez les plus de 65 ans favoriserait la commercialisation du kit d'IHD. Ce dernier pourrait aussi contribuer à identifier avec plus de fiabilité les patients atteints de la maladie en vue de leur sélection pour des études cliniques. Mais outre leur utilisation comme diagnostic, les tests d'IHD devraient également permettre d'évaluer l'efficacité des médicaments curatifs en cours de développement. *« Et dès qu'un médicament de ce type sera commercialisé, notre trousse de diagnostic servira à moduler le traitement en fonction des résultats obtenus, dans une logique de médecine personnalisée »*, précise Jean de Barry. Les applications potentielles sont donc diverses et prometteuses. Et les perspectives de mieux lutter contre cette maladie toujours plus nombreuses.

Jean-Philippe Braly

1. Laboratoire CNRS / Université Strasbourg-I.
2. Lire *Le journal du CNRS*, n° 230, mars 2009, p. 24.

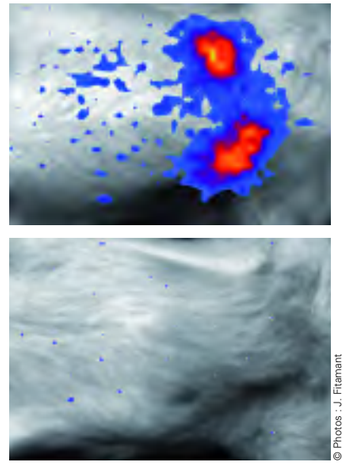
CONTACT

→ **Jean de Barry**
Innovative Health Diagnostics
jean.debarry@ihdiag.com

NETRIS-PHARMA

Des « leurres » contre le cancer

Certaines cellules cancéreuses utilisent une molécule, dite ligand, pour neutraliser des récepteurs chargés de provoquer leur mort en cas de multiplication anarchique. Des chercheurs développent des molécules leurres pour court-circuiter ce ligand.



© Photos : J. Fitamant

Chez la souris, la molécule développée par Netris-Pharma, basée sur le concept des récepteurs à dépendance, s'est avérée efficace (en bas) contre les métastases pulmonaires du cancer du sein (en rouge et bleu, en haut).

C'est une toute jeune start-up créée en juin 2008 par deux chercheurs CNRS lyonnais… Comme, parfois, la valeur n'attend pas le nombre des années, Netris-Pharma est déjà courtisée par plusieurs grandes firmes pharmaceutiques ! Et pour cause, cette société de biotechnologie planche sur une voie de recherche prometteuse pour traiter notamment des cancers du sein actuellement incurables : les cancers « métastatiques », qui se développent à distance du lieu initialement affecté.

De quoi s'agit-il précisément ? D'une nouvelle thérapie reposant sur une découverte inédite : les « récepteurs à dépendance », identifiés en 1998 par l'un des cofondateurs de Netris-Pharma, Patrick Mehlen, directeur du laboratoire « Apoptose, cancer et développement »[1] au centre anticancéreux Léon Bérard de Lyon. *« Il s'agit, en fait, de molécules à la surface des cellules*, précise Agnès Bernet, cofondatrice de la start-up et chercheuse dans le même laboratoire. *Normalement, ces récepteurs entraînent la mort de toute cellule qui se multiplie de façon anarchique. Mais dans le cas du cancer, les cellules cancéreuses produisent, de façon autonome, des molécules appelées "ligands", qui se fixent sur ces "récepteurs à dépendance", ce qui protège les cellules tumorales de la mort. »*

Selon une étude réalisée par les cofondateurs de Netris-Pharma sur des tissus prélevés chez des patientes, dans 60 % des cancers métastasiques du sein, les cellules tumorales fabriquent en quantité anormalement élevée un de ces ligands, la Nétrine-1. *« Nous avons donc eu l'idée de développer des molécules "leurres" capables de capter les ligands, les empêchant de se fixer sur les récepteurs, ce qui permet d'induire de nouveau la mort de la cellule cancéreuse »*, poursuit Agnès Bernet. Ses collègues et elle ont déjà développé une première « molécule leurre » qui capte le ligand Nétrine-1. Ils l'ont baptisée Anétrine-1. Mais d'autres molécules sont déjà en préparation : les scientifiques espèrent en effet en concevoir une quinzaine capables de capter les ligands des autres récepteurs à dépendance découverts par le laboratoire. De quoi obtenir toute une série de nouveaux traitements ciblés contre les cellules tumorales ! *« Pour mener à bien ces études, nous souhaitons collaborer très vite avec des firmes pharmaceutiques afin de leur céder nos licences ; cela nous permettra de financer nos recherches sur les autres couples récepteurs/ligands. Des contrats de collaboration sont en cours avec plusieurs grandes firmes pharmaceutiques et des investisseurs »*, explique Agnès Bernet.

La société espère se séparer de sa première licence à l'horizon 2010 pour un coût évalué à plus de 10 millions d'euros. *« Bien sûr, nous ne la céderons que si les conditions de collaboration nous satisfont*, souligne Agnès Bernet. *Sinon, nous recourrons à des investisseurs pour mener nous-mêmes les premiers tests d'efficacité de nos molécules leurres chez l'homme. »* En attendant, Netris-Pharma continue ses recherches grâce au financement de plus de 1 million d'euros que la start-up a déjà obtenu sous forme de fonds privés de sociétés et de fonds publics alloués par l'Agence nationale de la recherche (ANR) ou le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Kheira Bettayeb

1. Laboratoire CNRS / Université Lyon-I / Centre anticancéreux Léon Bérard.

CONTACTS

→ **Agnès Bernet,** bernet@lyon.fnclcc.fr
→ **Patrick Mehlen,** mehlen@lyon.fnclcc.fr

BRÈVES

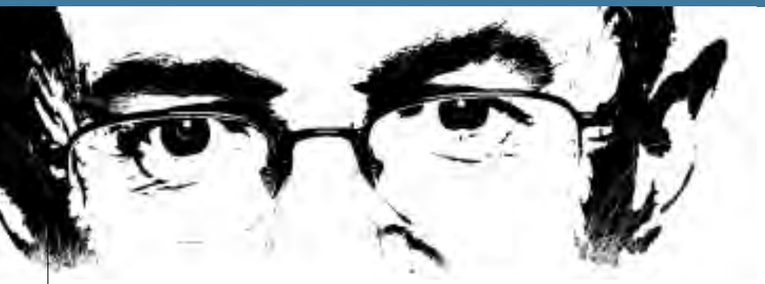
Microsoft et le CNRS unis pour le développement durable

La première chaire Microsoft-CNRS a été inaugurée le 3 juin dernier, à l'École polytechnique, à Palaiseau. Intitulée « Optimisation et développement durable », elle est consacrée au développement de techniques dites « d'optimisation stochastique multi-objectifs » appliquées au développement durable. Il s'agit en fait de modéliser les problèmes soulevés par le développement durable – dont les deux objectifs principaux, préservation des ressources naturelles et développement économique, peuvent paraître contradictoires – en prenant en compte certaines contraintes liées à des phénomènes aléatoires. Ces techniques touchent à divers domaines : la recherche opérationnelle, c'est-à-dire l'aide à la décision, la programmation stochastique, la programmation mathématique et l'informatique. Les responsables scientifiques de la chaire sont Philippe Baptiste, directeur du Laboratoire d'informatique de l'X (LIX)[1], et Youssef Hamadi, de Microsoft Research.

1. Laboratoire CNRS / École polytechnique.

→ **130**

C'est le nombre des brevets qui sont exploités et font l'objet d'un accord avec une industriel, sur les 295 brevets que le CNRS a déposés en 2008 en tant que propriétaire ou copropriétaire. L'ensemble est compilé dans un document en ligne sur Internet qui contient une présentation en fiches des brevets et des entreprises qui ont été créées.
> **www.cnrs.fr/dpi/une/decouvertes.htm**



Nicolas Herpin, sociologue à l'Observatoire sociologique du changement (OSC), directeur de recherche au CNRS et chargé de mission à l'Insee[1]

Les Français consommateurs durables… en théorie !

Les opérations de sensibilisation à une meilleure consommation se multiplient (Semaine du développement durable, Assises nationales du développement durable, Journée de la Terre…) et nous semblons de plus en plus acquis à la cause qu'il faut faire durer les ressources de la planète. Cela se traduit-il dans les pratiques des Français au quotidien ?

Nicolas Herpin : Au-delà du tri sélectif des ordures, que les ménages respectent assez largement, leur comportement vertueux ne va pas beaucoup plus loin. Les évolutions récentes de la consommation ne sont globalement pas en phase avec la réforme écologique. Prenons l'exemple de l'alimentation : les produits « bio » commercialisés à des prix relativement plus élevés que les autres peinent à s'installer dans le panier de la ménagère. Des produits industriels trop sucrés, trop gras et dont la valeur nutritionnelle est faible mais qui ne demandent aucune préparation constituent l'essentiel de l'alimentation de nombreux jeunes.
Dans l'habillement, rien n'indique non plus un retour du goût vers des articles durables voire recyclables. Au contraire, la tendance est de faire des modes s'adressant à toutes les strates de la société, donc à petits prix. C'est ce que les anglo-saxons appellent des « *fast clothes* », dont la caractéristique essentielle est d'être « tape-à-l'œil » et de ne pas résister au-delà du premier lavage.

Comment expliquer ces tendances ?

N.H. : C'est d'abord l'information du consommateur qui est déficiente. Reprenons le cas des vêtements. Un rapport de l'Université de Cambridge compare l'empreinte carbone des tissus, en particulier celle du coton et celle des fibres synthétiques. Les résultats remettent en question l'usage du coton, généralement considéré comme « durable ». Si sa fabrication est assez faible en énergie, son coût d'entretien est très élevé (lavage à haute température, emploi de détergents très polluants pour l'eau, repassage, etc.) par rapport à la viscose. Il y a ensuite la contrainte budgétaire, particulièrement serrée pour les milieux modestes. Les produits bio coûtent plus cher. Il y a aussi et surtout le mode de vie qui crée des besoins. Habiter une maison dans la périphérie d'une grande agglomération oblige à avoir deux voitures si les deux membres du couple sont actifs. Enfin, une fois que l'individu s'est habitué à vivre d'une certaine façon, il peut trouver beaucoup de bonnes raisons de ne pas changer son mode de vie.
En se passant de voiture, une personne estimera qu'elle contribue généreusement au développement durable… mais, à côté de cela, elle fait deux longs trajets touristiques par avion et par an, engendrant autant de gaz à effet de serre qu'une voiture sur toute l'année. Face à ces tendances lourdes, les convictions écologiques restent à l'état de bonnes intentions.

« Face à ces tendances lourdes, les convictions écologiques restent à l'état de bonnes intentions. »

Par ailleurs, la crise financière n'incite pas les consommateurs à modifier leurs comportements dans un sens écolo. Le parc automobile, en particulier, en fait les frais : avant la crise, le renouvellement de ce parc laissait apparaître un intérêt pour les voitures hybrides. Mais avec la baisse des prix des carburants, les bonnes résolutions semblent oubliées. Même les voitures hybrides sont en fort recul, alors que leurs constructeurs n'arrivaient pas à satisfaire la demande au premier semestre 2008.

Mais à votre avis, existe-t-il une déception à l'égard de la consommation de masse ?

N.H. : Oui, effectivement, mais la contestation de la société de consommation n'est pas nouvelle. Rappelez-vous le choc pétrolier en 1973, l'absurdité économique des encombrements de la circulation et la dénonciation du gaspillage des ressources énergétiques. Aujourd'hui, ce désaveu dispose de deux atouts pour acquérir une puissance et une durabilité inédites : il est peu marqué politiquement, et le réchauffement climatique rend chaque jour plus urgent de consommer autrement. Ailleurs, les idées bougent aussi. D'autres pays comme la Chine et l'Inde, qui sont des nouveaux venus à la société de consommation, prennent des mesures pour éviter les erreurs de parcours… si difficiles à corriger maintenant dans les pays occidentaux les plus riches.

Y a-t-il un profil des Français prêts à consommer autrement ?

N.H. : Les mieux disposés sont les jeunes, et notamment ceux qui ont fait ou font des études longues. Mieux que les personnes plus âgées, ils conçoivent les nouvelles opportunités qu'offre la période actuelle dans l'organisation matérielle de leur vie privée. Dans les emplois aussi, et notamment dans le domaine des énergies renouvelables, les jeunes apportent de nouvelles qualifications et de nouvelles idées pour produire autrement.

Propos recueillis par Patricia Chairopoulos

1. Auteur avec Daniel Verger de l'ouvrage *Consommation et modes de vie en France, une approche économique et sociologique sur un demi-siècle*, collection « Grands repères », éd. La Découverte, 2008

CONTACT
→ **Nicolas Herpin**
Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), Paris
nicolas.herpin@insee.fr

Anne-Valérie Ruzette
Séduite par le plastique

Pare-chocs de voiture, verres de lunettes, touillette à café, tous ces objets sont liés à mes recherches », s'amuse Anne-Valérie Ruzette, du laboratoire « Matière molle et chimie »[1], à Paris. Point commun ? Ils sont faits de polymères, plus connus sous le nom abusif de « plastique ». Mais des plastiques devenus hyperrésistants aux chocs, ou bien qui ne craignent plus la chaleur, etc., et qui permettent de fabriquer désormais toutes sortes d'objets dont la vie mouvementée réclamait auparavant des matières classiques comme le verre ou le métal. « *Mes travaux consistent à imaginer ces nouveaux matériaux aux propriétés inédites, à les synthétiser chimiquement puis à les tester* », reprend la jeune femme de 36 ans, affable et volubile, dont le parcours a été salué l'an dernier par la médaille de bronze du CNRS.
Comment devient-on designer de matériaux ? En suivant la voie royale, une école d'ingénieur civil, la seule filière qui dans son pays d'origine, la Belgique, filtre à coup d'examen d'entrée. Elle se spécialise en sciences des matériaux et, lors d'un séminaire, la brillante étudiante est remarquée par un chercheur du Massachusetts Institute of Technology (MIT) de Cambridge, aux États-Unis. « *Il m'a invitée là-bas pour un stage d'été* », se souvient-elle. Son goût pour l'aspect créatif de la recherche se développe. L'année suivante, elle retourne donc au MIT pour y faire une thèse qui durera quatre ans. « *Je me suis alors tournée vers le domaine des plastiques, un univers bien plus récent que celui des métaux, et vraiment riche de découvertes à venir* », s'enthousiasme-t-elle. Mais son mari est français et l'Europe lui manque…
Pour son postdoc, elle choisit donc Paris. « *J'ai été attirée par le laboratoire où je travaille aujourd'hui encore : tout en faisant figure de référence en recherche fondamentale, il est très ouvert sur les applications industrielles* », explique-t-elle avec conviction. Son talent fera le reste, et dès l'année suivante, elle réussit le concours d'entrée au CNRS.

« En France, j'ai notamment tourné mes recherches vers les copolymères à bloc », reprend Anne-Valérie Ruzette. Pour comprendre ce dont il s'agit, revenons d'abord sur les polymères : ces très grandes molécules sont composées de motifs qui se répètent, les monomères. « *Ceux-ci sont comme les "perles" d'un collier* », illustre la jeune chercheuse dans un sourire. Et lorsque plusieurs séquences de « perles » différentes s'enchaînent, selon un ordre particulier, on parle de copolymère à bloc. Intérêt ? Les propriétés mécaniques des différentes séquences qui composent le « collier » se combinent ! « *Et c'est ainsi qu'on obtient des matériaux aux propriétés nouvelles.* » Facile à dire, mais plus ardu à faire. « *En pratique, nous partons de polymères existant déjà et on essaie de forcer la nature pour les mélanger entre eux car ils sont généralement non miscibles.* »

« Pare-chocs de voiture, verres de lunettes, touillette à café, tous ces objets sont liés à mes recherches. »

© CNRS Photothèque

Heureusement, Anne-Valérie Ruzette est arrivée sur la scène de la chimie à point nommé. Les nouvelles méthodes de synthèse viennent en effet de faire des progrès remarquables : créer des conditions de pureté et de vide absolus n'est ainsi plus indispensable pour travailler sur les copolymères à bloc. « *C'est grâce à cela que des ingénieurs comme moi, non spécialisés en chimie au départ, ont pu se lancer dans cette voie prometteuse* », souligne-t-elle. Déjà à son actif : un nouveau plexiglas, plus résistant aux chocs tout en restant parfaitement transparent.
Et des collaborations avec de grands industriels comme Arkema et Total. Et pour la suite ? « *Actuellement je suis en congé parental* », explique la jeune femme à l'allure impeccable, qui vient d'avoir sa quatrième petite fille. « *À l'avenir, je rêve d'orienter mes recherches vers le domaine du vivant.* » En étudiant les propriétés mécaniques de matériaux d'origine végétale par exemple ? « *C'est encore trop tôt et trop flou pour en parler…* », insiste-t-elle, devenue subitement bien mutique…

Charline Zeitoun

1. Laboratoire CNRS / École supérieure de physique et chimie industrielles de Paris (ESPCI).

CONTACT
→ **Anne-Valérie Ruzette**
Laboratoire « Matière molle et chimie », Paris
anne-valerie.ruzette@espci.fr

EMBRYON
GREFFES
PROCRÉATION ASSISTÉE

La bioéthique EN DÉBAT

© Illustrations du dossier : Stéphane Kiehl pour le journal du CNRS

LA SOCIÉTÉ CHANGE, LA LOI AUSSI > **19** /// EMBRYON : UN CASSE-TÊTE POUR LE LÉGISLATEUR > **21** /// PROCRÉATION ASSISTÉE : LA LOI FACE À L'ÉVOLUTION DES MŒURS > **23** /// GREFFES : LES FAILLES DE LA LOI > **25** /// COMMENT ENCADRER LES SCIENCES ÉMERGENTES ? > **26**

Il y a quinze ans, la France était le premier pays au monde à se doter de lois dédiées à la bioéthique, c'est-à-dire à « l'éthique du vivant ». Avec les progrès rapides de la science et de la médecine, de nouvelles questions émergent. Ces lois sont donc régulièrement révisées afin de préserver au mieux l'intégrité de la personne. La révision des lois de 2004, qui aboutira en 2010, est en chantier. Avec deux grands évènements : la création d'une mission parlementaire et le lancement d'états généraux, qui donnent la parole tant aux experts qu'aux citoyens. Une première ! Une synthèse des réflexions sera présentée lors d'un colloque national le 23 juin prochain. La bioéthique est l'affaire de tous et des chercheurs en particulier. *Le journal du CNRS* se penche sur ces questions très sensibles, dont les réponses dessineront la société de demain.

La société change, la loi aussi

Assistance à la procréation, greffes d'organes, recherches sur l'embryon, diagnostic avant la naissance et tests génétiques, clonage, neurosciences... Les sciences et techniques du vivant sont désormais capables de prouesses qui ne vont pas sans interroger notre morale. Que faut-il autoriser et interdire ? Jusqu'où sommes-nous prêts à aller pour avoir un enfant, réparer un organisme ? Et finalement, comment concilier la nécessaire protection de la dignité humaine et des personnes plus vulnérables et la liberté de disposer de notre corps comme bon nous semble ? C'est à toutes ces questions que s'intéresse la bioéthique, objet d'états généraux qui doivent s'achever ce mois-ci et d'une mission parlementaire, organisés dans le cadre de la révision des lois dites de bioéthique de 2004 *(lire l'encadré ci-dessous)*.

LA PAROLE AUX CITOYENS

C'est pour mieux impliquer le citoyen dans le débat sur la révision de la loi de 2004 qu'ont été organisés dès le début de l'année 2009 les états généraux de la bioéthique. Leur objectif : instruire les citoyens des progrès effectifs de la science et leur permettre de mieux comprendre les enjeux de la bioéthique. Point d'orgue de cette manifestation : la tenue de trois grands forums, le 9 juin à Marseille, sur les cellules souches et le diagnostic avant la naissance, le 11 à Rennes, sur la procréation médicalement assistée, et le 16 à Strasbourg, sur les greffes et les tests génétiques. Scientifiques, philosophes, juristes, représentants d'associations ou de religions répondront aux questions du public. Ces trois forums se concluront par un colloque national le 23 juin à Paris. Par ailleurs, les grands courants religieux ont eux aussi conduit une réflexion sur la question. La mission parlementaire d'information sur la révision des lois de bioéthique, présidée par le député Alain Claeys, devra quant à elle remettre ses conclusions au cours du second semestre 2009, avant que ne commence le débat proprement dit au Parlement pour aboutir à une nouvelle loi en 2010.

F.D.

→ **Pour en savoir plus :** www.etatsgenerauxdelabioethique.fr

Aujourd'hui, la bioéthique dispose en effet d'un véritable arsenal législatif, tant international – depuis la Déclaration universelle des droits de l'homme de 1948 jusqu'à la Déclaration universelle sur la bioéthique et les droits de l'homme de 2005 – que national. La France est d'ailleurs le pays champion en la matière. Il est le premier au monde à se doter d'une instance – le Comité consultatif national d'éthique, créé en 1983 – dont le rôle est de stimuler le débat et d'y faire participer les citoyens.

LES DÉBUTS DE LA LOI FRANÇAISE

Après les lois sur l'interruption volontaire de grossesse, en 1975, et celles sur l'encadrement des recherches médicales sur la personne, en 1988, le Parlement vote la première loi de bioéthique en 1994. Elle inscrit au Code civil des grands principes : le >

Embryon Chez l'être humain, l'embryon est considéré comme tel jusqu'à la 8e semaine de développement. Il mesure alors environ 5 millimètres.

Clonage La technique consiste à créer un embryon génétiquement identique à une personne. Pour cela, le noyau d'une cellule du donneur, qui contient son patrimoine génétique, est transféré dans un ovocyte, auquel on a retiré son noyau. Pour le clonage dit « reproductif », l'embryon est implanté dans l'utérus d'une femme. Pour le clonage dit « thérapeutique », l'embryon fournit uniquement des cellules souches embryonnaires.

Embryon : un casse-tête pour le législateur

> corps humain devient *« inviolable »* et *« ses éléments et ses produits ne peuvent faire l'objet d'un droit patrimonial »*. En d'autres termes, le corps humain – ses organes, ses fluides – ne sauraient être commercialisés. Le consentement du patient ou de sa famille, la gratuité et l'anonymat des dons (de gamètes ou d'organes) sont rendus obligatoires. Les tests génétiques, les greffes, les diagnostics avant la naissance (dans le cas d'une fécondation in vitro), la procréation médicalement assistée sont désormais bien encadrés. Les recherches sur l'embryon sont interdites. La loi comporte aussi un dispositif assez inédit : il y est inscrit qu'elle sera révisable au bout de cinq ans, ceci afin de prendre en compte les progrès de la science et l'évolution de la société.

Fécondation in vitro Technique qui consiste à ponctionner des ovocytes chez la future mère, puis à les mettre en culture, in vitro, avec des spermatozoïdes pour que ceux-ci les fécondent. Les embryons ainsi formés sont ensuite transférés dans l'utérus.

Il faut cependant attendre 2004 pour que cette révision ait lieu car certaines dispositions de la loi de 1994 sont longtemps restées lettre morte, faute de décrets d'application. Comme le rapportent les députés Alain Claeys et Jean-Sébastien Vialatte, chargés d'évaluer les lois de bioéthique pour le compte de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, *« près de cinq ans après sa promulgation, la loi du 29 juillet 1994 n'était pas encore intégralement applicable »*[1]. Une situation qui se reproduit – mais dans une moindre mesure – pour la révision de 2004, dont la majorité des décrets ne paraît qu'en 2006. *« Il y a quand même eu une nette amélioration par rapport à 1994*, indique aujourd'hui Jean-Sébastien Vialatte, député du Var. *Même si des décrets importants n'ont toujours pas été pris, comme celui qui permet l'information de la famille en cas d'anomalie génétique chez un patient. »* Anomalies transmissibles qui pourraient avoir des conséquences au-delà de sa propre personne. Cette loi reprend les grands principes de celle de 1994 avec quelques nouveautés, comme l'instauration de dérogations pour les recherches sur l'embryon. Et encore une fois, sa révision au bout de cinq ans y est inscrite noir sur blanc. D'où la création en 2008 de la mission parlementaire dédiée et le lancement des états généraux de la bioéthique, censés alimenter la réflexion collective sur le sujet.

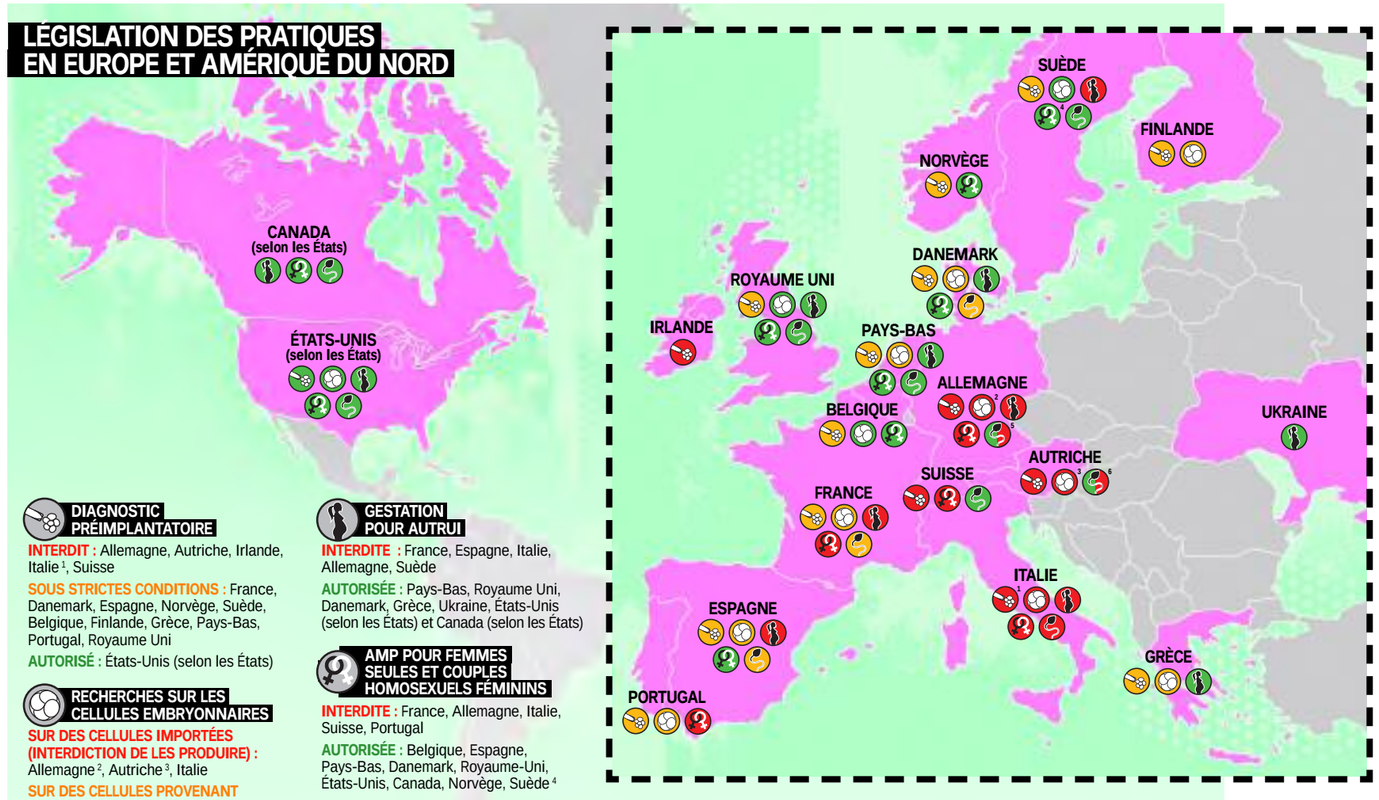
INCONTOURNABLE MONDIALISATION

Et c'est dans un contexte scientifique et sociétal encore nouveau que cette révision va avoir lieu courant 2010. La mondialisation apporte son lot de difficultés. Le Comité d'éthique note ainsi que *« la pérennité des principes dans un contexte international permissif pose question. La diffusion incontrôlée par Internet de tests génétiques ou d'offres de services mettant en œuvre diverses techniques de manipulation des éléments du corps humain est très inquiétante*[2] *»*. Le législateur, lui, est attendu au tournant sur de nombreux sujets. Beaucoup plaident pour que la question des recherches sur l'embryon et sur les cellules embryonnaires soit définitivement tranchée, dans un sens ou dans l'autre. *« Le système de dérogation arrive à terme en 2011, il faut de toute façon que nous prenions une décision »*, indique Jean-Sébastien Vialatte. L'évolution des mœurs pose la question des critères d'accès à la procréation médicalement assistée. Quant aux greffes d'organes, elles restent encore trop limitées du fait de verrous à la fois moraux et légaux. Et c'est sans compter les problèmes éthiques soulevés par l'émergence des neurosciences, que la loi de 2004 ignore pour le moment. La révision semble donc arriver à point nommé. Pour autant, Jean-Sébastien Vialatte s'interroge : *« Ne faudrait-il pas plutôt l'évaluer régulièrement et l'adapter le cas échéant plutôt que la remettre en chantier totalement ? »* De nombreuses voix s'élèvent en effet pour dire que le délai de cinq ans est trop court pour à la fois appliquer la loi et apprécier sa pertinence. Gageons que ce sujet pratique fera partie du débat, au même titre que les grandes questions d'éthique.

Fabrice Demarthon

1. *La loi bioéthique de demain*, rapport n° 1325/107 de l'OPECST.
2. Avis n° 105 du CCNE, 9 octobre 2008.

LÉGISLATION DES PRATIQUES EN EUROPE ET AMÉRIQUE DU NORD



DIAGNOSTIC PRÉIMPLANTATOIRE

INTERDIT : Allemagne, Autriche, Irlande, Italie[1], Suisse

SOUS STRICTES CONDITIONS : France, Danemark, Espagne, Norvège, Suède, Belgique, Finlande, Grèce, Pays-Bas, Portugal, Royaume Uni

AUTORISÉ : États-Unis (selon les États)

RECHERCHES SUR LES CELLULES EMBRYONNAIRES

SUR DES CELLULES IMPORTÉES (INTERDICTION DE LES PRODUIRE) : Allemagne[2], Autriche[3], Italie

SUR DES CELLULES PROVENANT UNIQUEMENT D'EMBRYONS SURNUMÉRAIRES ISSUS DE FIV : Danemark, Grèce, Espagne, Finlande, France, Pays-Bas, Portugal

SUR DES CELLULES PROVENANT D'EMBRYONS CRÉÉS À DES FINS DE RECHERCHE : Belgique, États-Unis (selon les Etats), Royaume Uni, Suède

GESTATION POUR AUTRUI

INTERDITE : France, Espagne, Italie, Allemagne, Suède

AUTORISÉE : Pays-Bas, Royaume Uni, Danemark, Grèce, Ukraine, États-Unis (selon les États) et Canada (selon les États)

AMP POUR FEMMES SEULES ET COUPLES HOMOSEXUELS FÉMININS

INTERDITE : France, Allemagne, Italie, Suisse, Portugal

AUTORISÉE : Belgique, Espagne, Pays-Bas, Danemark, Royaume-Uni, États-Unis, Canada, Norvège, Suède[4]

DON DE GAMÈTES

INTERDIT : Italie

ANONYME : France et Espagne (sauf nécessité thérapeutique), Danemark

NON ANONYME : Allemagne[5], Autriche[6], Pays-Bas, Royaume Uni, Suède, Suisse, Canada, USA (selon les Etats)

1. De nouvelles directives, publiées en avril 2008, pourraient finalement autoriser le DPI en cas de maladie héréditaire grave.
2. Produites avant 2002.
3. Aucun programme de recherche dans les faits.
4. Seulement pour les couples de femmes mariées.
5 et 6. Le don d'ovule est interdit.

(sources : www.etatsgenerauxbioethique.com, EuroStem 2007, Sénat 2008 et 2009, Margaux Loire/université Paris-V. Informations non disponibles pour certains pays.)

LE CONSEIL D'ÉTAT DONNE SON AVIS

Le 6 mai dernier, le Conseil d'État a rendu public ses recommandations en matière de bioéthique pour la révision des lois de 2004. Le plus gros changement porte sur les recherches sur l'embryon et les cellules embryonnaires, qu'il propose d'autoriser, tout en conservant les conditions strictes requises aujourd'hui dans le cadre des dérogations. Pas de modification en revanche pour les diagnostics avant la naissance, l'assistance médicale à la procréation, l'interdiction des mères porteuses ou le don d'organes. Concernant les tests génétiques, en pleine expansion sur Internet, le Conseil d'État suggère de créer un référentiel de qualité qui permettrait aux utilisateurs de connaître le degré de fiabilité des différents tests disponibles aujourd'hui.

F.D.

Embryons surnuméraires Lors d'une fécondation in vitro, plusieurs embryons sont produits et quelques-uns sont implantés. Ceux qui ne le sont pas sont congelés.

Tout comme la première loi de bioéthique de 1994, la révision de 2004 interdit toute recherche sur l'embryon et ses cellules. Mais ces dernières, dites « souches », ont une particularité : elles sont capables de former n'importe quel tissu humain, du cœur au sang en passant par les neurones, les gamètes ou encore la peau. C'est dire leur formidable potentiel thérapeutique. Conscients que l'interdiction de recherche pouvait empêcher des avancées médicales majeures, les parlementaires français ont décidé en 2006 de poser un moratoire de cinq ans à la loi. Jusqu'en 2011, les scientifiques peuvent travailler sur des cellules souches embryonnaires sur dérogation, délivrée par l'Agence de la biomédecine, un organisme de contrôle relevant du ministère de la Santé. Ces cellules proviennent uniquement des embryons surnuméraires issus de fécondations in vitro et qui ne correspondent plus à aucun projet parental. *« Le moratoire témoigne de l'importance accordée par l'État à une recherche prometteuse qui n'en est encore qu'à ses balbutiements*, constate Thierry Jaffredo, directeur de recherche CNRS au laboratoire « Biologie du développement », à Paris[1]. *Mais il frustre à la fois le monde scientifique, à qui il ne donne* >

Diagnostic prénatal et préimplantatoire Le diagnostic prénatal consiste à réaliser des analyses (génétiques, enzymatiques, etc.) sur le fœtus afin de vérifier qu'il ne porte pas de maladie grave. Il peut conduire à une interruption médicale de grossesse.
Le diagnostic préimplantatoire, lui, est exercé sur un embryon conçu lors d'une fécondation in vitro, avant son implantation dans l'utérus de la mère.

> *pas vraiment les moyens de faire son travail, et toute une frange des citoyens pour qui l'embryon est une personne à part entière. »*

LE STATUT DE L'EMBRYON

Le statut de l'embryon – être ou chose – est le point d'achoppement dans cette affaire. Prudent, le législateur a décidé de ne pas trancher. Comme le notent les députés Alain Claeys et Jean-Sébastien Vialatte[2], *« il a considéré que toute prise de position tranchée risque de déséquilibrer l'édifice qu'il a construit patiemment en s'efforçant de concilier des positions sur les plans religieux, philosophique et scientifique »*. Et d'ajouter que la révision de la loi devrait se limiter à clarifier la question des recherches sur l'embryon sans modifier cette absence de véritable statut.
Néanmoins, l'embryon, en tant que personne en devenir, dispose d'une certaine protection. Il ne peut être conçu que dans le cadre de l'assistance médicale à la procréation. Il ne saurait être instrumentalisé et créé à des fins purement commerciales ou d'expérimentations. Et avant de pouvoir disposer des embryons excédentaires congelés, les médecins doivent interroger le couple chaque année pendant cinq ans. Souhaite-t-il poursuivre la conservation en vue de concevoir un autre enfant, donner les embryons à un couple stérile ou à la recherche, ou encore mettre fin à leur conservation? Au final, environ 20 % des embryons surnuméraires servent à la recherche. Trop peu, selon les spécialistes, compte tenu des milliers d'embryons congelés qui ne correspondent à aucun projet parental. *« Le mieux serait d'adopter une position cohérente*, insiste Simone Bateman, sociologue et directrice de recherche CNRS au Centre de recherche sens, éthique et société (Cerses)[3], à Paris. *Soit cette recherche est abominable sur le plan moral et on l'interdit, soit elle est intéressante et ne pose pas de graves problèmes moraux, et on l'autorise. Le plus difficile sera de se mettre d'accord sur ce qu'il faut autoriser et ce qui constitue un encadrement approprié... »*

UN ENJEU DU CLONAGE

L'embryon et ses cellules souches soulèvent aussi le problème du clonage. En empêchant la création d'embryons à des fins de recherche, la loi française l'interdit de facto. Mais si la création d'êtres tous génétiquement identiques demeure inacceptable pour la majorité des protagonistes, il n'en va pas de même pour le clonage dit « thérapeutique ». Dans ce cas, l'embryon est conservé in vitro et ne sert qu'à obtenir des lignées de cellules souches embryonnaires. Certains plaident donc pour son autorisation, dans la mesure où il s'agit d'un outil de recherche. *« Mais le clonage thérapeutique pose aussi des problèmes éthiques dont on parle peu*, rappelle Simone Bateman. *Pour se procurer les ovocytes humains nécessaires, il faut recruter des femmes qui acceptent de subir des stimulations ovariennes ; une procédure ni anodine ni sans conséquence pour leur fertilité future. Est-ce légitime de faire courir ces risques uniquement à des fins de recherche ? Faut-il les rémunérer ou les dédommager pour ce type de traitements très lourds ? »*
De récentes découvertes pourraient permettre aux parlementaires de ne pas avoir à trancher entre liberté de la recherche et respect de l'embryon. *« Car on sait désormais dériver des cellules souches embryonnaires sans faire appel à l'embryon*, s'enthousiasme Thierry Jaffredo. *Il s'agit des cellules pluripotentes induites (dites IPS), obtenues à partir de cellules humaines adultes "reprogrammées" pour retrouver les capacités des cellules souches embryonnaires. On ne crée pas d'embryons et on ne fait pas appel à des dons d'ovocytes. Les deux objections éthiques majeures tombent. »*

DE DÉLICATS DIAGNOSTICS

L'embryon est d'autant plus au cœur du débat que le législateur doit encore clarifier les textes sur les diagnostics prénataux (DPN) et préimplantatoires (DPI), qui servent à détecter, chez le fœtus in utero et chez l'embryon in vitro, des affections graves d'origine génétique, infectieuse ou autre. Le DPI soulève des questions spécifiques : faut-il établir une liste de maladies jugées graves et incurables pour réaliser un DPI ? Et sur quels critères ? Si l'on refuse la naissance d'enfants atteints de maladies graves, quelle place accorder aux personnes handicapées ? Pour éviter toute dérive d'eugénisme par des diagnostics de convenance personnelle, comme le choix du sexe, la loi de 2004 a limité le DPI à la recherche d'une seule maladie grave présente dans la famille. *« Mais faut-il élargir son accès ?*, s'interroge Simone Bateman. *Le cas du diagnostic préimplantatoire pour concevoir un "bébé médicament", autorisé en 2004, suscite déjà de nombreuses controverses. »* Dans ce cas, seuls sont réimplantés les embryons in vitro non atteints de maladie génétique et présentant une compatibilité immunologique avec un frère ou une sœur. Le sang de cordon ombilical du bébé peut alors servir à soigner son aîné atteint de la maladie. Or en France, sur neuf tentatives, aucune n'a encore pu aboutir à une naissance... À ce jour, une seule tentative a réussi, en Espagne.

Camille Lamotte

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-VI.
2. *La loi bioéthique de demain*, rapport n° 1325/107 de l'OPECST.
3. Centre CNRS / Université Paris-V.

CONTACTS
→ **Thierry Jaffredo,** thierry.jaffredo@upmc.fr,
→ **Simone Bateman** simone.bateman@parisdescartes.fr

Procréation assistée : la loi face à l'évolution des mœurs

Le 24 février 1982, naissait Amandine, premier « bébé-éprouvette » conçu en France grâce à la fécondation in vitro. Dès 1973, les techniques d'insémination artificielle au sein du couple (IAC), ou avec le sperme d'un donneur (IAD), offraient déjà une aide médicale décisive aux hommes et aux femmes dont le corps se montrait rétif à engendrer. De fait, ces trente dernières années, l'assistance médicale à la procréation (AMP) est parvenue à des prouesses en progrès constant : aujourd'hui, une naissance française sur vingt est obtenue à l'issue d'un traitement ou d'une technique médicale.
Est-ce à dire que l'on peut désormais « fabriquer » des bébés à tout va ? Que des médecins complaisants satisfont aux caprices de « clients », exigeant un fils blondinet, un enfant après 60 ans, ou même un bébé sans père ? Point du tout. Ces pratiques sont sous la haute surveillance de la loi de bioéthique. D'abord, *« elle définit rigoureusement ceux et celles qui pourront bénéficier de l'AMP »*, explicite Marie Gaille, philosophe au Cerses. Ne peuvent y prétendre que les couples de sexe différent, dont les deux membres sont vivants, en âge de procréer, mariés ou pouvant attester de deux ans de vie commune, stériles ou souffrant d'une pathologie grave qu'ils pourraient transmettre à l'enfant. Ensuite, poursuit-elle, *« la loi interdit la gestation pour autrui (GPA) ou les "mères porteuses", prohibe la* >

Insémination artificielle technique qui se résume à déposer des spermatozoïdes dans l'utérus de la femme à l'aide d'une sorte de seringue.

Mères porteuses méthode pratiquée notamment en cas d'infertilité féminine liée à l'absence d'utérus, ou à sa déformation. La mère porteuse met à disposition son utérus en portant un enfant conçu avec l'ovule d'une autre femme.

1945
Le tribunal de Nuremberg, chargé de juger les expérimentations médicales perpétrées par les nazis, élabore des règles sur l'expérimentation humaine. Ce **Code de Nuremberg, déontologie internationale, pose les premières bases de la bioéthique.**

1954
Réussite de la première transplantation rénale, à Boston (États-Unis). L'opération a été pratiquée entre deux vrais jumeaux.

1967
La pilule contraceptive, commercialisée aux États-Unis à partir de 1960, **est autorisée en France**.

1975
Adoption de la **première loi française dépénalisant le recours à l'interruption volontaire de grossesse (IVG).** Aujourd'hui légale en Amérique du Nord et dans presque toute l'Europe, l'IVG est toujours illégale, sauf exceptions pour risques vitaux, dans presque toute l'Afrique et l'Amérique du Sud.

Juillet 1978
Naissance de Louise Brown, en Angleterre, **premier « bébé-éprouvette »** conçu grâce à une FIV (fécondation in vitro).

Février 1982
Naissance d'Amandine, **premier bébé-éprouvette français.**

Février 1983
François Mitterrand, président de la République française, crée par décret **le premier Comité consultatif national d'éthique (CCNE)** pour les sciences de la vie et de la santé.

1994
Une italienne ménopausée de 63 ans accouche d'un petit garçon conçu grâce à une FIV avec don d'ovocyte. Depuis, quelques autres femmes ménopausées en ont fait autant dans différents pays.

Juillet 1994
Promulgation des premières lois de bioéthique en France. Dispositif inédit, les textes eux-mêmes précisent la périodicité de leur révision, tous les cinq ans, dans le but de tenir compte des constantes avancées techniques de la science.

Juillet 1996
Naissance de la brebis Dolly, premier mammifère cloné, issue des travaux d'un biologiste écossais. Le premier animal, une carpe, avait été cloné dès 1963 par un embryologiste chinois.

2003
Publication de la séquence du génome humain. Grâce à elle, plus de 2 700 gènes responsables de pathologies d'origine génétique ont depuis été identifiés. La liste des maladies que l'on peut diagnostiquer grâce à des tests prénataux s'allonge.

2004
Révision des lois de bioéthique de 1994. Le clonage humain y est enfin abordé : il est interdit sous toutes ses formes, qu'il soit reproductif ou thérapeutique.

2006
Malgré l'interdit qui figure dans les lois de bioéthique, **l'agence de biomédecine française délivre jusqu'en 2011 des dérogations à certaines équipes pour travailler sur les cellules souches embryonnaires** issues d'embryons surnuméraires obtenus par FIV.

Le journal du CNRS **n° 233** juin 2009

> *rémunération des donneurs de gamètes, hommes et femmes, et les oblige à conserver l'anonymat* ». La loi française s'avère ainsi l'une des plus strictes d'Europe, avec les lois allemande et italienne *(voir carte p. 20)*.

NAISSANCE D'UNE LOI

Quelle est l'origine de cette loi ? Dans les années 1970, *« les pratiques de l'AMP se sont développées avant même que leur légitimité ne soit complètement assise »*, analyse Dominique Memmi, chercheuse CNRS au Centre de recherches sociologiques et politiques de Paris (Cresppa)[1]. Ainsi, *« en vingt ans, en même temps que l'AMP se banalisait, des résistances éparses à ces pratiques se sont solidifiées, notamment chez certains chercheurs, hommes politiques et médecins »*. Et pour cause : jusqu'en 1994, les équipes médicales se sont retrouvées seules à administrer l'AMP. *« Elles ont alors "bricolé" des critères pour décider de l'accès des patients à l'AMP, et ont élaboré des discours de légitimation pour justifier leur choix, non sans quelque malaise parfois. »* La loi a ensuite donné un cadre à ces pratiques. *« Elle a aussi rassuré les praticiens qui craignaient d'être instrumentalisés par cette "médecine du désir" »*, conclut Marie Gaille, *« et ceux qui soutiennent que la Sécurité sociale* [qui prend en charge l'AMP] *ne doit pas rembourser les "demandes non médicales" »*.

La loi étaye donc une sélection des « bons » candidats à l'AMP et à son remboursement. Mais pourquoi eux et pas les autres ? Parce que la loi de bioéthique de 1994, souligne Dominique Mehl, sociologue au laboratoire « Communication et politique » du CNRS, a opté pour un certain modèle de parenté : celui de la famille « naturelle » constituée d'un père, d'une mère et de leurs enfants biologiques. *« Et c'est de ce choix qu'ont découlé toutes les interdictions. Il fallait par exemple que la "famille IAD" se fonde dans ce moule biologique. »* C'est pourquoi le législateur a tenu à instaurer l'anonymat : *« Les donneurs devaient être rayés du paysage familial. Du coup, 70 à 80 % des parents ont choisi de ne pas révéler à l'enfant le secret de sa conception »*, commente la sociologue.

L'AMP à tous et toutes Les candidats subissent tout de même une évaluation (qui porte par exemple sur la stabilité du couple, etc.) réalisée par l'équipe médicale et le comité d'éthique de l'hôpital.

Au-delà, ce choix de la formule « père-mère-enfant » reflète la représentation que se fait la société de ce que doit être une « bonne famille ». Il renvoie donc à un état des mœurs. *« Bien qu'il n'ait jamais été le seul, ce modèle de parenté était le plus fréquent en 1994*, constate la chercheuse. *Et on jugeait encore hors normes les familles recomposées ou monoparentales. »* Mais nous ne sommes plus du tout dans ce cas de figure. *« Ce modèle traditionnel n'est plus ni majoritaire ni considéré comme supérieur aux autres. La multiplicité des façons d'être parent est désormais intégrée par la société*, affirme-t-elle. *La loi de bioéthique entre donc en contradiction totale avec cette évolution des mœurs. »*

DES CITOYENS SUR LE CARREAU

« *Indéniablement*, analyse Martine Gross, sociologue au Centre d'études interdisciplinaires des faits religieux (CEIFR)[2], *la loi française laisse bon nombre de citoyens sur le carreau.* » Elle cite ainsi les enfants nés par IAD, *« dont certains, sans pour autant vouloir remettre en cause les parents qui les ont élevés, revendiquent aujourd'hui d'accéder aux informations sur leurs origines biologiques »*. Elle évoque les femmes qui ne peuvent porter leur enfant *« et à qui l'on refuse l'aide d'une mère porteuse »*. Enfin, autres laissés-pour-compte : les personnes qui ne vivent pas en couple et les couples de même sexe, *« alors que de nombreuses enquêtes prouvent que ces derniers font d'aussi bons parents que les autres*[3], commente la sociologue. *Ces personnes n'ont d'autre solution que de se rendre en Belgique, en Grande-Bretagne ou en Espagne, pays qui ouvrent l'AMP à tous et toutes, autorisent la GPA et le don de gamètes non anonyme. D'ailleurs, les couples peuvent même venir avec leur donneuse d'ovocytes. »*

Selon Dominique Mehl, bien qu'on ne puisse prévoir si, ni comment, la loi sera révisée sur ces points précis, les termes des débats sont désormais plus explicites et les hypothèses ouvertes. Il faut rappeler que *« lors de l'élaboration de la loi, les délibérations avaient réuni toutes les instances de la société et l'ensemble des experts : médecins, juristes, biologistes, anthropologues, sociologues, psychiatres, religieux, politiques, etc. »* Mais pas les principaux concernés, les usagers, qui étaient pour diverses raisons difficilement repérables. *« Depuis, se sont créées des associations de patients, futurs patients et enfants de l'AMP, qui vont sans doute donner un tour plus concret à la réflexion et opposer leurs expériences aux représentations dogmatiques sur la parenté »*, conclut la sociologue. La voix des usagers se fait donc entendre. Et elle sera probablement fort audible lors des états généraux de la bioéthique. Le législateur sera-t-il prêt à écouter ces différentes revendications ? Prendra-t-il en compte la pluralité actuelle des formes de parenté ? Une gestation est en cours...

Stéphanie Arc

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-VIII.
2. Centre CNRS / EHESS Paris.
3. Lire *L'homoparentalité*, Martine Gross, coll. Idées reçues, éd. Le Cavalier bleu, 2009.

2008

Depuis Amandine, environ **200 000 bébés** – soit 5 % des naissances – **sont issus d'une fécondation in vitro.**

Mars 2009

Le gynécologue qui avait permis à la première femme ménopausée de devenir mère en 1994 prétend avoir « **contribué à faire naître avec la technique du clonage humain trois enfants** ». Comme quelques autres annonces précédentes, l'information n'est pas confirmée.

Février à juin 2009

États généraux de la bioéthique.

2010

Discussion du projet de loi de révision de la loi de bioéthique.

CONTACTS

- **Marie Gaille,** mariegaille@yahoo.fr
- **Dominique Memmi** dominique.memmi@csu.cnrs.fr
- **Dominique Mehl,** mehl@ehess.fr
- **Martine Gross,** gross@ehess.fr

Greffes : les failles de la loi

Depuis le vote de la loi de bioéthique en 1994 et sa révision en 2004, les grands principes de bioéthique, comme la gratuité du don d'organes, l'anonymat entre donneur et receveur ou le consentement présumé, forment un cadre strict censé protéger ceux qui donnent et ceux qui reçoivent de toute dérive commerciale ou morale. Mais avec le perfectionnement des techniques médicales, le recours à la greffe et les besoins ont augmenté de manière exponentielle. En 2007, près de 13 000 malades ont requis un don d'organe. Faute de greffe, 227 malades sont décédés et seuls 4 600 ont pu être greffés. Face à cette pénurie générale, la loi garde-fou est-elle un frein au don d'organe, et par conséquent la responsable de centaines de morts ? Dans quel sens faut-il donc la revoir ?

LE DON D'ORGANES

Légalement, on ne peut s'opposer au prélèvement de ses organes que sur le registre du "non" ou en exprimant son refus à sa famille. Doit-on alors remettre en cause le consentement présumé des donneurs ? En France, quand le défunt n'est pas inscrit au registre national des refus, les équipes médicales s'adressent aux proches pour savoir s'il était ou non opposé au don de ses organes. Or la plupart des familles font encore barrage au prélèvement post mortem. La collecte est donc difficile. Des pays comme le Danemark, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suisse ont, eux, pris le problème dans l'autre sens : ils disposent d'un registre explicite du « oui ». Avec guère plus de succès. Car peu de personnes font effectivement la démarche très engageante de s'inscrire... *« Tout dépend de la façon dont on envisage la mort*, analyse Valérie Gateau, docteur en philosophie et chercheuse au Cerses. *Au Japon par exemple, la séparation du corps et de l'âme prend 45 jours, il n'y a donc pas de possibilité de dons d'organes de personnes en mort cérébrale, comme en France par exemple. On ne prélève donc certains organes que des vivants. Et les résultats sont bons : cela a incité à augmenter les prélèvements sur donneurs vivants consentants. »* Sur ce point, la révision 2004 de la loi française est déjà un véritable progrès par rapport à 1994 : le cercle a été élargi, des proches majeurs du 1er degré (c'est-à-dire les parents, les enfants, les frères ou les sœurs et l'un des époux), aux grands-parents, aux oncles et tantes, aux conjoints du père ou de la mère et à toute personne vivant depuis plus de deux ans avec le receveur. Mais sans grand succès... En 2007, la greffe à partir de donneurs vivants ne concernait que 8 % des greffes de rein et 1,7 % des greffes de foie. Pourtant, outre-Atlantique, où il suffit d'avoir « des relations affectives étroites » avec le receveur pour faire un don, ce taux évolue entre 30 et 40 %. Alors que faire ?

« On a un devoir moral envers les malades. Si la gratuité et l'altruisme ne fonctionnent pas, eh bien il faut trouver d'autres moyens, constate Valérie Gateau. *Pourquoi ne pas étendre le cercle des donneurs vivants aux neveux, nièces et amis ? Ou obliger les citoyens à se positionner chaque année sur un document officiel, type feuille d'imposition, en cochant par exemple une case "pour" ou "contre" le don d'organe après leur mort ? »* Cela rejoindrait le souhait des associations de patients, qui demandent qu'on ne sollicite plus le consentement des familles. D'autres envisagent un élargissement aux personnes mineures, ou encore aux prisonniers en échange d'une remise de peine. Mais quelle serait alors la limite ? *« Ces questions ne cesseront pas de se poser tant que la greffe sera efficace médicalement et économiquement*, explique Valérie Gateau. *Car les patients en attente sont des malades chroniques dont la guérison par greffe présente une économie consistante pour le système de soin. »*

LA GESTION DES STOCKS

Les organes ne sont pas les seuls éléments du corps humain qui peuvent être donnés : un peu partout, des biobanques publiques et privées collectent et stockent aussi de l'urine, de l'ADN, des tissus ou des cellules. Un vivier biologique indispensable pour les chercheurs, qu'il s'agisse d'un projet de recherche fondamentale ou thérapeutique. Une importante collection d'ADN et les données de santé qui s'y rapportent permettent de mieux étudier >

Comment encadrer les sciences émergentes ?

> des maladies comme le diabète ou les pathologies cardio-vasculaires. Mais ces biobanques sont également au cœur d'enjeux considérables, en termes de qualité (la validité des résultats des recherches dépend de la qualité des échantillons biologiques et des données qui leur sont associées) et en termes financiers. Elles se situent à la charnière entre des patients qui donnent sur une base altruiste, et des chercheurs, médecins, hôpitaux, entreprises, qui utilisent ces dons et peuvent en tirer profit, parfois au sens économique du terme. Avec dans ce cas, tous les risques éthiques que cela comporte. Par exemple, comment être sûr que les données personnelles recueillies ne soient pas revendues aux banquiers, assureurs et employeurs ? À l'étranger, des sociétés privées proposent de conserver moyennant finances le sang du cordon ombilical de nouveau-nés dans l'éventualité d'une future autogreffe. Le cordon contient des cellules souches du sang[1] qui permettent de soigner des maladies graves comme la leucémie. En France, le don de sang de cordon se fait seulement à titre gratuit et anonyme dans des banques publiques où il est disponible pour tous. Mais actuellement, ces unités sont insuffisantes pour couvrir les besoins. Et la France doit importer du sang de cordon, ce qui lui coûte plus cher que de le conserver. Faut-il instaurer des banques privées ? *« Soyons clairs, faire sa propre réserve dans son coin est contraire au principe de solidarité très cher à la France*, explique Christine Noiville, de l'Unité mixte de recherche en droit comparé[2]. *À l'inverse, on peut envisager d'accepter les banques à finalité autologue si on en fait un levier d'enrichissement des banques publiques, actuellement trop peu fournies en sang de cordon. »* Comme en Espagne, où l'on peut conserver le sang de cordon pour une autogreffe ou une greffe familiale (le plus souvent entre frère et sœur présentant des similarités génétiques), tant qu'une personne compatible n'en a pas besoin. Si c'est le cas, une partie du sang est réquisitionnée.

« La course au stock personnel de sang de cordon n'a aucun fondement, s'indigne le médecin et chercheur Alain Fischer[3], spécialiste du système immunitaire à l'hôpital Necker. *À ce jour, rien ne prouve qu'une greffe autologue soigne mieux qu'une allogreffe. C'est comme ces tests génétiques sauvages qui se généralisent sur Internet et qui donnent l'illusion d'avoir un contrôle absolu sur sa santé. »* Car les gènes n'expliquent pas tout. On peut avoir un gène de prédisposition à un cancer sans jamais le développer. Et à l'inverse, être touché par un cancer sans avoir de gène de prédisposition. Surtout, ces tests, utiles pour certaines maladies d'origine génétique, occultent les autres maladies multifactorielles : virus, bactéries, empoisonnements, parasites, accidents. *« La plupart de ces tests ne sont pas validés par des autorités médicales, et les résultats, reçus directement par le patient sans accompagnement, peuvent entraîner des conséquences psychologiques et médicales graves*, prévient Alain Fischer. *La personne peut croire être porteuse saine de la maladie, modifier sa vie en conséquence et, en fait, ne courir aucun risque. Inversement, être rassurée, ne pas faire de contrôles et traitements préventifs, et courir de ce fait un vrai péril. »*

Camille Lamotte

Autogreffe ou greffe autologue caractérisée par l'utilisation d'un greffon (partie de tissu ou d'organe) prélevé sur le sujet lui-même.

Allogreffe le donneur et le receveur font partie de la même espèce biologique mais sont génétiquement différents. Dans ce cas, la greffe s'accompagne d'un traitement immunosuppresseur pour prévenir les rejets.

1. Appelées cellules hématopoïétiques.
2. Unité CNRS / Université Paris-I.
3. Lauréat du grand prix Inserm pour la recherche médicale 2008.

CONTACTS
→ **Valérie Gateau,** kjedahl@yahoo.fr
→ **Christine Noiville** noiville@univ-paris1.fr
→ **Alain Fischer,** fischer@necker.fr

Tout au long des états généraux sur la bioéthique, puis durant le débat parlementaire qui suivra, des éléments de réponse devront être apportés à l'ensemble des questions soulevées depuis 2004. Mais depuis quinze ans, le champ d'applications de la loi qui touche à la procréation et à l'intégrité de la personne n'a guère été élargi. Et pourtant, la science elle, a fait de considérables progrès qui peuvent affecter l'image même de l'homme, sa liberté, sa place dans la société. Le Comité national d'éthique, tout comme l'OPECST, évoquent tous deux l'accélération des études sur le fonctionnement du cerveau, qui *« fait naître des interrogations, des inquiétudes, et surtout un besoin de débattre de l'impact de ces recherches… sur notre société craignant les manipulations et les atteintes à la vie privée et à l'autonomie de la volonté*[1] *»*.

Bien sûr, les experts s'interrogent sur les conséquences des avancées les plus récentes des neurosciences. Aujourd'hui, l'imagerie cérébrale va jusqu'à étudier le fonctionnement de la mémoire et des émotions et laisse imaginer qu'on pourra, un jour, lire dans les pensées. De même, les progrès des interfaces cerveau-ordinateur permettent d'étudier les différentes aires cérébrales à l'aide d'implants, qui par ailleurs feront avancer la lutte contre certaines affections (maladie de Parkinson, surdité, cécité). Ces recherches ne figurent pas au menu de la révision des lois de bioéthique. Un oubli ? *« Sûrement pas,* répond Hervé Chneiweiss, directeur du Laboratoire de plasticité gliale à l'Inserm, et membre du conseil scientifique de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technlogiques (OPECST). *Les textes sur la bioéthique visent à protéger l'autonomie de la personne, et notamment le caractère privé des données génétiques. De même, ils visent à encadrer l'accès à certaines pratiques médicales, comme la procréation médicalement assistée (PMA). Actuellement, les travaux sur l'imagerie et les implants relèvent de la recherche. Le public n'a pas accès à la pose d'implants cérébraux comme il a eu accès à la PMA il y a une vingtaine d'années. » « Aujourd'hui*, poursuit le chercheur[2], *l'information que l'on tire de l'imagerie cérébrale est le fruit de la répétition de dizaines d'expériences sur un groupe de volontaires. C'est de l'échantillonnage. L'idée qu'on puisse lire la pensée d'un individu relève encore du fantasme. »* Aux États-Unis, pourtant, l'usage de l'imagerie comme détecteur de mensonges est parfois évoquée lors de procédures de justice. *« À supposer qu'on en arrive là, une image cérébrale pourrait peut-être montrer que le sujet ment ou se ment à lui-même, mais en aucun cas qu'il dit "la" vérité. Aujourd'hui, l'imagerie cérébrale n'est pas un élément de preuve. Mais cela arrivera forcément un jour, d'où la nécessité d'une extrême vigilance sur ce type d'instrumentalisation. »*

INQUIÉTUDES TECHNOLOGIQUES

De nombreux débats éthiques sont engagés sur ce sujet, mais ils sont encore à l'état embryonnaire. Et un autre sujet d'inquiétude est en train d'émerger : la convergence de différents domaines scientifiques. Les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives risquent bel et bien, elles aussi, de menacer l'intégrité des hommes ou celle d'autres organismes vivants. On peut citer par exemple, les efforts de synthèse d'ADN susceptibles de donner naissance à de nouveaux organismes dotés d'un génome artificiel ou la fabrication de nanomachines dotées d'intelligence collective et de la capacité de se répliquer. Autant de champs d'exploration qui transformeront profondément notre approche du monde, de la vie et de la mort.

« Il serait naïf de croire qu'on puisse envisager un moratoire des recherches, ou même un encadrement réglementaire ou législatif, du moins à court terme, explique le philosophe Jean-Pierre Dupuy, fondateur du Centre de recherches en épistémologie appliquée (CREA)[3] et professeur à l'université de Stanford (États-Unis). *Le mieux qu'on puisse espérer est d'accompagner la marche en avant des nanotechnologies, par une réflexion interdisciplinaire. »* Pour Jean-Pierre Dupuy, les scientifiques ne pourront pas échapper à leurs responsabilités. D'où la nécessité de revoir complètement l'enseignement des sciences, dans le secondaire comme à l'université. *« La réflexion sur la science doit faire partie intégrante de son apprentissage. Nous avons besoin de scientifiques moins naïfs par rapport au carcan idéologique dans lequel se trouvent souvent pris leurs programmes de recherches ; mais aussi plus conscients que leur science repose sur une série de décisions métaphysiques. Il y va de notre survie. »*

De son côté, le Comité national d'éthique suggère que l'on élargisse le champ de la bioéthique : *« Les évolutions technologiques placent l'Homme face à l'enjeu majeur constitué par la conservation harmonieuse du vivant… »,* et il évoque *« l'urgence d'une réflexion bioéthique appliquée à la vie dans son ensemble »*. Une vaste réflexion, donc, *« qui considérerait la place de l'espèce humaine dans la biodiversité en tenant compte des évolutions technologiques intervenues depuis les dernières révisions »*. Cette vision globale sera sans doute ébauchée lors des prochains mois mais ne débouchera que lors des révisions suivantes des lois de bioéthique. Politiques, scientifiques, philosophes et associations ont donc bien du pain sur la planche.

Denis Delbecq

1. Rapport de l'OPESCT, n° 1325, Assemblée nationale, p. 223.
2. Voir le compte rendu de travaux de l'OPECST : www.senat.fr/opecst/audition_publique/cr_bioethique_2008.pdf
3. Centre CNRS / École polytechnique.

CONTACTS
→ **Hervé Chneiweiss** herve.chneiweiss@inserm.fr
→ **Jean-Pierre Dupuy** jpdupuy@stanford.edu

POUR EN SAVOIR PLUS

À LIRE

> *La loi de bioéthique de demain,* Alain Claeys et Jean-Sébastien Vialatte, Rapport de l'OPECST, 2008. **www.senat.fr/noticerap/2008/r08-107-1-notice.html**

> *Faire vivre et laisser mourir,* Dominique Memmi, éd. La Découverte, 2003.

> *Enfants du don,* Dominique Melh, éd. Robert Laffont, 2008.

> *Les biobanques,* Florence Bellivier et Christine Noiville, éd. Puf, coll. « Que sais-je ? », 2009.

> *La marque du sacré,* Jean-Pierre Dupuy, éd. Carnets Nord, 2009.

> *Neurosciences et neuroéthique,* Hervé Chneiweiss, Alvik Eds, 2006**.**

EN LIGNE

> Le comité national d'éthique, **www.ccne-ethique.fr/**

> L'Agence de la biomédecine, **www.agence-biomedecine.fr**

À ÉCOUTER

> L'émission La tête au carré, consacrée à la bioéthique. Le 12 juin de 14h à 15h sur France Inter. Présentée par Mathieu Vidard.

À VOIR

> Dans la série « Science en conscience » (2002, 6 x 26 min) de J.-L. Bouvret, P. Goblot et S. Le Gall-Viliker, produite par Le Miroir, CNRS Images/media, France 5 et le SFRS : **Un comité d'éthique pour quoi faire ? La santé est-elle soluble dans le marché ? A-t-on le droit de donner la mort ? Le désir d'enfant a-t-il des limites ? Que faire des embryons humains ? Qu'est-ce qui s'oppose au clonage humain ?**

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

HISTOIRE DES TECHNIQUES

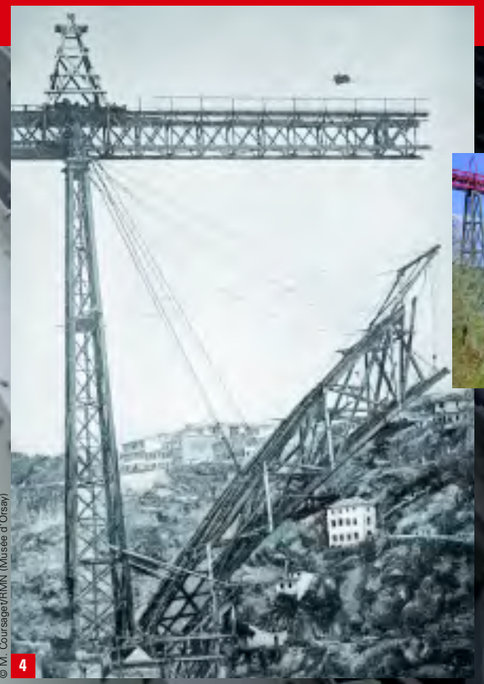
Gustave Eiffel
LE MAGICIEN DU FER

© J. Schormans/RMNPhoto de presse

© H. Lewandowski/RMN/Photo de presse

© J. M. Avila/Wikimedia Commons ; The Supermat

Symbole universel de Paris, la tour Eiffel a émerveillé 120 millions de visiteurs du monde entier. À l'occasion de ses 120 ans, deux expositions rendent hommage à son constructeur prolifique. Commissaire scientifique de l'une d'elles, l'historien Bertrand Lemoine, directeur de recherche au CNRS, revient sur le parcours de Gustave Eiffel. Visite guidée de ses constructions les plus marquantes et décryptage des progrès scientifiques qui les ont accompagnées.



© M. Coursaget/RMN (Musée d'Orsay)

© Collection Artedia

© Roger Viollet

© H. Ormer/Wikimedia Commons

1 Gustave Eiffel, en 1889. Ingénieur chimiste de formation, il devait reprendre l'exploitation de houille de son oncle. Mais, victime de brouilles familiales, il se tourna vers la construction métallique avec le succès que l'on sait.

2 et **3** La tour Eiffel, 18000 pièces assemblées par 2.5 millions de rivets ! Sa silhouette fut directement dictée par les calculs de résistance au vent : sa base évasée apporte la stabilité nécessaire à un édifice de plus de 300 mètres de haut.

4 Construction du Pont de Porto, au Portugal, en 1876. Au lieu d'échafaudages, Eiffel utilisa des câbles pour soutenir un arc qui en rejoignait un autre sur la rive d'en face.

5 Le Viaduc de Garabit, en France, fut bâti sur le même modèle que celui de Porto, quelques années plus tard.

6 L'observatoire de Nice. Afin de suivre le mouvement des étoiles, la coupole devait tourner sur elle-même. Eiffel, qui la construisit en 1884, décida de la faire flotter dans un réservoir d'eau afin de supprimer tout frottement. Une simple manivelle suffisait donc à la manœuvrer.

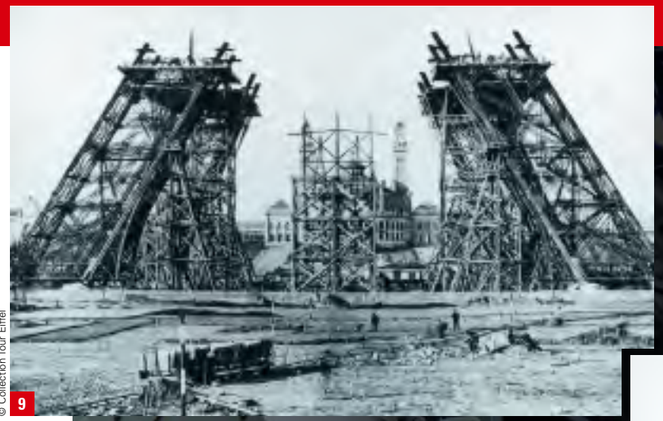
7 La gare de Budapest, en Hongrie. Avec sa grande halle en métal, elle fait partie des grandes œuvres de l'ingénieur.

8 Croquis de la statue de la Liberté. Sous sa robe de cuivre, on découvre son ossature de fer : elle n'est autre qu'une sorte de mini-tour Eiffel surplombée par une autre, plus petite, dans le bras.

© Collection Tour Eiffel

Gustave Eiffel représente à merveille l'ingénieur du XIXe siècle, inventif et audacieux », commente Bertrand Lemoine, lui-même ingénieur, architecte, spécialiste de l'histoire de l'architecture au CNRS [1]. « *Et quand il sort de l'École centrale des arts et manufactures en 1855, il a la chance que plusieurs facteurs se conjuguent : l'essor économique de l'Europe en pleine révolution industrielle ; l'avènement d'un nouveau matériau, le fer laminé, plus léger et plus économique que la pierre ; et des progrès décisifs en mécanique.* » Dans ce contexte favorable, il devient un constructeur d'envergure mondiale grâce à sa fameuse tour mais aussi en réalisant près de trois cents ouvrages dans le monde, ponts, viaducs, charpentes, églises, gares, etc. Sans oublier l'apport de ses recherches scientifiques. « *Nous montrons donc toutes les facettes de ce visionnaire* », explique Bertrand Lemoine, commissaire scientifique de l'exposition « L'épopée tour Eiffel » *(lire l'encadré p. 30)*.

Retour sur les débuts de l'ingénieur. Encouragé par ses succès dans une entreprise de construction métallique, notamment en dirigeant le chantier du pont de Bordeaux, il crée, à trente-deux ans, sa propre société. Il s'entoure de techniciens efficaces, d'ingénieurs inventifs et noue des contacts avec des investisseurs. Or la construction a le vent en poupe. Le réseau ferré s'étend partout en Europe et on attend des gares, des ponts et des bâtiments publics qu'ils poussent comme des champignons. « *Le fer permet justement de construire vite : les pièces sont produites en série dans les ateliers ; renvoyées à l'usine en cas de problème. Sur le chantier, il n'y a plus qu'à les assembler avec des rivets.* » Comme des Meccano géants. Alors que les chantiers classiques, où l'on « travaille sur le tas », en retaillant les pierres sur place pour les ajuster, s'étirent sur des années. Et puis les lois de déformation des matériaux en fonction >


© Collection Tour Eiffel
9

9 **Décembre 1887, les quatre pieds de la tour ont pris forme. Avant que la construction du premier étage assure la stabilité de l'ensemble, ils sont soutenus par des échafaudages. À l'intérieur, Eiffel eut l'idée de placer des boîtes remplies de sable, comme on le faisait dans l'Égypte antique. Vider un peu de sable abaissait légèrement tout un pied et permettait notamment de les ajuster tous à la même hauteur. Un décalage de quelques millimètres à peine aurait en effet empêché les rivets de rentrer dans les trous des plaques à assembler par la suite.**

© Laboratoire aérodynamique Eiffel / CSTB
J.-M.Seguin/Photo de Presse
10

10 **Soufflerie aérodynamique qui fut installée rue Boileau, à Paris, en 1912. Eiffel, après avoir quitté sa société de construction, entama une véritable carrière de chercheur. Il a conçu ce modèle au rendement amélioré.**

© Collection Tour Eiffel
11

11 **De nombreuses expériences d'aérodynamique comme celle-ci furent menées à la tour Eiffel à partir de 1903. L'ingénieur mesura par exemple la résistance offerte par l'air à la chute d'objets depuis le 2e étage, à 115 mètres d'altitude.**

12 **Inauguration de la station radio de la tour Eiffel en 1922 par Sacha Guitry (au micro), Yvonne Printemps et le général Ferrié. Transformée en gigantesque antenne, qui a d'abord servi aux communications militaires, la tour trouve une nouvelle raison de résister à sa destruction programmée…**

DR
12

> des contraintes et de la forme des structures, inventées par Claude-Louis Navier en 1821, sont maintenant appliquées couramment. « *La forme des poutres et des édifices est calculée afin d'optimiser leur résistance tout en les allégeant* », souligne Bertrand Lemoine. Les constructions sont de plus en plus ajourées. Et l'on peut les bâtir de plus en plus grandes et hautes sans craindre qu'elles ne s'affaissent sous leur poids ou ne cassent sous le vent. Parmi la nouvelle génération de constructeurs, Eiffel remporte de nombreux contrats grâce à des innovations scientifiques qui réduisent les devis. « *Par exemple, pour le viaduc de Porto, au Portugal, il propose de soutenir avec des câbles les deux arcs qui doivent de se rejoindre pour former le pont* », explique Bertrand Lemoine. Résultat : pas besoin de construire de coûteux échafaudages dans la rivière !

Viaduc de Garabit, en France, structure interne de la statue de la Liberté de New York, Eiffel enchaîne les chantiers. Et va bientôt réaliser l'œuvre de sa vie. « *Pour l'exposition universelle de 1889, anniversaire de la Révolution, la France veut faire les choses en grand.* » L'idée d'une tour est dans l'air. On veut dépasser tous les édifices jamais construits, en particulier l'obélisque de Washington, qui culmine à 169 mètres. Deux ingénieurs de l'entreprise Eiffel, Émile Nouguier et Maurice Koechlin, conçoivent une « tour de 300 mètres ». Peu intéressé au départ, mais séduit après les embellissements ajoutés par l'architecte Stephen Sauvestre, Eiffel dépose un brevet[2]. La tour remporte le 3e prix du concours d'architecture de l'Exposition. Puis, à coup de publicité dans la presse et de conférences, il apporte encore plus de crédibilité à son projet et signe une convention avec le gouvernement : financée en partie sur les propres deniers d'Eiffel, la tour sera construite ! « *Les travaux, débutés en janvier 1887, s'achèveront en seulement vingt-six mois !* », souligne Bertrand Lemoine. Et la tour va émerveiller deux millions de spectateurs durant les six mois de l'exposition. Et ensuite ? « *Elle devait être démontée au bout de vingt ans, à l'issue de la concession sur le terrain accordée par la ville de Paris. Mais Eiffel la sauva en montrant son intérêt scientifique, en tant que support d'antenne de radio ou pour réaliser différentes expériences, notamment en aérodynamique. D'ailleurs, quand il se retire des affaires à 61 ans, Eiffel poursuit une carrière de chercheur jusqu'à… ses 88 ans !* », rappelle l'architecte. « *Il y aurait encore beaucoup à dire. Pour en savoir plus, venez voir les expositions…* »

Charline Zeitoun

→ DEUX EXPOS À NE PAS RATER !

L'épopée tour Eiffel, **du 15 mai au 31 décembre, au 1er étage de la tour Eiffel.**

Gustave Eiffel, le magicien du fer, **du 6 mai au 31 août, à l'hôtel de ville de Paris (entrée gratuite)**

→ À lire

La Tour de Monsieur Eiffel, Bertrand Lemoine, Découvertes Gallimard, 1989
La tour de 300 mètres, Bertrand Lemoine, Taschen, 2006

1. Centre André Chastel (CNRS / Université Paris-IV / Ministère de la Culture et et de la Communication).
2. Brevet déposé aux noms Eiffel, Nouguier et Koechlin, et que Eiffel rachètera plus tard à ses deux ingénieurs.

CONTACT
→ Bertrand Lemoine
Centre André Chastel, Paris
cedam@noos.fr

Yvon Le Maho

Physiologiste

Défenseur de la biodiversité

© P.Dissler/CNRS

Yvon Le Maho désigne une chaise au milieu des cartons qui s'entassent dans son bureau. « *J'aime bien un bureau nickel*, précise-t-il. *Mais j'ai dû libérer la pièce occupée par mes archives. Et depuis mon retour d'Antarctique, en décembre dernier, je n'ai pas eu le temps de ranger.* » Sans détour, le spécialiste des mécanismes adaptatifs des animaux aux contraintes environnementales attaque sur les dernières publications du Conseil scientifique du patrimoine naturel et de la biodiversité. Il préside ce comité placé auprès du ministre de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durable. « *Elles sont distribuées aux élus… On peut commencer par ça si vous voulez ?* » Une seconde, le scientifique hésite. Il a besoin d'une minute pour acheter en urgence un billet d'avion sur Internet, afin de se rendre à une réunion de l'Académie européenne, à Berlin, dans quelques jours.

Ce physiologiste, lorsqu'il n'étudie pas les manchots en terre Adélie, a l'oreille des politiques à Paris ou participe aux travaux du Conseil scientifique de la Fondation Nicolas Hulot. La raison de cette suractivité est une évidence : « *Il s'agit de préparer l'avenir.* » Or celui de la biodiversité est en péril. La multiplication des casquettes n'est donc qu'une façon de poursuivre le même but par des moyens différents. Stéphane Blanc, qui a récemment pris sa succession à la direction du département « Écologie, physiologie, éthologie » de l'IPHC[1], résume ainsi son mentor : « *Sur la base d'une argumentation scientifique solide, Yvon est capable d'exprimer ses préoccupations environnementales d'une façon compréhensible par tous. C'est donc tout naturellement que le scientifique et le politique s'articulent chez lui.* »

Le rapport qu'il remet en juin 2008 au gouvernement sur le maïs OGM Mon 810 en est l'illustration : « *Avant de connaître le dossier, j'étais plutôt pour les OGM*, confie-t-il. *Mais j'ai été frappé par l'insuffisance des études d'impact.* »

Ainsi, qu'il s'enthousiasme pour les premiers résultats du Grenelle de l'environnement ou qu'il fustige ceux qui, y compris dans le milieu scientifique, font peu de cas de la biodiversité, Yvon Le Maho ne se voit pas en militant. « *Mon rôle est d'apporter des arguments scientifiques. Aux politiques de prendre ensuite les décisions.* »

Et de fait, il est avant tout un chercheur de renommée mondiale, connu pour avoir été l'un des premiers à équiper de transpondeurs (ou puces électroniques) des animaux pour le suivi de leurs évolutions. Cette passion pour les animaux, plus précisément pour les oiseaux, remonte à l'enfance, alors qu'il visite un parc ornithologique avec ses parents.

Après un bac littéraire, le futur académicien entame donc des études de sciences naturelles, mais bifurque rapidement vers la physiologie, qu'il juge moins descriptive. « *J'étais passionné par l'étude des mécanismes, quoique un peu triste à l'idée de me tourner vers une discipline de laboratoire, car j'aimais les animaux dans leur milieu naturel.* »

Mais à la fin des années 1970, au moment de choisir un sujet de doctorat, Yvon Le Maho découvre qu'un scientifique d'origine norvégienne a sorti la physiologie du laboratoire pour l'étudier sur des animaux sauvages. Sa rencontre avec Jean Dorst, ancien directeur du Muséum national d'histoire naturelle, fait le reste. Les manchots Adélie deviendront son sujet de prédilection. C'est à leur contact qu'il contribue à jeter les bases de la physiologie contemporaine, lui appliquant aussi bien les outils de la biologie cellulaire que de la chimie ou de la physique. « *En Antarctique, nous sommes en contact avec des chercheurs de toutes disciplines. Je me suis alors dit qu'on ne pouvait pas en rester à une physiologie de grand-papa* », se souvient-il. Cette démarche pluridisciplinaire trouve notamment un aboutissement en 2006, lorsque Yvon Le Maho cofonde l'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, regroupant des physiciens, des chimistes, et des biologistes.

Sa casquette de « lanceur d'alerte » lui vient aussi de ses études sur le terrain : « *Par notre activité de recherche, nous sommes aux premières loges pour constater les méfaits de l'action de l'homme sur les écosystèmes. Comment, après, ne pas s'impliquer ?* » Un rôle qu'il doit également à son tempérament bien trempé, l'incitant à dire ce qu'il pense, au risque de déplaire. « *C'est une question de responsabilité vis-à-vis des générations futures.* »

Cela suffira-t-il pour préserver la biodiversité ? Le scientifique est inquiet : « *Il reste encore beaucoup de travail à faire pour que la réduction de la biodiversité soit considérée avec le même sérieux que le changement climatique.* » Pour autant, Yvon Le Maho ajoute : « *Sans le pacte écologique de la dernière présidentielle et le Grenelle de l'environnement, je serais probablement sans espoir.* »

Mathieu Grousson

1. Institut CNRS / Université Strasbourg-I.

CONTACT
→ Yvon Le Maho
Institut pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC), Strasbourg
yvon.lemaho@c-strasbourg.fr

EUROPE

Les enjeux des élections européennes

À l'occasion des élections européennes, le Cevipof, centre de recherches politiques de Sciences Po et du CNRS, organise le 18 juin, onze jours après le scrutin, une grande journée d'étude afin de faire un état des lieux de ce que représentent aujourd'hui ces élections et de la place que les Européens leur accordent. Motivations et réflexions de Pascal Perrineau[1], son organisateur.

© Photos - A. Denantes/Gamma/Eyedea Presse

Au-delà du simple fait d'actualité, quelles motivations vous ont poussé à organiser une journée de réflexion, d'échanges et de débats consacrée aux élections européennes, qui se dérouleront du 4 au 7 juin 2009[2], et à l'analyse des résultats ?

Pascal Perrineau : Juin 2009 représente une date symbolique pour les élections européennes. En effet, il y a trente ans, le Parlement européen devenait le seul organe de l'Union à être directement élu par tous les électeurs des pays membres. Par conséquent, il devenait l'instance européenne dotée de la légitimité démocratique la plus forte. Cet anniversaire est donc l'occasion de faire un bilan.

Depuis la rentrée 2008, le Centre de recherches politiques de Sciences Po s'est mis aux couleurs de l'Europe. Il a réalisé de nombreuses rencontres sur des questions variées telles que « le statut des élections européennes », « les représentations que les Français ont de l'Union européenne et leur évolution », « la place de la France dans la nouvelle Europe élargie », « à quoi servent les élections européennes ? », etc.

La journée d'étude du 18 juin en est le point d'orgue. Mais pas seulement ! Elle est aussi une façon de remettre sur le devant de la scène scientifique un objet d'étude trop souvent délaissé. En effet, l'Europe et les élections européennes intéressent moins qu'avant. Peu de travaux, de thèses, d'articles sont réalisés, et les parutions d'ouvrages n'abondent pas. Les recherches actuelles s'orientent davantage vers des sujets ayant trait à des formes de politisation extra-électorales (manifestations, nouveaux modes de mobilisation, protestations politiques…).

Comment peut-on expliquer aujourd'hui ce désintérêt ?

P.P. : La recherche n'est pas un milieu hermétique, elle s'aligne sur le manque de passion et de désir de pans entiers de l'opinion publique pour cet évènement. Plusieurs raisons à cela. D'une part, on constate que la confiance dans les institutions de la démocratie représentative décline. Pour la majorité des électeurs, leur voix ne fera pas une grande différence. Beaucoup ne peuvent pas se rendre compte des conséquences directes de leur vote. D'autre part, il existe une méconnaissance particulièrement élevée des institutions européennes dans les opinions publiques nationales et particulièrement en France[3]. Or, les institutions européennes ne correspondent en rien aux institutions nationales. Il y a la commission, qui met en œuvre les politiques européennes et est à l'initiative des lois, le conseil des ministres, qui définit les grands axes de la politique de l'Union et vote les lois, le parlement européen, qui certes légifère de plus en plus avec le conseil européen des ministres mais qui ne possède pas les mêmes pouvoirs que le Parlement national… Cette complexité et cette diversité rendent la connaissance difficile, ce qui contribue à éclairer les problèmes d'abstention et d'éloignement par rapport à l'Europe. On ne participe pleinement qu'à des institutions que l'on connaît, que l'on comprend. Pour l'essentiel, les électeurs n'ont pas l'impression de saisir ce que fait le parlement, encore moins ce qu'il fait pour eux.

Pensez-vous qu'à travers des rencontres telles que celles que vous organisez, il soit possible de faire bouger les choses ?

P.P. : La particulière faiblesse de certaines connaissances françaises sur les mécanismes électoraux de l'Europe politique offre une marge de progression évidente. Et les centres de recherche, mais aussi les associations, les pouvoirs publics ou les médias, peuvent y contribuer. C'est pourquoi cette journée d'étude tentera d'apporter les éléments de base et les informations nécessaires à une meilleure perception du statut et des spécificités des élections européennes. Vulgariser et valoriser l'information scientifique fait partie de notre rôle de chercheur. Cette manifestation, ouverte à tous, s'adresse aussi bien à un public éclairé (chercheurs, étudiants, passionnés de science politique…) qu'au grand public, aux milieux associatifs, à la classe politique, etc. En investissant sur l'objet européen, les centres de recherche ont la possibilité d'apporter leur pierre à la réflexion commune et, pourquoi pas, de porter des propositions ! Même si, bien évidemment, cette tâche relève avant tout des politiques.

Quelle stratégie avez-vous choisi d'appliquer pour toucher le plus grand nombre ?

P.P. : Réflexion, analyse, discussion. La journée sera ainsi divisée en trois temps avec comme objectif principal de montrer la part respective du « national » et de « l'européen » dans ces élections. Le premier temps se structurera autour de quatre grandes questions : Les élections européennes ont-elles un enjeu uniquement national ou réellement européen ? Comment expliquer que la participation des électeurs subisse une baisse constante alors que les pouvoirs du parlement européen n'ont cessé de se renforcer depuis l'instauration des premières élections européennes au suffrage universel direct en 1979 ? Un nouvel espace de citoyenneté est-il en train de se construire ? Allons-nous voir se dessiner un nouvel espace politique ?

Quant à la seconde partie, elle portera un regard précis sur quatre cas nationaux : un pays de l'Europe des six (1957) représenté par la France, un pays pro-Europe avec l'Espagne, un pays plus eurosceptique comme la Grande-Bretagne et un nouvel entrant, la Bulgarie. Cet échantillon nous permettra par exemple de dégager les éléments qui participent à l'évolution transnationale ou bien de révéler les spécificités électorales et politiques de chacun.

Enfin, la conclusion de cette journée se fera sous la forme d'un débat qui confirmera ou infirmera peut-être l'existence de signes révélateurs d'une européanisation de la vie politique et de la construction d'une Europe politique (la mise en place de campagnes communes, l'établissement de programmes supranationaux, les tendances politiques transnationales…). Les thèmes abordés réuniront des chercheurs du Cevipof, des chercheurs associés et des chercheurs venus de plusieurs pays européens. Cette rencontre nous laisse espérer des échanges très riches.

Et qu'attendez-vous de cette journée ?

P.P. : D'un point de vue scientifique, cette manifestation sera l'occasion de voir si les grilles d'analyse des élections européennes établies par la science politique internationale s'avèrent être toujours opérationnelles. Depuis la fin des années 1970 et le début des années 1980, il existe toute une tradition d'analyses selon lesquelles les élections européennes se jouent essentiellement sur des questions nationales. Lorsqu'une élection européenne intervient entre deux élections nationales, on constate assez souvent qu'elle enregistre un très fort vote anti-gouvernement. À mi-mandat et/ou en période de crise économique et financière, comme nous le vivons actuellement, il y a souvent ce qu'on nomme un « effet défouloir ». En restant dans l'ombre des enjeux nationaux, elles perdent ainsi beaucoup de leur importance et de leur autonomie. C'est pourquoi la plupart des spécialistes et des responsables politiques les considèrent en fait comme des « élections nationales de second ordre » ou « élections intermédiaires ». Au fond, elles seraient la somme des élections des 27 pays de l'Union.

Propos recueillis par Géraldine Véron

1. Directeur du Cevipof et professeur des universités à l'Institut d'études politiques.
2. Plus de 370 millions de citoyens européens sont appelés à voter pour élire les 736 membres qui les représenteront au Parlement européen jusqu'en 2014.
3. La France est le dernier des 27 pays de l'Union en termes de connaissance du mode d'élection des députés européens au suffrage universel direct (source : Eurobaromètre, n° 71, janvier-février 2009).

CONTACT
→ **Pascal Perrineau**
Cevipof, Paris
pascal.perrineau@sciences-po.fr

BRÈVE

Disparition de Piotr Slonimski

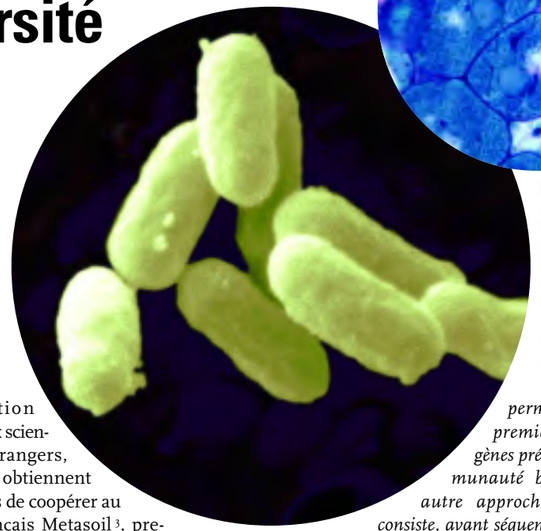
Le généticien Piotr Slonimski est décédé le 25 avril dernier à l'âge de 87 ans. Directeur de recherche au CNRS depuis 1962 et médaillé d'or de l'organisme en 1985, ce chercheur éminent – membre de l'Académie des sciences – a fortement contribué à l'essor de la biologie moderne en France. Il fut l'un des pères de la génétique mitochondriale et l'un des principaux artisans de la génomique, notamment par sa contribution au séquençage du premier génome eucaryote[1]. Fondateur du Centre de génétique moléculaire du CNRS, à Gif-sur-Yvette, il était professeur de génétique à l'université Pierre et Marie Curie, à Paris, où il a créé avec Madeleine Gans le DEA de génétique moléculaire et cellulaire.

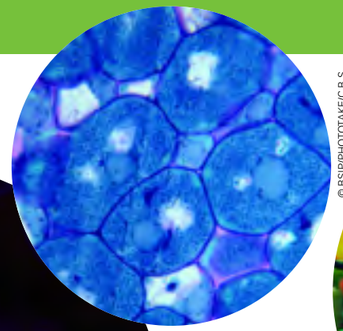
1. Organisme dont les cellules possèdent un noyau isolé du cytoplasme et renfermant l'ADN.

CONSORTIUM

Explorer la biodiversité génétique du sol

Le consortium international Terragenome, animé par une équipe française, fédère les efforts de recherche afin d'aboutir au séquençage complet du génome de tous les micro-organismes du sol. Un défi colossal à relever, qui ouvre d'innombrables perspectives.





© BSIP/PHOTOTAKE/C.B.S.

Le sol renferme de très nombreuses bactéries, comme celles qui fixent l'azote pour le compte des plantes, à l'instar de *Rhizobium leguminosarum* (ci-dessus) et *Sinorhizobium meliloti* (ci-contre).

Un séquençage exhaustif du génome de tous les micro-organismes du sol ? « *Il y a quelques années, un tel projet était totalement inenvisageable, en raison de l'ampleur de la tâche. Les progrès en microbiologie, séquençage, robotique et bio-informatique le rendent aujourd'hui réalisable* », analyse Pascal Simonet, co-animateur de l'équipe « Génomique microbienne environnementale » au sein du laboratoire Ampère[1]. Le défi, cependant, reste de taille, et seule une action internationale permettra de le mener à bien. En décembre 2008, le consortium international pour la métagénomique[2] du sol, Terragenome, a donc été inauguré. Coordonnée par les chercheurs du laboratoire Ampère, cette structure informelle a notamment une vocation d'appui aux scientifiques étrangers, afin qu'ils obtiennent les moyens de coopérer au projet français Metasoil[3], première étape de « l'aventure scientifique » de ce séquençage. Ce dernier représente le plus vaste réservoir planétaire de biodiversité. « *Les bactéries et autres champignons qu'il recèle présentent un rôle capital dans le fonctionnement de notre biosphère* », rappelle Pascal Simonet. En outre, les enzymes produites et les composés issus de leur métabolisme secondaire ont un intérêt industriel et pharmaceutique considérable. « *Actuellement, 70 % des antibiotiques présents sur le marché sont issus de bactéries du sol* », précise le scientifique. « *Mais ils proviennent d'une infime fraction de la biodiversité bactérienne totale ! Le reste, encore inexploré, constitue un réservoir quasi inépuisable de nouvelles molécules bioactives, dépassant largement ce qui pourra jamais être synthétisé.* »

© P. Simonet

Le sol de la parcelle « Park-grass», située sur la station expérimentale de Rothamsted, au Royaume Uni, a été choisi comme référence en vue d'établir le séquençage le plus exhaustif possible du génome des différents micro-organismes d'un sol, objet notamment du projet international Terragenome.

En moyenne, chaque gramme de sol renferme un milliard de cellules bactériennes, mais il est encore impossible de définir le nombre d'espèces présentes. « *Les difficultés à étudier, donc les freins à l'exploitation de la biodiversité de ce milieu ont plusieurs causes. D'une part moins de 1 % de ces micro-organismes peuvent être cultivés in vitro, d'autre part, le sol est complexe et hétérogène : des zones s'apparentent à des mégalopoles surpeuplées et peu accessibles à l'investigation, et d'autres sont de véritables déserts microbiens. En outre, la plupart de ces espèces ne comprennent que quelques individus.* »

Pour appréhender la biodiversité bactérienne du sol, l'approche métagénomique a donc été choisie. Elle consiste à isoler directement l'ADN des bactéries, sans chercher à les individualiser sur des milieux de culture. « *Une fois extrait et purifié, l'ADN global peut être analysé par différentes techniques. L'une d'elles consiste à utiliser directement l'ADN extrait pour réaliser la séquence d'un très grand nombre de petits fragments, ce qui permet d'obtenir un premier catalogue des gènes présents dans la communauté bactérienne. Une autre approche, plus aboutie, consiste, avant séquençage, à construire une banque d'ADN métagénomique, en réalisant dans des clones de la bactérie* Escherichia coli *une très vaste collection de fragments d'ADN comportant chacun une quarantaine de gènes (40 kilobases). Le séquençage de ces gros fragments d'ADN sera plus informatif que le simple catalogage des gènes. On pourra par exemple comprendre comment ils interagissent entre eux.* »

© BSIP/SCIMAT

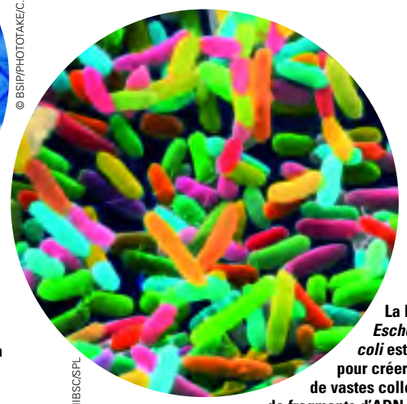
Lancé en janvier dernier, le projet Metasoil porte sur l'analyse du contenu du sol de l'une des plus anciennes stations agronomiques du monde, Rothamsted, en Angleterre. Une grande quantité d'informations sont disponibles sur ce sol : conditions climatiques, cultures réalisées, traitements appliqués… depuis plus de 150 ans. « *Afin d'accroître l'accès à la biodiversité bactérienne de ce sol témoin, notre méthode d'échantillonnage prévoit une vingtaine de prélèvements répartis sur différentes périodes de l'année. Déjà, le séquençage des premières molécules d'ADN métagénomique extraites de Rothamsted est en cours, et le premier million de clones sera produit d'ici à la fin 2009* », précise Pascal Simonet.

Fort des résultats de Métasoil, Terragenome pourra donc prendre son envol. Et dans le cadre de ce consortium, les ressources biologiques de Rothamsted seront mises à disposition de la communauté scientifique internationale, chargée de compléter le séquençage et l'analyse des deux millions de clones de la banque d'ADN Metasoil. « *Deux laboratoires américains ont déjà déposé des demandes auprès de leurs organismes de financement pour collaborer à notre projet* », se réjouit Pascal Simonet. Les travaux réalisés sur ce sol de référence ouvriront la voie à des investigations sur d'autres écosystèmes telluriques, permettant par exemple d'appréhender les mécanismes bactériens d'adaptation et d'évolution, et de compléter l'inventaire des fonctions bactériennes. À ces objectifs fondamentaux s'ajoutent ceux liés à l'exploitation de ces ressources génétiques à des fins agronomiques et industrielles, et plus particulièrement pharmaceutiques.

Marie Lescroart

1. Laboratoire CNRS / École centrale de Lyon / Insa / Université Lyon-I.
2. La métagénomique est une technique qui permet d'analyser globalement les génomes de tous les micro-organismes d'une niche écologique.
3. Financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et la Région Rhône-Alpes à hauteur de 2,2 millions d'euros pour trois ans, ce projet associe le laboratoire Ampère (CNRS-ECL), le Génoscope d'Évry, qui séquencera les ADN, la start-up Libragen, chargée de produire et de manipuler les clones d'ADN, et un groupe de bio-informaticiens coordonné par les chercheurs du laboratoire « Biométrie et biologie évolutive » de Villeurbanne.

CONTACT
→ **Pascal Simonet**
Laboratoire Ampère, Lyon
pascal.simonet@ec-lyon.fr



© NIBSC/SPL

La bactérie *Escherichia coli* est utilisée pour créer de vastes collections de fragments d'ADN des bactéries du sol, qu'il est ensuite possible de séquencer.

IN SITU

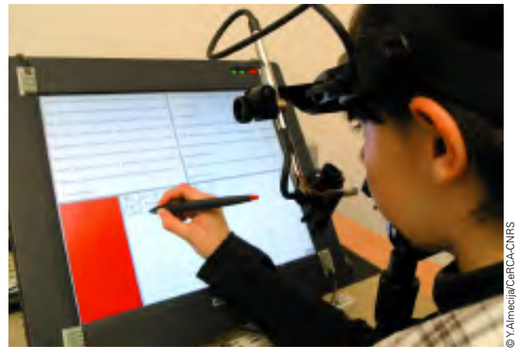
Pourquoi et comment écrit-on ?

C'est à Barcelone que l'on pouvait rencontrer en avril dernier les spécialistes de l'écriture. Non pas des écrivains ou des journalistes, mais des chercheurs venus de toute l'Europe, spécialisés dans l'étude de la production écrite. Leur but : comprendre et modéliser ses mécanismes, de la maîtrise de l'orthographe à la rédaction de romans ou de récits, en passant par les règles de l'essai, de la dissertation ou l'écriture professionnelle.

Pourquoi l'écrit ? Parce que notre société est une société de l'écrit. Non seulement l'essor d'Internet et du multimédia n'a pas enterré l'écriture, mais il l'a au contraire rendue plus quotidienne. « *Tout le monde écrit*, note Denis Alamargot, responsable de l'action Cost[1] et directeur depuis 2003 du groupe de recherche CNRS sur la production écrite. *Des blogs, des courriels, des commentaires, des consignes, des comptes rendus…* » Une production foisonnante qui met en exergue les problèmes de maîtrise de l'écriture.

Ses bases sont encore mal connues. « *Car écrire, ça n'est pas simplement le contraire de lire. Non seulement les mécanismes cognitifs, linguistiques et moteurs sont spécifiques, mais en plus ils peuvent différer d'une langue à l'autre* », rappelle Denis Alamargot. C'est pourquoi, dès 2003, l'université de Poitiers et le CNRS, avec le soutien du Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (Cerca)[2], ont créé un premier groupement de recherche (GDR) CNRS réunissant une quarantaine de chercheurs français. Le groupe a activement contribué à l'élaboration et à l'obtention, l'an dernier, d'un projet européen Cost.

« *Nous sommes arrivés avec un projet en accord avec les objectifs européens du traité de Lisbonne de lutte contre l'illettrisme*, rappelle Denis Alamargot. *Ce qui nous a permis d'obtenir un financement européen Cost, l'un des plus sélectifs qui soient (25 projets, toutes catégories scientifiques confondues, retenus chaque année pour 450 soumissions).* » Le but du réseau : diffuser les résultats et mettre en commun des méthodes d'analyse des stratégies rédactionnelles des élèves, des professionnels ou mettre au point des outils numériques d'aide à l'écriture… basés par exemple sur l'analyse des mouvements oculaires des rédacteurs. Ces nouvelles données devraient conduire à des préconisations pédagogiques qui intègrent les dimensions apportées par les sciences cognitives, la linguistique ou la didactique, et les spécificités européennes. Le réseau a encore du pain sur la planche.



© Y.Almeja/CerCA-CNRS

Le dispositif « Eye and Pen » mis au point par des chercheurs du CNRS et de l'université de Poitiers enregistre et analyse les mouvements des yeux et du crayon d'un élève pendant l'écriture d'un texte.

Virginie Lepetit

→ **Pour en savoir plus**
www.cost-lwe.eu

1. Au sein du Projet européen de coopération dans les domaines scientifiques et technologiques, les actions Cost, elles, financent les frais de coordination des scientifiques venant de différents pays et non la recherche en elle-même.
2. Centre CNRS / Université Poitiers / Université Tours.

CONTACT
→ **Denis Alamargot**
Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage, Poitiers
denis.alamargot@univ-poitiers.fr

BRÈVE

Un plan pour les nanotechnologies

Un plan en faveur des nanosciences et des nanotechnologies vient d'être lancé par le gouvernement. Au total, 70 millions d'euros seront consacrés en 2009 au renforcement de cette filière en France, en particulier à la valorisation des recherches. En effet, même si le pays est bien placé dans ce domaine en termes de publications (plus de 3 500 en 2006, soit le 5e rang mondial), les dépôts de brevets restent faibles (moins de 2 % des brevets mondiaux). Le plan Nano-Innov prévoit ainsi la création de trois grands centres « d'intégration technologique » à Saclay, en région parisienne, à Toulouse et à Grenoble, où la recherche fondamentale s'alliera avec l'industrie pour mettre au point de nouvelles technologies, déposer des brevets, créer des produits… Trois collèges composés de spécialistes des nanosciences – dont bon nombre de chercheurs du CNRS –, des nanotechnologies ainsi que d'industriels, rédigeront les appels d'offres mis en œuvre par l'Agence nationale de la recherche et assureront l'allocation pertinente des crédits aux équipes scientifiques.

Chrétien Moonen
Guerre ouverte contre le cancer

Curieux de tout et ouvert d'esprit. Ses collaborateurs peuvent en attester, Chrétien « Chrit » Moonen n'a rien d'un grand professeur enfermé dans sa tour d'ivoire. Le chercheur hollandais est polyglotte ; il parle néerlandais, français, anglais et allemand. Né il y a cinquante-trois ans dans la région de Maastricht, Chrit Moonen a grandi dans une ferme. Il concède que peut-être inconsciemment c'est ce qui l'a mené à choisir, au début de ses études, l'université agricole. Mais la raison la plus forte était l'envie d'étudier les trois domaines qui le passionnaient le plus : la chimie, la physique et la biologie.

On l'aura compris, la science est son terrain d'action. Mais contrairement à d'autres chercheurs, Chrit Moonen a un besoin presque viscéral de voir mis en application le résultat de ses recherches. « *La recherche fondamentale, c'est bien, mais l'essentiel c'est l'application clinique* », rappelle-t-il. Cela explique d'ailleurs qu'il ait toujours cherché à associer les médecins à ses travaux sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM), comme le docteur Hervé Trillaud, qui planche avec lui, depuis dix ans, sur le pilotage en temps réel par IRM de plusieurs technologies non invasives destinées à combattre le cancer. Radiologue à l'hôpital Saint-André de Bordeaux, il ajoute même que Chrit Moonen « *est malheureux quand il ne voit pas assez souvent les médecins dans son laboratoire* ».

Après une année marquante à l'École polytechnique de Zürich, où il étudie dans les laboratoires des futurs Prix Nobel Richard Ernst [1] et Kurt Wüthrich [2], c'est en 1983, l'année de sa thèse, effectuée sur la structure des protéines, qu'il oriente ses recherches vers une application médicale. À l'époque, l'une des principales méthodes utilisées pour étudier la structure des protéines fait appel à la résonance magnétique nucléaire. Et lorsque l'imagerie par résonance magnétique, qui bouleverse la radiologie, est mise au point, Chrit Moonen est fasciné. Quelques années plus tard, à seulement 31 ans, il est embauché aux États-Unis pour diriger le centre de recherche IRM au National Institute of Health (NIH) de Washington. De ce long séjour de l'autre côté de l'Atlantique, il conserve un très bon souvenir. « *Peu de paperasse, pas de demandes de fonds, et un matériel de pointe… le paradis pour un chercheur* », se souvient-il. Mais le chercheur pense au bien-être de ses enfants, et décide, avec son épouse française, de rentrer en Europe. « *Nous ne voulions pas que nos enfants aient à déménager sans cesse pendant leur adolescence. Comme nous sommes quand même culturellement plus européens, nous avons cherché de ce côté-ci de l'Atlantique.* »

© F. Virignaud/CNRS Photothèque

Il arrive à Bordeaux en 1996, où il intègre le CNRS, dont il apprécie le grand atout : offrir des postes « *entièrement dédiés à la recherche* ». Il se consacre donc à plein temps à la mise au point d'une thérapie mini-invasive qui utilise l'ultrason focalisé et guidé par IRM. Et toute l'équipe de son laboratoire interdisciplinaire, qui associe physiciens, informaticiens et biologistes, est récompensée par le prix de l'Oise 2006, qui couronne ce travail minutieux de lutte contre la maladie, soutenu depuis dix ans par la Ligue contre le cancer. L'appareil mis au point par le laboratoire de Chrit Moonen et fabriqué par Philips est à présent en phase d'étude clinique à l'hôpital Saint-André de Bordeaux, dans le service d'Hervé Trillaud. « *Cette machine fait l'objet d'un protocole de recherche clinique depuis juin 2008. Nous avons traité près de dix patientes pour fibrome utérin* », indique le médecin. Une première étape avant de traiter les cancers du sein, du rein et peut-être du foie. Le souhait le plus profond du chercheur et sa plus grande source de motivation.

Dominique Salomon

1. Prix Nobel de chimie en 1991 pour sa contribution au développement de la spectroscopie multidimensionelle par résonance magnétique nucléaire.
2. Prix Nobel de chimie en 2002 pour son travail sur l'utilisation de la résonance magnétique nucléaire multidimensionnelle pour l'étude de la structure des protéines.

CONTACT

→ **Chrétien Moonen**
Laboratoire « Imagerie moléculaire et fonctionnelle : de la physiologie à la thérapie », Bordeaux
chrit@imf.u-bordeaux2.fr

BRÈVE

Et un GDRE de plus !

Les groupements de recherche européens (GDRE), ces réseaux qui regroupent pour quatre ans des laboratoires publics autour d'un thème, comptent un nouveau venu : un GDRE entièrement consacré à l'Europe. Baptisé « Espace et temps de la construction européenne » (ETCE), il réunit des laboratoires de six pays de l'Union européenne (France, Allemagne, Italie, Belgique, Espagne, Grande-Bretagne). Son but : continuer d'approfondir l'histoire transnationale de la construction européenne, en se penchant, par exemple, sur la transition d'une Europe économique vers une Europe politique entre 1970 et 1980 ou sur les interactions entre les institutions communautaires, les partis politiques et les opinions publiques. Comme tous les GDRE, celui-ci s'efforcera de faciliter et d'encourager les contacts et les échanges entre chercheurs, et il assurera un soutien à la coordination des activités scientifiques.

> **Pour en savoir plus : https://dri-dae.cnrs-dir.fr**

Le mont Fitz Roy, en Patagonie, au Sud de l'Argentine.
© I. Alvarez/Agefotostock

© CNRS

Une renaissance scientifique

EN CHIFFRES

- **39,9** millions d'habitants (source : ONU 2008)
- **6636** dollars U.S. de PIB par habitant (source : ONU 2007)
- **0,5 %** du PIB pour les dépenses de recherche et de développement en 2006
- **32 000** chercheurs en 2006
- **3,8 %** du PIB pour l'Éducation nationale (source : Unesco 2004)
- **1,54** million d'inscrits dans les cycles d'études supérieures en 2006
- **260** copublications avec la France en 2007, dont 160 avec le CNRS : la France était le quatrième partenaire de l'Argentine après les États-Unis, l'Espagne et le Brésil.
- **250** missions de chercheurs CNRS en Argentine en 2007.

L'Argentine, second plus grand pays d'Amérique du Sud, a une économie dynamique et un brillant passé scientifique, avec notamment deux lauréats d'un prix Nobel à son actif. Si, depuis quelques années, dictatures militaires et faillites financières ont provoqué une fuite des scientifiques, le pays encourage leur retour, et la recherche a été placée au cœur du programme de développement national.

En 2006, le gouvernement a ainsi annoncé un plan sur dix ans qui prévoit de doubler la part du PIB allouée à la recherche et à la technologie. Et l'une des premières décisions de Cristina Fernández de Kirchner, élue présidente en 2007, a été de créer le ministère de la Science, de la Technologie et des Innovations Productives (Mincyt) et de nommer à sa tête le scientifique José Lino Barañao. Elle a aussi alloué des fonds pour augmenter les salaires des chercheurs de 30 % et relancer le financement public des allocations de recherches en 2009.

C'est le Conseil national de recherche scientifique et technologique (Conicet), sous l'égide du Mincyt, qui finance des activités de recherche. Créé en 1958 et de structure similaire à celle du CNRS, il a aujourd'hui un budget annuel d'environ 110 millions d'euros. La recherche est organisée autour de cinq domaines : la biologie et la santé, l'agronomie, l'ingénierie et les matériaux, les sciences naturelles et exactes, et les sciences humaines et sociales. D'autre part, 79 universités, dont 41 privées se partagent la recherche académique. Enfin, distincte du Mincyt, la Commission nationale de l'énergie atomique (CNEA), est un organisme national responsable du développement des activités nucléaires civiles. Elle dispose de plusieurs centres de recherche, dont le Centro Atomico, à Bariloche, en Patagonie, qui a une longue tradition de coopération avec l'Institut Néel du CNRS. La CNEA contribue également à l'Observatoire Pierre Auger, projet international pour l'étude des rayons cosmiques de très haute énergie. Situé dans la province du Mendoza, ce projet regroupe 253 chercheurs et ingénieurs provenant de 17 pays, dont une équipe française représentée principalement par le CNRS.

En effet, la renaissance scientifique de l'Argentine est marquée par un développement de la coopération scientifique internationale, dont la France est un partenaire majeur. En effet, il y a une longue tradition de présence française en Argentine. De plus, la majorité des chercheurs CNRS originaires d'Amérique latine viennent d'Argentine, et ils sont maintenant à la tête de nombreux projets conjoints. Grâce au programme Euralinet [1], des projets entre l'Argentine et la France et d'autres partenaires européens peuvent accéder aux structures européennes de financement, comme le programme-cadre de recherche et de développement technologique (PCRDT).

Du côté du CNRS, en 2007, les chercheurs de l'organisme ont effectué 250 missions en Argentine, notamment en sciences de l'Univers, en ingénierie, en physique et en sciences humaines et sociales. Concernant les projets conjoints, le CNRS développe avec l'Argentine cinq programmes internationaux de coopération scientifique (Pics) en biologie, en mathématiques, en génétique, et en sciences humaines et sociales. Deux groupements de recherche internationaux (GDRI) sont aussi en place, l'un sur l'observation d'énergies extrêmes à l'Observatoire Pierre Auger, l'autre sur la gestion de l'eau dans les Amériques. On compte aussi un laboratoire international associé (LIA) en nanotechnologies. Et ce n'est pas tout ! Le CNRS et le Mincyt sont en négociation concernant deux unités mixtes internationales (UMI), l'une pour l'étude des technologies de l'astrophysique et de l'Univers (TAU) à l'Observatoire Auger, l'autre en sciences du climat à l'université de Buenos Aires.

Jason Brown

1. Euralinet doit coordonner le dialogue régional en sciences et technologies entre l'Amérique latine et l'Union européenne et renforcer la participation latino-américaine au 7e PCRD.

PARTENAIRE

Grâce à un accord signé en 1985, le CNRS et le Conicet cofinancent une moyenne de 15 projets de coopération par an. Par ailleurs, cette année marque le 10e anniversaire du programme « Orientation et évaluation de la coopération scientifique » (Ecos), à travers lequel, en France, le ministère des Affaires étrangères et européennes et celui de l'Enseignement supérieur et de la recherche financent environ 15 projets conjoints en Argentine, dont environ 60 % impliquent le CNRS.

CONTACTS

→ **Claire Giraud**
Direction des relations internationales du CNRS, Paris
claire.giraud@cnrs-dir.fr

→ **Jean-François Marini**
Bureau du CNRS, Santiago du Chili
jfmarini.cnrs@123.cl

3 questions à...

Ghislain de Marsily

L'eau, un trésor en partage

Préface d'Érik Orsenna, éd. Dunod, coll. « Quai des sciences », mai 2009, 264 p. – 19 €

Membre de l'Académie des sciences, Ghislain de Marsily est hydrologue, associé au laboratoire « Structure et fonctionnement des hydrosystèmes continentaux » (Sisyphe, CNRS / EPHE / Université Paris-VI).

Ce que l'on appelle communément la « crise de l'eau » semble glisser sur les vrais problèmes – puisque *« de l'eau, il n'en manque pas ! »*. Votre livre, qui s'adresse à tous, propose une analyse rigoureuse de la situation : où est donc le véritable problème ?

De l'eau, il n'en manque pas et, de plus, cette eau ne s'épuise pas – contrairement au pétrole –, car elle est constamment renouvelée par son « cycle » ! En ce qui concerne les changements climatiques, ils vont plutôt, mondialement, augmenter les ressources en eau que les réduire ; enfin, nous ne consommons, aujourd'hui qu'un peu plus de 5 % des ressources en eau. Le véritable problème n'est pas dans les stocks d'eau mais dans les flux, dans la répartition de cette ressource sur la planète par rapport à la répartition de la population : comment fournir la nourriture nécessaire aux 6,7 milliards d'habitants, dont un milliard de sous-alimentés, et surtout aux 9 milliards prévus pour 2050 ? Or, fournir cette nourriture demande énormément d'eau du fait des habitudes alimentaires de la population mondiale. Si, en particulier, nous mangeons beaucoup de viande, la quantité d'eau nécessaire devient encore plus considérable. Il faut savoir qu'environ 96 % de l'eau que nous consommons, si on y inclut l'eau de l'agriculture pluviale, sert à la production alimentaire. Le problème de fond est donc : comment produire la nourriture dont nous avons besoin ? Une analyse de la capacité de la planète à produire cette nourriture montre que les ressources en eau et en sols sont, pour certains pays, voire pour certains continents, des facteurs limitants de la production alimentaire. Pour ces régions (Afrique du Nord, Moyen-Orient, Asie, Chine du Nord, Australie…), il y a donc bien un problème de ressource en eau pour produire la nourriture. Mais à l'échelle globale, il y a tout à fait suffisamment de sols et d'eau pour nourrir la planète même en 2050, même avec 9 milliards d'habitants – si toutefois, on limite la consommation de viande. Les pays capables de produire la nourriture supplémentaire dont nous aurons besoin seront principalement l'Amérique du Sud, l'Afrique subsaharienne et, du fait du réchauffement climatique, l'Europe du Nord, la Russie (Sibérie) et l'Amérique du Nord.

Ce n'est donc pas un problème de manque d'eau, mais un problème écologique, démographique, politique ?

En effet. Écologique : pour produire la nourriture nécessaire, il faudra augmenter considérablement les surfaces cultivées et, donc, réduire inexorablement les espaces naturels (forêts, prairies, savanes), ce qui se fera aux dépens des écosystèmes naturels et de la biodiversité ; démographique : plus la planète sera peuplée, plus difficile sera le problème ; politique : des pays ou des continents entiers devront accepter de ne plus pouvoir assurer leur autosuffisance alimentaire et de dépendre de productions venant d'autres continents.

Difficile avenir pour *Homo sapiens*…

Bien que ce soit là une évidence, souvenons-nous que l'homme n'est pas le seul sur terre à utiliser les ressources en eau : tous les écosystèmes naturels ont besoin d'eau pour exister, que ce soit dans les milieux aquatiques (rivières, lacs) ou surtout dans les milieux terrestres naturels (forêts, savanes). Jusqu'à quel niveau pourrons-nous augmenter nos prélèvements et espérer quand même conserver une planète « vivante » où ces écosystèmes prospèrent et nous permettent d'exister ? En somme, « l'avenir de l'eau », ce n'est pas sa rareté, c'est son partage équitable entre tous, aussi bien entre les hommes qu'avec l'ensemble de la faune et de l'environnement.

Propos recueillis par
Léa Monteverdi

Atlas des forêts dans le monde

Protéger, développer, gérer une ressource vitale

Joël Boulier et Laurent Simon, cartographie d'Eugénie Dumas, préf. Wangari Maathaï, éd. Autrement, coll. « Atlas », avril 2009, 80 p. – 17 €

Avec 4 milliards d'hectares, les forêts couvrent environ 30 % de la surface du globe. Malheureusement, leur répartition est hétérogène – face aux immenses forêts boréales de conifères et aux forêts tropicales humides, se trouvent les espaces de prairies et de déserts pratiquement dépourvus d'arbres. De plus leur utilisation est intensive : elles sont des espaces de ressources pourvoyeurs de bois, de nourriture, lieux de loisirs… Ce qui rend la question de la préservation de plus en plus délicate. Préfacé par Wangari Maathaï, Prix Nobel de la Paix en 2004, cet *Atlas des forêts dans le monde* met en évidence la diversité du fait forestier sur la planète en vivifiant les débats sur une situation cruciale.

À la table des dieux

Jean-Robert Pitte, éd. Fayard, mars 2009, 237 p. – 22 €

Se terminant sur *« comment se nourrit Tenzin Gyatsao, 14e dalaï-lama »*, et commençant par la recette d'*« une crème renversée aux marrons garnie de truffes au chocolat amer et violettes confites accompagnée d'un muscat de Beaumes-de-Venise »*, ce petit livre reprend, en grande partie, les chroniques proposées par l'auteur au *Monde des religions*, de 2004 à 2008. Il traite des principaux plats qui ont conservé une empreinte religieuse : la morue catholique, la *harira,* ou soupe de ramadan, le « saint cochon », le « lait des morts coréens » et la « sainte huile d'olive ». Un voyage dans les doctrines alimentaires qui évoque la recommandation du bon saint François de Sales : *« Il faut soigner son corps pour que l'âme s'y plaise. »*

Travailleurs saisonniers dans l'agriculture européenne

Textes réunis et présentés par Alain Morice et Bénédicte Michalon, éd. EHESS, Études rurales, n° 182, mars 2009, 225 p. – 32 €

Rompant avec la représentation consensuelle du « travailleur immigré » comme ouvrier spécialisé de l'industrie automobile ou manœuvre de chantiers de construction, cet ouvrage traite d'un sujet passablement négligé et cependant au cœur des débats sur l'agriculture – celui de l'ouvrier agricole, le « saisonnier », le « mal aimé ». Il examine les modes de recrutement d'une main-d'œuvre précarisée par le droit du travail et le droit des étrangers et observe la manière dont ces modes se propagent dans d'autres secteurs en proie à la déréglementation du travail. L'hypothèse d'une grave crise de main-d'œuvre est posée, dont le signe avant-coureur pourrait bien être la multiplication des actions judiciaires intentées en France contre les exploitants ou l'État.

La bioéquité

Batailles autour du partage du vivant

Florence Bellivier et Christine Noiville (dir.), éd. Autrement, coll. « Frontières », avril 2009, 172 p. – 18 €

Avec l'avènement des biotechnologies, les ressources biologiques sont devenues une richesse plus convoitée que jamais : toute plante, tout micro-organisme, tout tissu humain recèle des potentialités pour la recherche et la mise au point de nouveaux médicaments, de produits cosmétiques, ou agro-alimentaires susceptibles, eux, de générer un profit financier. Or, qui peut légitimement revendiquer des droits sur cette manne potentielle ? Deux juristes jettent les bases d'une indispensable « bioéquité » : organiser une gouvernance acceptable du vivant entre marché et équité, propriété exclusive et accès, innovation et justice Nord-Sud. Pour un large public.

Mangeurs de viande

De la chasse à la tauromachie

Marylène Patou-Mathis, éd. Perrin, avril 2009, 400 p. – 20 €

Paléoanthropologue, Marylène Patou-Mathis poursuit son exploration des premières sociétés humaines – après son histoire de Neanderthal – par cette étude sur le rôle de la consommation de viande dans la préhistoire. Elle montre que se pourvoir en viande a été l'un des moteurs essentiels de l'hominisation obligeant l'homme à inventer stratégie de chasse, coordination, règles de répartition, différenciation – car l'homme ne mange pas n'importe quelle viande. À travers l'étude de la consommation de la viande animale – ou, parfois, de la chair humaine – se précisent quelques-unes des caractéristiques des derniers chasseurs traditionnels renvoyant à quelques-unes de nos coutumes substitutives, par exemple, la tauromachie.

Kant et le chimpanzé

Essai sur l'être humain, la morale et l'art

Georges Chapouthier, éd. Belin • Pour la science, coll. « Regards », avril 2009, 128 p. – 17 €

Posant la question incongrue : Kant était-il un chimpanzé ? l'auteur propose ici une réflexion amusante sur les capacités propres de l'homme – qui a, en effet, un animal en lui, comme l'indiquent clairement les deux hémisphères de son cerveau et leur parfaite articulation. S'appuyant sur les plus récentes découvertes, l'auteur montre comment et pourquoi nous sommes amenés, aujourd'hui, à percevoir une grande continuité entre l'homme et l'« animal » et que, par conséquent, pour se singulariser, l'homme doit articuler *« nature et culture dans la morale comme dans l'art »*.

Dynamiques de l'erreur

Christiane Chauviré, Albert Ogien et Louis Quéré (dir.), éd. EHESS, coll. « Raisons pratiques », février 2009, 368 p. – 26 €

L'erreur humaine, inévitable, est souvent affectée d'une valeur négative. En l'envisageant dans les multiples contextes où elle se produit – science, diagnostic médical, décision politique… –, cet ouvrage propose une approche nouvelle de l'erreur, l'enjeu étant, ici, de mettre à l'épreuve la thèse de la valeur positive de celle-ci.

2009 : ANNÉE MONDIALE DE L'ASTRONOMIE

La vie dans l'Univers

Entre mythes et réalités

André Brack et Fiorella Coliolo, éd. La Martinière, 128 p. – 20 €

À travers des textes courts, documentés et accessibles à un large public, cet ouvrage explique comment est apparue notre planète, il y a quatre milliards d'années.
Et comment les scientifiques ont pu étayer leur théorie, en étudiant les ancêtres chimiques précurseurs de la vie et les météorites tombées, en observant les fonds marins et en s'appuyant sur les premières enquêtes spatiales. Ponctué de magnifiques prises de vue.

LA TERRE, L'ESPACE ET AU-DELÀ
Sylvie Vauclair, préface Hubert Reeves, éd. Albin Michel, coll. « Bibliothèque Albin Michel Sciences », mai 2009, 168 p. – 16 €

LES TROUS NOIRS EN PLEINE LUMIÈRE
Michel Cassé, éd. Odile Jacob, coll. « Sciences », avril 2009, 209 p. – 25 €

Le sexe, l'Homme et l'évolution

Pascal Picq et Philippe Brenot, éd. Odile Jacob, mai 2009, 320 p – 21 €

Ce livre propose une approche de la sexualité humaine depuis ses origines jusqu'à aujourd'hui. Sous-tendu par une double interrogation – qu'est-ce qui est humain et que nous apprennent les modèles animaux ? – il présente les connaissances scientifiques récentes, récuse idées reçues et fausses explications s'appuyant sur des dogmes ou prétendues « lois naturelles » et présente en annexe des « chiffres » : une synthèse des résultats d'études anthropologiques, sociologiques, médicales et biométriques et une analyse des grands rapports sur la sexualité et les mœurs depuis cinquante ans.

Le présent du passé
L'actualité de l'histoire de l'Homme

Yves Coppens, éd. Odile Jacob, mai 2009, 288 p. – 22 €

Introduction à la préhistoire, cette étude raconte dans une langue savoureuse comment les chercheurs sont parvenus à jalonner en quelques décennies la généalogie de l'Homme – né d'un changement climatique et d'une adaptation à ce changement il y a 3 millions d'années. Il rappelle, concernant la capacité d'adaptation du vivant, que *« pendant 3,5 milliards d'années, la vie n'a été qu'aquatique, et il a fallu un important retrait des eaux (réquisitionnées par des glaciers) pour que des plantes s'installent pour la première fois sur les continents, suivies par des invertébrés et, bientôt, des vertébrés ». Homo sapiens* saura-t-il s'adapter ?

Traditions et temporalités des images

Giovanni Careri, François Lissarrague, Jean-Claude Schmitt et Carlo Séveri (dir.), éd. EHESS, coll. « L'histoire et ses représentations », mars 2009, 256 p. + 104 planches coul. hors texte – 45 €

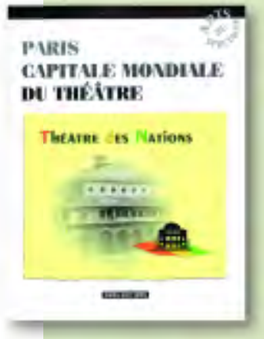
Derrière les traces du temps qu'elles reflètent, que nous racontent les images ? L'enjeu est-il notre propre mémoire ? Avec pour point de départ ces questions, historiens, anthropologues et historiens de l'art analysent ici plus de vingt-cinq siècles de productions artistiques d'Europe, d'Afrique, d'Asie et d'Amérique.

Les médias en Méditerranée
Nouveaux médias, monde arabe et relations internationales

Khadija Mohsen-Finan (dir.), éd. Actes Sud, coll. « Études méditerranéennes », avril 2009, 400 p. – 28 €

Désormais acteurs politiques à part entière, les médias entretiennent des liens ambigus avec les différents pouvoirs – politique, judiciaire, religieux, financier… – et pèsent directement sur les relations internationales. Cet ouvrage interroge l'histoire à travers de nombreux exemples – de l'Italie au Liban, de l'analyse du Web au traitement médiatique du conflit israélo-palestinien. Il sonde l'évolution des imaginaires politiques et religieux et tente de situer le rôle des médias dans les sociétés méditerranéennes, particulièrement dans les pays arabes.

Paris, capitale mondiale du théâtre



Odette Aslan, postface Béatrice Picon-Vallin, CNRS Éditions, coll. « Arts du spectacle », avril 2009, 331 p. – 49 €

Au début des années cinquante, les déchirures de la Seconde Guerre mondiale étaient encore mal cicatrisées et, en France, on ignorait généralement dans le théâtre et dans les arts ce qui se passait au-delà des frontières. Le Festival d'Art de la Ville de Paris (1954-1956), qui devint le Théâtre des Nations (1957-1965), fut un chaînon important dans l'histoire du théâtre français, européen et mondial. Il n'avait, cependant, jusqu'ici, donné lieu à aucune étude. Odette Aslan comble avec talent cette lacune. Béjart, Brook, l'Opéra de Pékin, le théâtre No… vont « débarquer » et signer ainsi les prémisses des spectacles choc hérités de mai 68 : Paris est devenue la « capitale mondiale du théâtre ». Mais en 1963, Jack Lang initie un jeune théâtre plus radical à Nancy, et le Théâtre des Nations est voué à disparaître, dissous dans d'autres entreprises artistiques.

AUTRES PARUTIONS

AIRES PROTÉGÉES : ESPACES DURABLES ?
Catherine Aubertin et Estienne Rodary (éd.), éd. IRD, février 2009, 260 p. – 25 €

DE LA PROTECTION DE LA NATURE AU PILOTAGE DE LA BIODIVERSITÉ
Patrick Blandin, éd. Quae, coll. « Sciences en questions », février 2009, 124 p. – 8,50 €

DES MICROBES ET DES HOMMES
Philippe Sansonetti, Leçons inaugurales du Collège de France, éd. Fayard, coll. « Collège de France », avril 2009, 87 p – 10 €

KANDINSKY
Le peintre de l'invisible
Olga Medvedkova, éd. Gallimard, coll. « Découvertes », hors série, avril 2009, 48 p. – 8,40 €

LES CRÉATIONNISMES, UNE MENACE POUR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE ?
Cyrille Baudouin et Olivier Brosseau, éd. Syllepse, coll. « Arguments et mouvements », mai 2009, 138 p. – 7 €

AU BORD DE LA FALAISE
L'histoire entre certitudes et inquiétude
Roger Chartier, éd. Odile Jacob, coll. « Bibliothèque de l'évolution de l'humanité », avril 2009, 379 p. – 16 €

RÉINVENTER L'ÉTAT
Les réformes de l'administration française (1962-2008)
Philippe Bezes, éd. Puf, coll. « Le lien social », 515 p. – 30 €

ÉCRITS SUR LE THÉÂTRE
Tome 2 1917-1930
Vsevolod Meyerhold, traduction, préface et notes de Béatrice Picon-Vallin, éd. L'Âge d'Homme, coll. « Théâtre XXe siècle », mars 2009, 420 p. – 33 €

SOCIOLOGIE DE LA DROGUE
Henri Bergeron, éd. La Découverte, coll. « Repères / Sociologie », n° 536, juin 2009, 128 p. – 9,50 €

NORVÈGE, VUES DE L'INTÉRIEUR
Ethnologie française 2009 / 2 – février 2009
Éd. Puf, mai 2009, 195 p. – 22 €

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

EXPOSITIONS

Rubrique réalisée par Olivia Dejean

Le palais des sciences et de l'Univers

À partir du 5 juin 2009, rue du planétarium, Cappelle-la-Grande (59). Tél. : 08 00 53 75 87 – www.le-plus.fr

De quoi rendre jalouse la capitale… Au cœur de l'agglomération dunkerquoise, à Cappelle-la-Grande, ouvre le plus grand équipement technique au nord de Paris : le Plus, soit 4200 m² dédiés aux sciences de la vie, de la terre, de l'Univers ainsi qu'à la place de l'homme dans son environnement. Petit retour en arrière : c'est après la construction d'un planétarium en 1989 puis l'ajout de deux salles d'exposition, qu'est est née l'idée d'un grand centre dédié aux sciences dont les travaux ont duré trois ans. Aujourd'hui, le Plus a l'ambition de devenir un véritable lieu d'échange entre la communauté scientifique et le grand public, dans les domaines de l'astronomie, de la biologie, de la physique ou de la géologie. Il propose un planétarium numérique, une exposition permanente interactive, des ateliers de pratique scientifique, un centre de ressources, des animations et des expositions temporaires. Une étoile est née…

Du sol aux sons
Du végétal aux cultures musicales

Jusqu'au 28 juin 2009, parc de la Tête d'Or, Jardin Botanique, Lyon (69) – www.jardin-botanique-lyon.com

© pHStudio-Hugo. / Ass. Musiques d'Ici et d'Ailleurs / coll. G Coppéré

Des jeux d'expérimentations musicales de l'exposition lyonnaise.

La rotonde des sons
L'exposition dont tu es ~~le héros~~ les oreilles !

Jusqu'au 1er juillet 2009, CCSTI La Rotonde, Saint-Étienne (42). Tél. : 04 77 42 02 78 – www.emse.fr/larotonde/

Le son serait-il dans le vent ? Deux expositions lui sont consacrées. Celle de Lyon présente dans l'orangerie et le jardin botanique des instruments de musique du monde et des plantes et arbres ayant servi à les confectionner, tandis qu'à Saint-Étienne, petits et grands découvriront le son sous toutes ses formes à travers l'expérimentation. Attention les oreilles !

ET AUSSI

ESPÈCES EN FOLIE
Jusqu'au 30 juin 2009, muséum des sciences naturelles, Orléans (45). Tél. : 02 38 54 61 05
Selon l'Organisation des Nations Unies, l'introduction d'espèces invasives constitue la deuxième cause d'appauvrissement de la biodiversité dans le monde après la disparition et la dégradation des habitats naturels… Pour autant, cette exposition, loin de hurler avec les loups, examine aussi bien les effets positifs que négatifs de ces conquérants inattendus.

L'OR DES AMÉRIQUES
Jusqu'au 11 janvier 2010, Muséum national d'histoire naturelle, Paris (Ve). Tél. : 01 40 79 54 79 – www.mnhn.fr
L'adage *« Tout ce qui brille n'est pas or »* aurait pu être inventé par les orfèvres précolombiens qui remplaçaient parfois une grande partie de l'or par du cuivre dans leurs bijoux et parures, dont une sélection détaillée par civilisations est proposée dans cette exposition. Les âmes de chercheurs d'or pourront aussi observer des pépites au microscope et comprendre d'où vient l'or et pourquoi il est si rare.

© Rijksmuseum, Amsterdam

Pomme de senteurs en or émaillé à six quartiers en position ouverte. Pays-Bas, vers 1610-1620.

Le bain et le miroir
Soins du corps et cosmétiques De l'Antiquité à la Renaissance

Jusqu'au 21 septembre 2009 / Musée de Cluny – musée national du Moyen Âge Paris (Ve). Tél. : 01 53 76 78 16 / Musée national de la Renaissance – château d'Écouen (95). Tél. : 01 34 38 38 50 – www.rmn.fr

Cette double exposition sur les soins de beauté, conçue avec la participation de Philippe Walter, chercheur CNRS au Centre de recherche et de restauration des musées de France, est présentée simultanément au musée de Cluny (Antiquité et Moyen Âge) et au musée d'Écouen (Renaissance), dans le Val-d'Oise. Au menu : boîtes à fards, vases à parfums, peignes, miroirs, sculptures, peintures – dont *Écho et Narcisse*, vestige de Pompéi prêté par le musée archéologique de Naples –, manuscrits, ou encore un rarissime nécessaire de toilette prêté par le musée historique de Bâle. Les analyses des chercheurs apportent un éclairage scientifique inédit. Des secrets de beauté passés au peigne fin et présentés sans fard, donc !

Voyage dans le cristal

Jusqu'au 27 septembre 2009, palais du Parlement, Grenoble (38). Entrée gratuite. Tél. : 04 76 44 05 35 – www.museum-grenoble.fr

Vous n'avez pas une passion pour la cristallographie ? C'est parce que vous n'avez pas encore vu cette exposition, où Jean-Louis Hodeau, directeur de recherche au CNRS, nous fait partager ce sujet fascinant : les cristaux. Intriguant les hommes depuis toujours en raison de leur aspect ouvragé, ils ont été étudiés à partir du XVIIe siècle. Au début du XXe siècle, les chercheurs ont l'idée de faire passer des rayons X à travers un cristal… Commence alors une passionnante épopée qui nous mène de la chimie à la médecine et à la biologie, au cœur de la Terre et aux confins de l'Univers, de l'histoire au présent, dans les métaux, les lasers, la microélectronique, etc. Une lumineuse aventure !

EN LIGNE

Repères méditerranéens

www.ina.fr/edu/repmed/

L'histoire de la Provence des années 1940 à aujourd'hui, sous ses aspects les plus variés : vie politique, aménagement de l'espace, protection de l'environnement, découvertes archéologiques, faits divers… C'est le sujet de ces 365 reportages, tirés du fonds INA-Méditerranée. Développé en collaboration avec le laboratoire « Temps, espaces, langages europe méridionale méditerranée » (Telemme, CNRS / Université Aix-Marseille-I), ce site très clairement présenté aborde cette histoire en images et sous tous les angles.

DVD

CNRS Images en librairie

www.cnrs.fr/cnrs-images

CNRS Images s'associe aux éditions Belin pour la distribution en librairie de DVD de science accessibles à tous. Six titres sur des thématiques d'actualité sont déjà disponibles : *Alerte aux pôles*; *Les dessous de la planète*; *Einstein et après*; *Nanosciences, nanotechnologies*; *Au cœur du vivant, la cellule* et *Aux origines du cinéma scientifique et de la photographie*.

MANIFESTATIONS

Agora
Sentiers qui bifurquent

Du 8 au 19 juin 2009, Paris. Tél. : 01 44 78 48 16 – www.ircam.fr

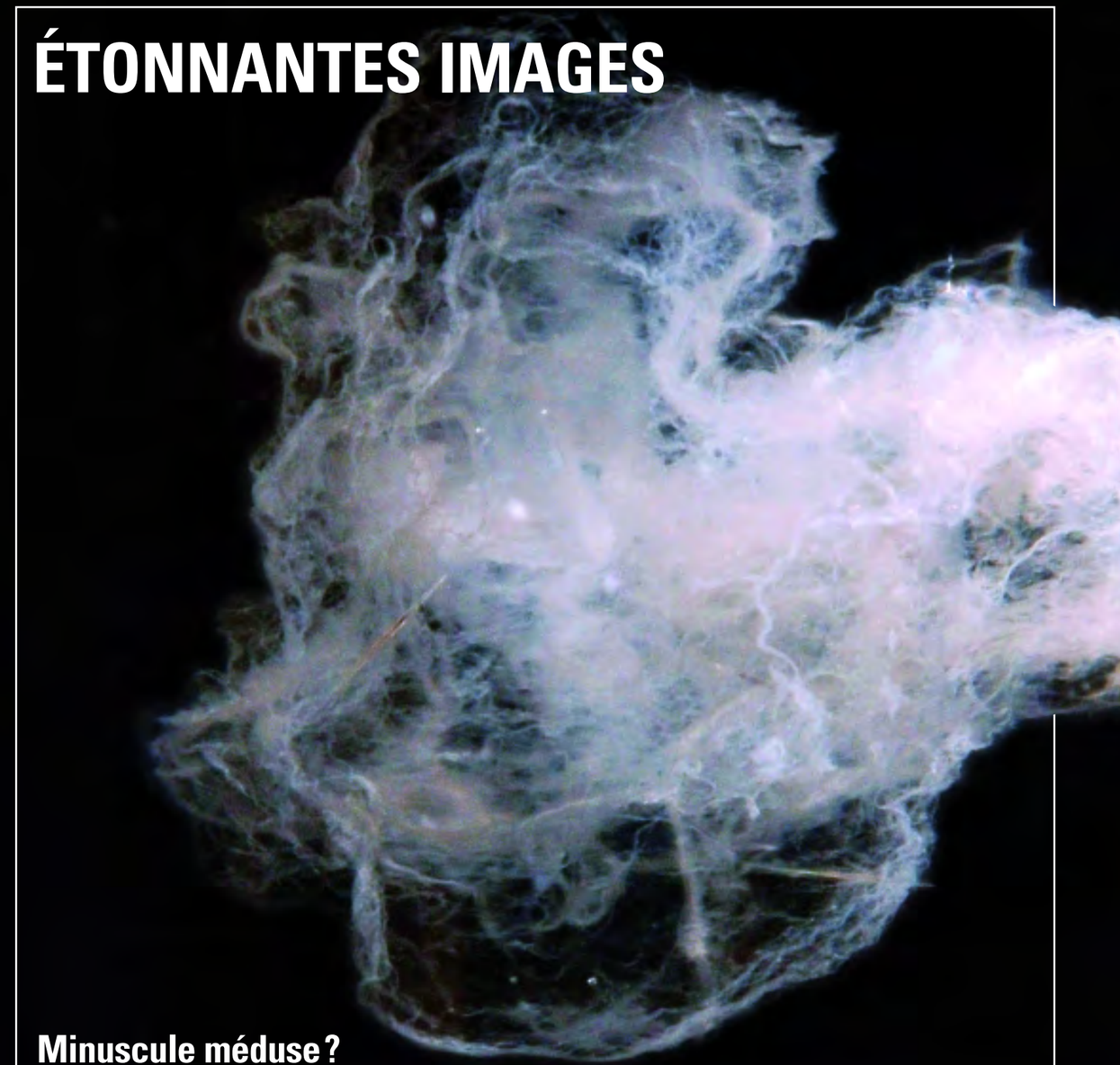
Au cœur du festival Agora, orchestré par l'Ircam, prend place le symposium international « Sentiers qui bifurquent, La complexité dans les arts et la science », du 10 au 12 juin au centre Pompidou et à l'Ircam, en accès libre. Soutenues notamment par le CNRS, ces rencontres réuniront des spécialistes internationaux de toutes disciplines, parmi lesquels l'écrivain Mark Danielewski, le philosophe Jean-Pierre Dupuy, la physicienne Lisa Randall, le cinéaste Raoul Ruiz, et bien d'autres.

En route pour l'espace !

Les 27 et 28 juin, observatoire de Lyon, Saint-Genis-Laval (69) – www-obs.univ-lyon1.fr

L'Observatoire de Lyon ouvre grand ses portes pour l'Année mondiale de l'astronomie : découverte du site, conférences, observations du ciel, cafés des sciences, expositions et animations sont proposés à un large public et mobilisent toute l'astronomie lyonnaise, avec les clubs et associations de la région, les planétariums et les laboratoires partenaires.

ÉTONNANTES IMAGES



Minuscule méduse ?

Non, ne cherchez pas dans ces filaments blanchâtres les bestioles gluantes qui hantent vos vacances à la mer. Un indice ? Il s'agit de biochimie. Cette « méduse » est en fait un précipité d'ADN de cellules immunitaires de souris. Rassuré ? L'équipe de l'Institut de pharmacologie et de biologie structurale de Toulouse[1] va passer au crible cet ADN de lymphocytes B, les cellules productrices d'anticorps, afin d'étudier une anomalie chromosomique appelée « translocation ». Celle-ci peut survenir lors de la division cellulaire. À ce moment-là, certains gènes ou portions de gènes intervertissent leur place entre deux chromosomes. Dans le cas d'un lymphocyte B, si un oncogène, un gène impliqué dans les cancers, prend la place d'un gène d'anticorps, cela conduit parfois à une pathologie – en particulier à un lymphome de la rate. Or cette aberration semble ne pas frapper au hasard au sein de l'ADN. Certaines zones semblent en effet y être plus vulnérables. Pourquoi ? C'est le sujet des recherches menées à l'IPBS. Après avoir cartographié ces régions sensibles, les chercheurs espèrent décrypter les mécanismes à l'origine des translocations chromosomiques. À la clef : une meilleure compréhension du devenir cancéreux d'un lymphocyte B, qui permettrait peut-être une nouvelle approche thérapeutique. **I.F.**

1. Laboratoire CNRS / Université Toulouse-III.

© F.Valat/CNRS Photothèque

En **2009**

Le **CNRS** recrute **456 ingénieurs, techniciens** et **personnels administratifs** (f/h), du **BEP** au **doctorat**

cnrs

www.cnrs.fr

Pour vous inscrire : www.**cnrs**.fr
Clôture des inscriptions :
10 juillet 2009